



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Evaluación del pavimento flexible y propuesta de mejoramiento
usando mezcla asfáltica autorreparable en la Avenida
Universitaria, Lima -2023.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Camargo Salome, Royer Hitler (orcid.org/0000-0003-3802-5118)

ASESOR:

Mg. Huaroto Casquillas, Enrique Eduardo (orcid.org/0000-0002-8757-6621)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, y a mis padres y a mi hermano Elvis Medrano que desde el cielo me guía, y a las personas cercanas a mí que me apoyaron incondicionalmente para lograr este objetivo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme en este largo camino, por cuidarme y darme fuerzas para continuar; a mis padres, a mis hermanos y a todos que estuvieron involucrados en este objetivo profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	8
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	24
3.2. Variables y operacionalización.....	25
3.3. Población, muestra y muestreo.....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5. Procedimientos.....	30
3.6. Método de análisis de datos.....	31
3.7. Aspectos éticos.....	32
IV. RESULTADOS.....	33
V. DISCUSIÓN.....	73
VI. CONCLUSIONES.....	76
VII. RECOMENDACIONES.....	78
REFERENCIAS.....	79
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Granulometrías Consideradas En La EG 2013.....	18
Tabla 2. Requerimientos Para Agregados Gruesos.....	19
Tabla 3. Requerimientos Para Los Agregados Finos.....	19
Tabla 4. Días de conteo vehicular.....	34
Tabla 5. Resultado de conteo lunes 24 de abril.....	35
Tabla 6. Resumen lunes.....	35
Tabla 7. Resultado de conteo martes 25 de abril.....	36
Tabla 8. Resumen martes.....	36
Tabla 9. Resultado de conteo miércoles 26 de abril.....	37
Tabla 10. Resumen miércoles.....	37
Tabla 11. Resumen de conteo.....	38
Tabla 12. Cálculo de eje equivalentes.....	44
Tabla 13. Relación de cargas, formulas.....	45
Tabla 14. Factor de diseño direccional y de carril.....	47
Tabla 15. Valores recomendados para capas de pavimento.....	47
Tabla 16. Especificaciones del cemento asfáltico.....	50
Tabla 17. Granulometría de las 4 muestras.....	52
Tabla 18. Granulometría Gradada MAC-2.....	52
Tabla 19. Curva Granulométrica MAC-2.....	53
Tabla 20. Peso Específico Gruesos.....	53
Tabla 21. Peso Específico Finos.....	54
Tabla 22. Durabilidad de los Gruesos.....	54

Tabla 23. Durabilidad Agregados Finos.....	55
Tabla 24. Limite Líquido y Plástico.....	55
Tabla 25. Caras fracturadas.....	56
Tabla 26. Caras chatas y Alargadas.....	57
Tabla 27. Equivalente de Arena.....	57
Tabla 28. Ensayo de abrasión.....	58
Tabla 29. Propiedades del C.M. PEN 60/70.....	59
Tabla 30. Proporción De Agregados.....	60
Tabla 31. Cuadro comparativo de las mezclas.....	65
Tabla 32. Cuadro de carga soportada	73
Tabla 33. Cuadro de nivel de curación	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Importación de Vehículos, (enero- abril), (2013 al 2020).....	3
Figura 2. Venta de Vehículos Livianos Nuevos (ene-jul) 2019.....	3
Figura 3. Trafico en hora punta de la Av. Universitaria.....	4
Figura 4. Agrietamientos del pavimento / Desprendimiento del pavimento Av. Universitaria.....	5
Figura 5. Congestionamiento vehicular en la Av. Universitaria.....	5
Figura 6. Vehículo Ligero, Fuente: MTC.....	13
Figura 7. Vehículo Pesado, Fuente: MTC.....	14
Figura 8. Ejes Equivalentes, Fuente: MTC.....	15
Figura 9. Agregados vírgenes utilizadas en las mezclas: (a) grava 3/4", (b) grava 1/2" y (c) polvo roca Fuente.....	17
Figura 10. Maquina Los Ángeles.....	18
Figura 11. Cemento Asfaltico a Temperatura Ambiente.....	21
Figura 12. Maquina Marshall.....	23
Figura 13. Diagrama de flujo de procedimiento.....	31
Figura 14. Tipo de ensayo de laboratorio.....	32
Figura 15. Muestra de estudio.....	33
Figura 16. Ubicación de la población de estudio.....	33
Figura 17. Conteo vehicular.....	34
Figura 18. Registro vehicular lunes 24 de abril.....	35
Figura 19. Registro vehicular martes 25 de abril.....	36
Figura 20. Registro vehicular miércoles 26 de abril	37

Figura 21. Promedio de volumen vehicular	38
Figura 22. Ubicación de la población de estudio.....	39
Figura 23. Inicio de la vía de estudio.....	39
Figura 24. Fin de la vía de estudio.....	40
Figura 25. Clasificación de fallas	40
Figura 26. Baches grandes.....	41
Figura 27. Clasificación de fallas	41
Figura 28. Fisura con desprendimiento	42
Figura 29. Desprendimiento en borde	42
Figura 30. Clasificación de fallas.....	43
Figura 31. Ahuellamiento de carpeta asfáltica	43
Figura 32. pesaje de virutas de acero	48
Figura 33. Agregado grueso.....	49
Figura 34. Agregado fino.....	49
Figura 35. Agregados usados.....	49
Figura 36. cemento asfáltico pen 60/70	50
Figura 37. Agregados usados y ensayo granulométrico.....	51
Figura 38. Procedimiento de preparación de mezcla asfáltica	60
Figura 39. Briquetas recién desmoldadas	61
Figura 40. Ensayo de estabilidad Marshall	61
Figura 41. Grafica de peso unitario vs C.A	63
Figura 42. Grafica % de vacíos vs C.A	62
Figura 43. Grafica de Vacíos llenos de C.A vs C.A	63
Figura 44. Grafica de VMA vs C.A	63

Figura 45. Grafica de fluencia vs C.A.....	64
Figura 46. Grafica de estabilidad vs C.A.....	64
Figura 47. Virutas de acero.....	65
Figura 48. Grafica de peso unitario vs Virutas de acero.....	66
Figura 49. Grafica de % de vacíos vs Virutas de acero.....	66
Figura 50. Grafica de VMA vs Virutas de acero.....	67
Figura 51. Grafica v. llenados de c.a. vs Virutas de acero.....	67
Figura 52. Grafica de flujo vs Virutas de acero.....	68
Figura 53. Grafica de Estabilidad vs Virutas de acero.....	68
Figura 54. Probetas Marshall cortadas.....	69
Figura 55. Abertura de 10mm.....	69
Figura 56. Ciclos de autocuración.....	70
Figura 57. Ensayo de flexión triaxial.....	70
Figura 58. Grafica de Carga vs Ciclos de curación 0%.....	71
Figura 59. Grafica de Carga vs Ciclos de curación 2%.....	71
Figura 60. Grafica de Carga vs Ciclos de curación 4%.....	72
Figura 61. Grafica de Carga vs Ciclos de curación 6%.....	72
Figura 62. Grafica de Nivel de Curación % vs % de viruta de acero.....	73

RESUMEN

El pavimento flexible es una estructura muy usada para vías de transporte, gracias a sus bajos costes de construcción, pero sin embargo estas se deterioran con climas adversos y sollicitaciones de cargas no contempladas en el diseño, por cual se desarrolla esta tesis que tiene un enfoque cuantitativo, y de tipo aplicada se usará el diseño experimental del tipo cuasi – experimental y el nivel de investigación será explicativo, se usó como instrumento ficha de recolección de datos y formato de conteo vehicular del MTC, los daños encontrados se encuentran en el rango 2 de severidad ya que sus diámetros varían de 0.2 a 0.5 m, y el diseño para la carpeta asfáltica nos entrega 11 cm de capa superficial para 10 años y a 15 años 14 cm de capa superficial y para 20 años es de 15 cm de capa superficial, se encontró un optimo de ligante del 6% con una adición de 4% de viruta de acero que nos entrega mejores resultados de autorreparacion con una mejora del 3.33% para el primer ciclo, 5.07% para el segundo ciclo, 0.76%, para el tercer ciclo concluyendo que el adición de virutas de acero aporta favorablemente a dicha propiedad regenerativa.

Palabras clave: Marshall, virutas de acero, estabilidad, autorreparacion.

ABSTRACT

The flexible pavement is a structure widely used for transportation routes, thanks to its low construction costs, but nevertheless these deteriorate with adverse climates and load requests not contemplated in the design, for which this thesis is developed, which has an approach quantitative, and of an applied type, the experimental design of the quasi-experimental type will be used and the level of investigation will be explanatory, the MTC data collection sheet and vehicle count format were used as an instrument, the damages found are in range 2 of severity since their diameters vary from 0.2 to 0.5 m, and the design for the asphalt layer gives us 11 cm of superficial layer for 10 years and at 15 years 14 cm of superficial layer and for 20 years it is 15 cm of superficial layer, An optimal binder of 6% was found with an addition of 4% steel shavings that gives us better self-repair results with an improvement of 3.33% for the first cycle, 5.07% for the second cycle, 0.76% for the third. cycle concluding that the addition of steel shavings favorably contributes to said regenerative property.

Keywords: Marshall, steel chips, stability, self-repair.

I. INTRODUCCIÓN

El problema de las vías con serios daños en su estructura es una problemática que aqueja a nivel mundial, y por ende existen varios investigadores que analizan nuevas tendencias como es la reparación de pavimentos con novedosas mezclas que en épocas de verano cuando la temperatura asciende se obtienen propiedades auto regeneradoras que viene a ser motivo de estudio y podría ser usada para rehabilitaciones de carpetas asfálticas. La novedad en esta mezcla es la adición de fibras metálicas en pequeñas cantidades que otorga a la mezcla capacidad de reparar sus grietas en épocas calurosas cuando la temperatura se incrementa, y las fibras actúan como receptor de calor por sus propiedades de conducción y la transmite al asfalto que entre 30 a 70 °C adquiere su propiedad termoplástica y puede fluir por grietas pequeñas en etapa de formación de manera similar a la capilaridad y cuando la temperatura ambiental disminuya el betún aumenta su viscosidad, tapando y curando las grietas.

La metodología PCI (Índice de Condición del Pavimento) es aceptado mundialmente como una forma confiable para determinar aquella condición en la superficie del pavimento en su eje vial, con ausencia de equipos idóneos, y se realiza una inspección sencilla en cada uno de sus vías evidenciando daños. El desarrollo de esta metodología nos resuelve considerablemente con su uso y del software EVALPAV, y nos entrega los resultados en un tiempo récord su clasificación y su estado al momento de la evaluación en los diferentes puntos de la vía. Dependiendo de este resultado, se realiza las acciones correctivas necesarias con el fin de mejorar las condiciones que se encontró en pavimento.

Según Romero (2017) en su proyecto de tesis con título “Cualificación cuantitativa de las patologías en el pavimento flexible para la vía Siberia – Tenjo en la sabana de Bogotá”. Se desarrollo el proyecto con la finalidad de estudiar las incidencias de posibles patologías y el rango de afectaciones que estas podrían incidir a lo largo de un tramo de una vía, y así determinar las incidencias de estas patologías a lo largo del sector. Las anomalías que se presentan en las vías, entre las cuales en su mayor cantidad son las fisuras en bloques y piel de cocodrilo, y con el transcurrir

se genera desprendimientos en el pavimento y genera peligros para los vehículos que transitan en la vía.

Actualmente en el Perú. Se viene suscitando una situación muy desventajosa en relación a la condición de las vías de tránsito. Principalmente se debe a falta de manteniendo por parte de las entidades encargadas y por responsables de la vía (Gobierno nacional, Gobierno Regional, Municipalidad, etc.) a los diferentes caminos que conectan todo el país poniendo en descubierto la ausencia de las autoridades.

Rojas (2016) Nos dice que una correcta evaluación de un pavimento engloba un grupo de procedimientos que analiza las fallas que se observan en las carreteras, dependiendo el tipo del pavimento, permitiéndonos asignar un estado del pavimento en toda su vida útil y un periodo útil.

En la ciudad de lima existen principales vías que conectan la ciudad con deterioros notables en su estructura, como las principales avenidas: universitaria, canta callao, Tupac. En este sentido se requiere su inmediata evaluación y reparación con un método confiable que garantice un buen resultado y se prolongue la vida útil del pavimento.

Asimismo, en el distrito de San Martín de Porres, la tasación del impacto de las cargas vehiculares en la distribución del pavimento flexible, el aumento en la venta vehículos también se refleja en las vías. Es por esto que el pavimento es propenso a sufrir daños, debido a que los vehículos de carga están más presentes, al ser los vehículos más pesados, el deterioro del pavimento aumenta a medida que se supera el peso del camión. Por lo tanto, es necesario lograr un diseño conveniente, perfección de los materiales de acuerdo a las especificaciones y una buena inspección en el momento de la obra.



Figura 1. Importación de Vehículos, (enero- abril), (2013 al 2020). Fuente Sunat. Elaboración: Comex Perú.

En la figura 1, se puede apreciar una tendencia de crecimiento de las importaciones desde el año 2016 incrementando un 7.8% en el 2017 en relación al 2016 que fue de 11458 millones de dólares y así el 2018 también tuvo un incremento del 12.6% en relación al año 2017. La consecuencia del incremento del parque automotor hace que se produzca mayor desgaste a la carpeta asfáltica por el exceso del tránsito de vehículos pesados en una zona, los cambios climáticos bruscos, límite de tiempo de vida útil, estas dejan consecuencias como fisuraciones, desintegraciones y exudación de fallas.

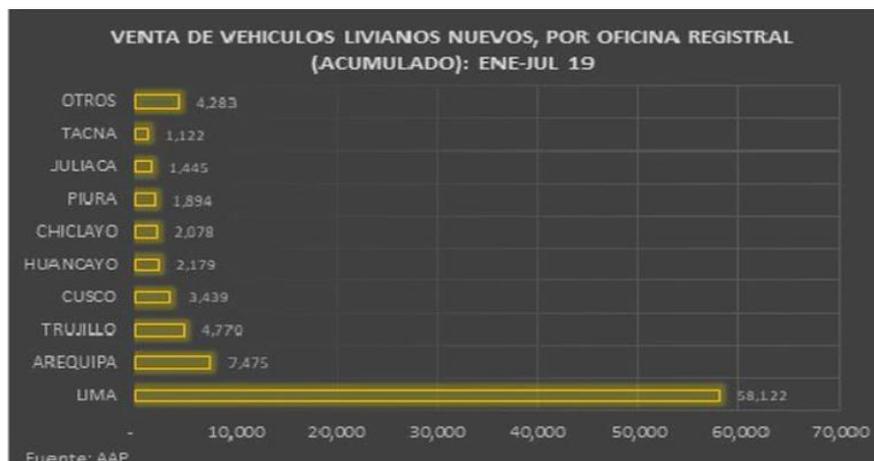
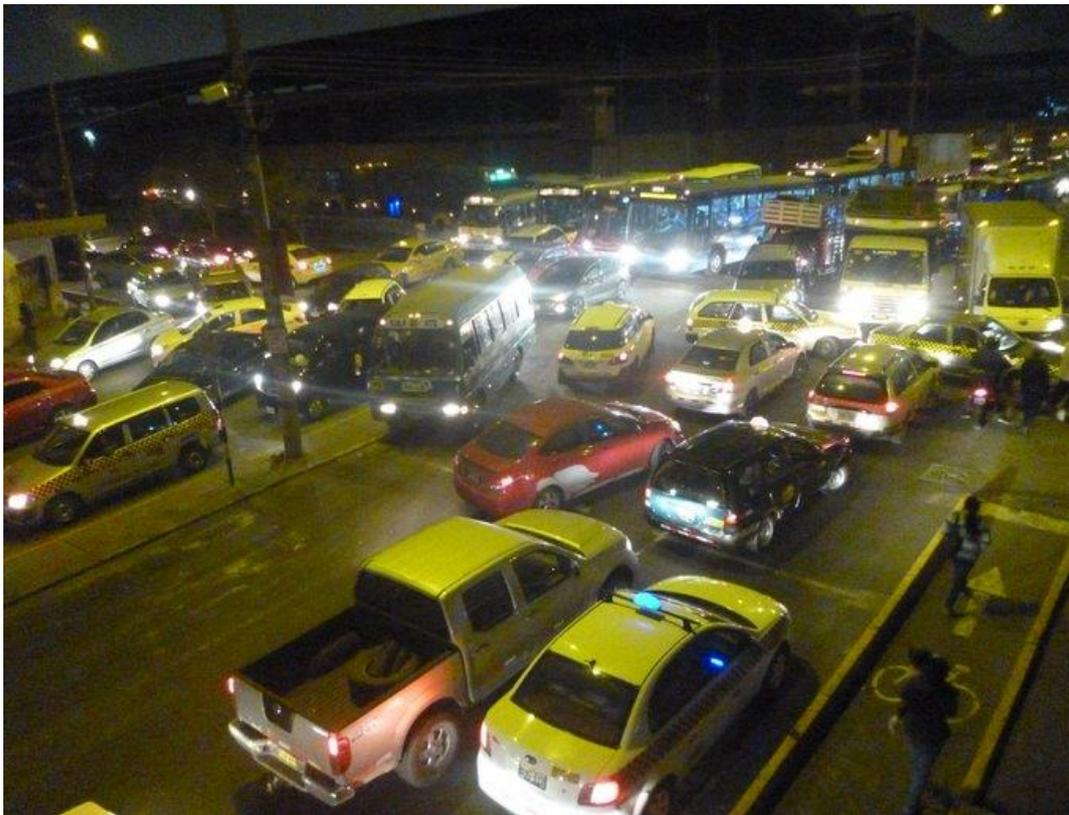


Figura 2. Venta de Vehículos Livianos Nuevos (ene-jul) 2019. Fuente Oficina Registral.

Lima concentra 58122 de las ventas que representa más del 50% de las ventas en todo el país, por lo cual esto es directamente proporcional a que sus autopistas se verán exigidas a una mayor demanda de tráfico y en consecuencia a una fatiga temprana.

En la figura 3, se puede apreciar el tráfico en hora punta de la Av. Universitaria, donde se visualiza vehículos livianos, combis, camiones de dos ejes.



*Figura 3, Trafico en hora punta de la Av. Universitaria, Fuente: Propia
(12/04/2023 08:23 pm)*

Esto evidencia a lo afirmado por La Gerencia De Transporte Urbano (GTU) de la situación en lima, El número aproximado de Vehículos es de 2.76 millones, esto da una ratio de 5.4 vehículos por cada 1000 habitantes. (Diario el comercio, 2016).



Figura 4 Agrietamientos del pavimento / Desprendimiento del pavimento Av. Universitaria, Fuente Propia (12/04/2023 01:24 pm)

En la figura 4, se observa el deterioro del pavimento, estos empiezan generalmente como fisuras y agrietamientos que se visualiza discontinuidades a lo largo de su longitud y de manera transversal de la carpeta asfáltica, también se presentan fallas comunes como la piel de cocodrilo.

Por otro lado, los mantenimientos convencionales periódicos generan un gran congestionamiento vehicular debido a que se tiene que cerrar las vías y redirigir el tránsito a una vía alterna, esto agrava la lentitud de circulación de los vehículos y genera malestar entre los usuarios, como podemos visualizar en la figura 5.

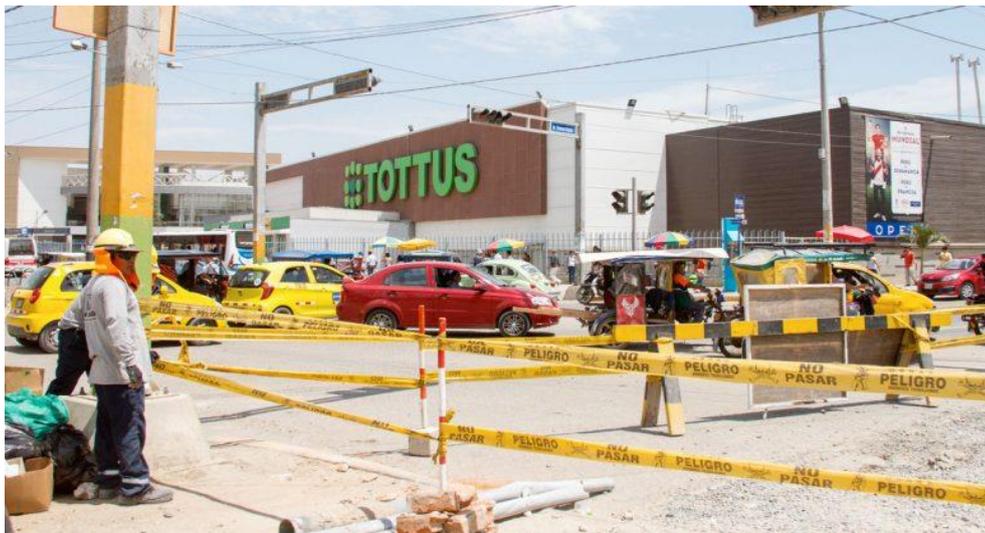


Figura 5, congestionamiento vehicular por mantenimiento en la Av. Universitaria (12/11/2022 1:45 pm). Fuente: Diario El Tiempo

Como formulación del Problema tenemos, ¿Cuáles son las fallas en el pavimento flexible ocasionados por el tránsito vehicular y la efectividad del uso del pavimento autorreparable de la Avenida universitaria – San Martín de Porres - 2023? Así también como problemas específicos Tenemos: 1. ¿Cómo identificar las características y fallas de la calzada de la Av. Universitaria- San Martín de Porres - 2023? 2. ¿Cómo determinar el espesor de la carpeta asfáltica del pavimento flexible en la Av. universitaria- San Martín de Porres - 2023? 3. ¿Cómo dosificar los porcentajes óptimos para la elaboración de un pavimento autorreparable con adición de virutas de acero en la Av. universitaria- San Martín de Porres - 2023? 4. ¿Cómo calcular las propiedades físico-mecánicas de autorreparación del pavimento con adición de virutas de acero en la Av. universitaria- San Martín de Porres - 2023?

Como justificación del estudio tenemos:

Justificación Teórica, En esta indagación la finalidad es inducir un cálculo y disputa académica sobre el escenario actual, sin embargo, se relatará la teoría ya que se tendrá que detallar los diferentes resultados del comportamiento de la carpeta asfáltica.

Justificación Social, la función principal de la pavimentación es agilizar el tránsito pudiendo brindar comodidad al conductor debido a la superficie nivelada que se realiza en las vías por donde se desplazan los vehículos y así poder aumentar la vida útil de los vehículos que se deteriora por un mal estado del pavimento en el tránsito.

Como objetivo General tenemos, evaluar el nivel de daño del pavimento flexible y diseñar una mezcla autorreparable con virutas de acero en la Avenida universitaria – San Martin de Porres – 2023. Así también como objetivos específicos: 1. Identificar las características y fallas de la calzada de la Avenida universitaria, San Martin de Porres. 2. Determinar el espesor de la carpeta asfáltica del pavimento mediante la metodología AASHTO 93 en la Avenida universitaria – San Martin de Porres. 3. Dosificar los porcentajes de viruta de acero, cemento asfáltico y agregados para encontrar una mezcla óptima que brinde un máximo desempeño. 4. Determinar la cuantificación de las propiedades físico-mecánicas de autorreparación del pavimento con virutas de metal, en la Avenida universitaria San Martin de porres.

Como hipótesis general tenemos, el estudio de tráfico es fiable para determinar el espesor de la carpeta asfáltica tanto como el estado del pavimento por el PCI y la incorporación de virutas metálicas al pavimento generan propiedades autorreparables, en la Av. Universitaria – San Martin de Porres – 2023. Así también como hipótesis específicas tenemos: 1. El estudio de tráfico y el PCI son fiables para identificar las características y fallas de la calzada de la Avenida universitaria, San Martin de Porres. 2. La metodología AASHTO 93 es fiable para determinar el espesor de la carpeta asfáltica del pavimento en la Avenida universitaria – San Martin de Porres. 3. Una correcta dosificación de los porcentajes de viruta de acero, cemento asfáltico y agregados nos permitirá encontrar una mezcla óptima que brinde un máximo desempeño. 4. Un correcto análisis en laboratorio nos permitirá determinar la cuantificación de las propiedades físico-mecánicas de autorreparación del pavimento con virutas de metal, en la Avenida universitaria San Martin de porres.

II. MARCO TEÓRICO

Martínez (2018) Para obtener el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, autor de la tesis "Impacto Del Control De Pesos Por Eje De Vehículos Pesados Sobre La Estructura De Los Pavimentos". Se concluyó que el vehículo estaba sobrecargado para ver cómo se producían estos efectos con el tiempo. De acuerdo con los factores que se han establecido en base al peso máximo legal, no son exclusivos de estos vehículos que recorren en esta vía por ser superados ampliamente en carga por los vehículos encontrados en el lugar.

En el artículo "capacidad de autocuración de mezclas asfálticas, agregado con fibras metálicas" de los autores Marta Vila, Daniel Castro y Miguel Calzada (2018), nos dice que las innovaciones en autocuración de nuevas mezclas en asfalto con agregados de agentes metálicos, e inducción de calor, este método permite que la mezcla asfáltica se auto cure, consiguiendo excelentes resultados a usar este tipo de material ya que al usar desechos de industrias metalmeccánicas se minimiza el costo, el procedimiento se llevó a cabo con partículas metálicas que están de razón del porcentaje en función al peso de la mezcla y se introduce en microondas que varían de entre 400A y 600A en periodos variados de tiempo que van de 120 segundos y 300 segundos. Obteniendo los mejores resultados al usar el siguiente rango que va desde 300 segundos a 500A de intensidad.

Montoya, Pereda (2018) en su tesis denominada "Estudio Y Optimización De La Red Vial Avenida América Sur, Tramo Prolongación Cesar Vallejo - Avenida Ricardo Palma, Trujillo" para recibir el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo – Perú. Cuyo resultado primordial es en realizar un estudio enfocado en el tránsito de los vehículos, en la Av. América Sur y Av. Cesar Vallejo - Ricardo Palma del departamento de La Libertad, en Trujillo; se realizaron estudios de tránsito vehicular establecidos de acuerdo a las especificaciones establecidas por el MTC. De acuerdo a los resultados estadísticos, el principal factor causante de la congestión de los vehículos en el cruce de la ruta en este estudio es el error de diseño de las líneas estudiadas, el error de

actualización del MTC y TMT y la falta de tecnología para controlar el movimiento del tráfico. vehículos en la carretera.

Duarte (2018) Con la finalidad de obtener el grado académico de Bachiller en Ingeniería Civil, en la Universidad de San Ignacio de Loyola, Lima, Perú, el estudiante elaboró la tesis titulada "Análisis de la Gestión del Transporte para Reducir la Congestión del Transporte de la Avenida del Golf con las Avenidas Javier Prado Este y La Fontana." Conocer los resultados de un estudio de tráfico en el tramo de la Avenida El Golf que está delimitado por La Fontana y la Avenida Javier Prado Este. Concluyendo que para el 2027, en todas las intersecciones de vías con nivel de servicio F, el pronóstico de congestión vehicular en 10 años de uso de la vía será 5 veces mayor que el actual.

Burgos, Barnel (2018) en su tesis titulada "Identificación De Fallas En Pavimentos Y Técnicas De Reparación En La Av. Nestor Gambeta" para optar por el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Villareal, Lima – Perú. Los daños que afectan las condiciones del pavimento flexible son provocados por las condiciones superficiales reduciendo la serviciabilidad; suelen llamarse daños superficiales los cuales reducen la capacidad para soportar cargas de tránsito tales fallas son Deformaciones permanentes, Fisuraciones o agrietamientos, Desintegraciones.

Fernández, Vásquez (2019) en su tesis titulada "Evaluación De Las Fallas Estructurales Del Pavimento Flexible De La Avenida Francisco Vidal, Huacho" para optar por el título profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho – Perú. Una de las fallas más concurrentes que se puede observar en un pavimento flexible son la piel de cocodrilo, baches, agregados pulidos, grietas, etc., los cuales son ocasionados por la fatiga del pavimento, es por eso que en la investigación se obtuvo un índice PCI de 41, requiriendo intervención de superposición y reconstrucción en secciones de la vía.

Ronquillo (2018). Tesis titulada "Análisis del tráfico vehicular en el camino vecinal Quero que conecta las comunidades de Puachizag - Cascajal - hasta el límite

cantonal con Huambaló, Para Mejorar El Trazado Geométrico Y La Estructura; Y Su Incidencia En El Desarrollo Socioeconómico Del Sector", para la obtención del título de Ingeniero Civil, en la Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador. Se rediseñó la estructura de la vía de conexión con la comunidad, Puachizag-Cascajal hasta la línea cantonal con Huambalo, con el objetivo de desarrollar una solución tecnológica que garantice una mejor accesibilidad vehicular. La conclusión de esta investigación sobre circulación y pronóstico a 20 años, identificó 273 giros de vehículos/día de paso, es clase IV y los vehículos en esta vía son más livianos que los camiones y automóviles representando el 58.82% y los camiones pesados el 1.18%.

Karimí y Jahanbakhsh (2020), en el artículo se empleó como objetivo general analizar el comportamiento reológico mecánico por calor inducido y de auto regeneración inducido con adición de lana de viruta de acero como facilitador de conducción de energía. Este método es nuevo para la curación por inducción de calor. El resultado de la investigación evidencia una estrecha relación que la resistencia a la tracción decae en un 25% para el 1.5% en virutas metálicas y de fibras en lanas de acero en 7% para un 0.2% de fibras de aceros.

Barragán, Uricochea (2020) en su tesis titulada "Evaluación De Deterioros De La Capa Superficial Del Pavimento Flexible De Un (1) Km De Vía Comprendida Desde La Calle 16 Con Carrera 12 Con Calle 15 Y Calle 14 Hasta Calle 11 Con Calle 12 Del Municipio De Girardot Cundinamarca" para optar por el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Piloto de Colombia, asumiendo que la relación de daños en los tramos del área de estudio, muestra que los tramos viales más dañados son aquellos con alto volumen de tránsito frecuente, aunque también resaltan la evidencia de falta de mantenimiento que presentan las vías.

Du et al. (2021). En su investigación uso de virutas de acero para incrementar el autor reparación por inducción de calor con mezcla asfáltica y analizar el rendimiento. Realizado experimentalmente con 15 probetas de asfalto. Con una altura de 15 cm y diámetro de 10 cm y 5 inclusiones de (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%) la prueba se efectuó a 60° C, introducidas en un horno, por periodos de tiempo que

van desde 60 segundos y 120 segundos, se evidencio las propiedades de autocuración de las mezclas, y se concluyó que los mejores resultados se obtuvieron con las dosificaciones de 1.5% y 2% la regeneración que se obtuvieron fue de un 50 % de su resistencia a la flexión inicial.

Perera (2018) en su tesis titulada “Determinación Y Análisis De Los Factores Climáticos Críticos Para El Diseño De Pavimentos Flexibles En Costa Rica” para obtener el título de Ingeniero Civil de la Universidad de Costa Rica, ubicada en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica. Con el fin de mejorar la metodología de diseño mecánico experimental en pavimentos flexibles y gestionar de forma más eficaz el pavimento durante toda su vida útil, el objetivo general es identificar los factores climáticos importantes que deben tenerse en cuenta para el diseño de pavimentos en este país. Conclusiones: Según el MEPDG durante 5 años, los datos climáticos son insuficientes para representar el clima. Los principales elementos climáticos que pudieron desarrollarse fueron la temperatura del aire y las precipitaciones. Los factores climáticos secundarios que se observaron fueron la capa freática y la radiación solar. El cambio climático tarda al menos 10 años en manifestar ciclos representativos.

Carreño, Gómez (2020) en su tesis titulada “Plan De Mantenimiento Para La Estructura De Pavimento Flexible De La Avenida Catama (Calle 35) En El Tramo Entre La Carrera 20d Hasta La Carrera 5, De Villavicencio (Meta)” para optar por el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Santo Tomas Villavicencio de Colombia, sugirieron aumentar la composición, permitiendo aumentar la vida útil efectiva de la vía, brindando tranquilidad a los peatones y conductores, observando que durante su investigación descubrieron que se debe proceder al mantenimiento y reparación en el lugar donde se reparará la vía.

Merchán, Tomala (2018) en su tesis titulada “EVALUACIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA A LA PARROQUIA LAUREL TRAMO GASOLINERA HASTA DESVIÓ EL SALTO DEL CANTÓN DAULE” para optar por el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad de Guayaquil de Ecuador, determinaron que el número del diseño del tránsito es de rango pesado, finalizando así que es uno de

los factores más importantes hacia el deterioro del pavimento, el 100 % de grietas longitudinales, el 65 % de peladura y el 95 % de parchado son evaluaciones muy malas con un rango de daño del pavimento del 42 %.

Enfoques Conceptuales

Pavimento Flexible:

De acuerdo con el manual de carreteras del MTC (2014) es una capa superficial hecho de un material llamado asfalto donde los vehículos pueden transitar con facilidad, la cual está por constituida por 3 capas (subbase, base y carpeta asfáltica)

- Subbase

Es una capa que se encuentra en la subrasante o también conocido como terreno natural, es la primera capa que se elabora.

- Base

Es una capa granular que esta entre la carpeta asfáltica y la subbase la cual si no llega a una resistencia optima, este se tiene que mejorar con material de cantera, la cual manifiesta una buena ser viabilidad.

- Carpeta asfáltica

Es la capa superficial del pavimento que recibe la carga vehicular y la trasmite a las capas inferiores y está compuesto por agregados pétreos y un ligante que fue compactado a una temperatura de entre 130 a 145 °C.

Ciclo de Vida del Pavimento Flexible:

El pavimento flexible tiene un costo más económico que el rígido, pero a la vez es rápido de realizar, así como tiene ventajas tiene una desventaja principal que solo tiene un tiempo de duración determinado por el espesor de la capa, después de ello debe de estar en constante mantenimiento y es ahí donde surgen los diversos tipos de fallas en este caso las funcionales.

De acuerdo con Bolaños (2015) para que el pavimento tenga buen funcionamiento este debe de estar en constante mantenimiento, pudiendo así reparar los daños causados por la naturaleza en este caso sería la lluvia ya que con constantes lluvias hace posible el deterioro de estos lo cual impide el tránsito de manera adecuada, el mantenimiento se realiza para aumentar la cantidad de vida útil.

Tránsito Vehicular:

Es el flujo de los vehículos por las calzadas diseñadas, así como puede ser ligero o pesado es quiere decir que los medios de transportes no pasan con la rapidez que están normalmente acostumbrados, esto se debe tanto a la cantidad de vehículos como al mal estado del pavimento.

Impacto de la Carga Vehicular:

Entre los principales puntos a considerar para tener un diseño óptimo de la estructura del pavimento teniendo en cuenta el tráfico de vehículos, este es uno de los puntos más importantes, porque solo así se puede lograr un diseño óptimo del pavimento para lograr el mejor efecto. estructura y nos da lo último en rendimiento en términos de durabilidad y longevidad.

Clasificación de vehículos:

- Vehículos ligeros

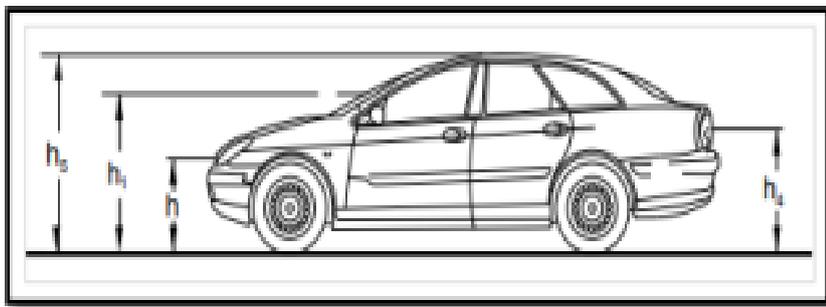


Figura 6, Vehículo Ligero, Fuente: MTC

Normalmente esta tipología de vehículos suele tener un ancho de 2.10m. y un largo de 5.8m. esto se tiene presente a la hora de fabricar y también cálculos en el trayecto de claridad en detención y adelantamiento. Estos vehículos son los que más velocidad alcanzan. (Manual de carreteras, 2013, p. 28).

Dónde:

- . h: altura de los faros delanteros: 0.60m.
- . h2: altura de los ojos del conductor: 1.07m.
- . h3: altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0.15m.
- . h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45m.
- . h5: altura del techo del automóvil: 1.30m.

- Vehículos pesados

Para el manual de la guía vial (2013), los vehículos pesados con sección transversal y altura específicas establecen el cálculo correspondiente de la sección transversal para carriles, radio, en ancho, se extenderá desde la normal de la línea siguiendo curvas horizontales. y su capacidad de carga. (p.29).

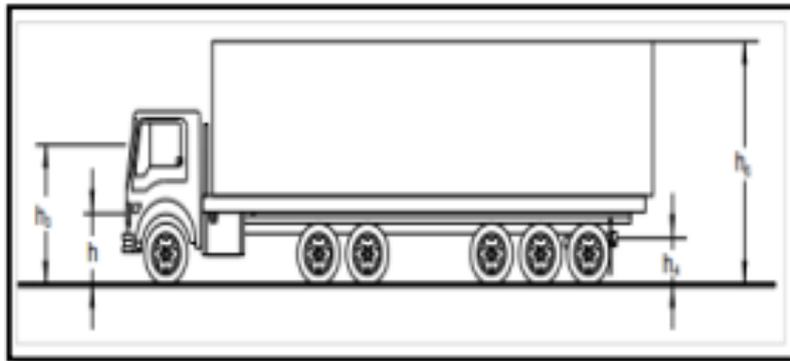


Figura 7, Vehículo Pesado, Fuente: MTC

Dónde:

- . h: altura de los faros delanteros: 0.60m.
- . h2: altura de los ojos del conductor de camión o bus necesarias para la visibilidad en curvas: 2.5m.
- . h3: altura de las luces traseras: 0.45m.
- . h4: altura de techo de vehículo pesado: 4.10m.

Tipos de Transito:

- En general, el volumen de tráfico es el número total de vehículos que circulan en dos carriles durante un período de tiempo.
- El tráfico medio diario es el volumen de tráfico durante un determinado período de tiempo.
- El tráfico actual es el tráfico que existía antes de pavimentar.
- Transito atraído, son los volúmenes del tránsito de que no varía su destino y origen, y aquello puede usarse como una ruta auxiliar de la vida pavimentada.
- Transito compuesto o mejorada, es aquel incremento de un desarrollo económico de cierta ciudad.
- Transito inducido, Es aquel formado por el tráfico y el transito atraído.

Ejes Equivalentes:

Para diseñar carreteras óptimas de acuerdo con la demanda, es fundamental realizar un estudio completo del tráfico pesado, incluidos camiones y autobuses, ya que representan las mayores cargas generadas.

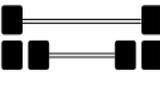
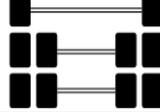
Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Gráfico
EJE SIMPLE (Con rueda simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con rueda coble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje rueda simple + 1 Eje rueda doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Rueda doble)	2 RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda simple + 2 ejes rueda doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes rueda doble)	3RD	12	

Figura 8, Ejes Equivalentes, Fuente: MTC

Deterioro del Pavimento:

Es cuando el pavimento se encuentra en un mal estado, lo cual se puede observar y comprobar sin realizar algún tipo de pruebas o ensayos para ello existen una cantidad de posibles fallas.

Tipos de Fallas Funcionales:

De acuerdo con Becerril y Miranda (2016) las fallas funcionales son los errores que se encuentran en la superficie lo cual afecta directamente el tránsito y comodidad de los vehículos que transcurren por el pavimento con dichas fallas, así mismo el desplazamiento de los medios de transporte se hacen más pesados.

Estos tipos de fallas son comunes en la mayoría de proyectos que tienen que ver con pavimentación flexible, si bien es cierto es difícil encontrar tramos sin ninguna falla y si es que la hay es porque aún esta nueva, pero en varias ocasiones dichas obras no llegan a la cantidad de años de servicio, es por ello la inconformidad tanto de los pilotos como los peatones por no cumplir con los años de garantía.

- Ondulaciones.

Según Miranda (2010) son relieves con un espesor no mayor a 1m lo cual se puede percibir a simple vista, esto se debe a un mal cálculo de espesor de carpeta asfáltica como también error en la cantidad de veces que se debe de compactar dicha capa ya que hace que pierda su capacidad de resistencia lo cual hace que se deforme mediante ondulaciones.

- Piel de Cocodrilo

De acuerdo con Martínez (2014) la piel de cocodrilo no es más que grietas, pero estas son de manera continuas formando como una red que se puede apreciar a simple vista con un espaciamiento de 30cm aproximadamente, considerado como una falla funcional a la vez incluida el ahuellamiento en algunos tramos.

- Ahuellamiento

El ahuellamiento es una forma de falla estructural, derivada de flujos superiores a altas cargas axiales, mala construcción y alta temperatura de servicio, que se identifica por una deformación estructural estable en el tiempo.

Agregados Pétreos:

Definición Del Agregado:

Estructura granulométrico inerte sólido, conformadas por partículas graduadas, como parte del pavimento en la capa de mezcla asfáltica a alta temperatura. Los agregados comunes contienen grava, arena, piedra chancada, escoria y polvo de roca. Los agregados representan alrededor de 91 % y el 96 % en peso y en 76 % y 86 % en su volumen. Las características mecánicas del pavimento son considerablemente influenciadas por el agregado ya que este le aporta la capacidad portante. (Instituto Chileno Del Asfalto).

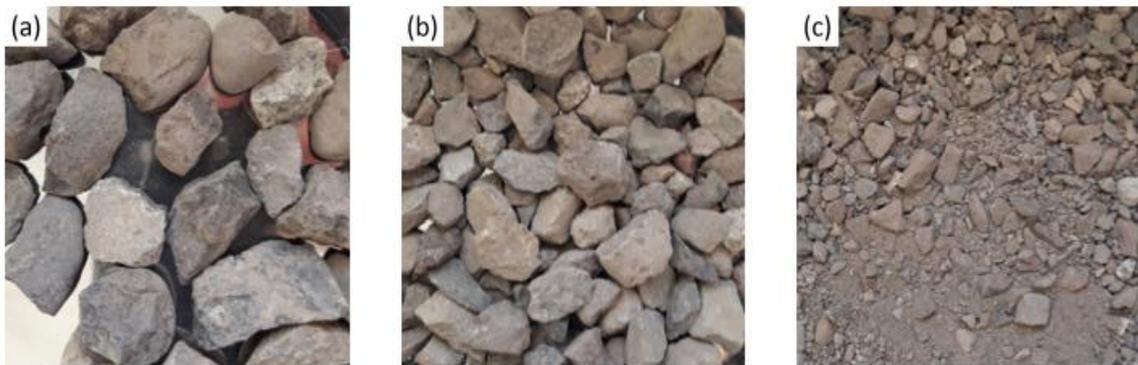


Figura 9, Agregados vírgenes utilizadas en mezclas: (a.) gravas 3/4", (b.) gravas 1/2" y (c.) polvos de roca Fuente: (Gonzales Álvaro, 2018)

Resistencia Al Desgaste:

Los materiales utilizados en el diseño de las mezclas deben ser duraderos y capaces de soportar cargas repetitivas e intensas. El ensayo de abrasión de Los Ángeles, que utiliza un cilindro hueco de acero montado sobre ejes colocados horizontalmente y limitado por ambos lados, es un método más fiable y ampliamente utilizado para cuantificar esta característica.



Figura 10, Maquina Los Angeles, Fuente: LCweb/ Universidad Politécnica De Madrid

Requisitos Para Agregados en General:

Los requerimientos por parte de las (EG 2013), se indican las demandas requeridas generales para áridos finos y gruesos.

Tabla 1, Granulometrías Consideradas En La EG 2013

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

Fuente: MTC 2013

Tabla 2, Requerimientos Para Agregados Gruesos

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

Fuente: MTC 2013

Tabla 3, Requerimientos Para Los Agregados Finos

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

Fuente: MTC 2013

Material Asfáltico

Antecedentes y Definición:

El asfalto puede encontrarse en depresiones de la superficie terrestre que forman lagos de asfalto, o puede encontrarse incrustado en la piedra caliza y combinado con otras rocas para formar rocas asfálticas. El asfalto también puede encontrarse con otros materiales y minerales como impurezas.

En los años 1800 y 1900 la solicitud de nuevas vías pavimentadas se acrecentó de manera que la capacidad de extracción de este material fue sobrepasada por la demanda y por este motivo se retrasó en la pavimentación de las principales vías. Con esta problemática se tuvo que buscar otras opciones para generar asfalto, así que la mayor parte de asfalto que hoy se obtiene viene del refinado del petróleo. (Minaya Y Ordoñez, 2006)

ASTM la describe como material ligante, de consistencia variable, tonalidad oscura, y su rigidez está determinado en su temperatura. A temperaturas normales su consistencia es sólida. Y cuando se incrementa la temperatura se vuelve líquido, con esta característica en su etapa de preparación nos permite que los agregados se cubran con toda la mezcla.

En una mezcla tradicional (Asfalto + Agregado De granulometría Completa) la proporción de asfalto es de 6.5 % y del agregado es de 93.5 % en función de su peso de mezcla aproximadamente, siendo un porcentaje mínimo en crucial su participación ya que le da un efecto importante.



Figura 11, Cemento Asfáltico a Temperatura Ambiente, Fuente: Minaya Y Ordoñez, Diseñando pavimentos con aditivos, ICG.

Mezcla Asfáltica:

Para crear mezclas asfálticas se utilizan áridos pétreos y un ligante asfáltico. La mayoría de las veces se crean en instalaciones de mezcla, pero esto ocurre a veces. (Rondón y Reyes, 2015. P.69).

Para elaborar nuestro pavimento usaremos la metodología Marshall, ya que es la más usada en nuestro país, para dosificar la mezcla.

Las propiedades que podemos analizar en laboratorio son:

- Peso específico de mezcla, estabilidad.
- Aire atrapado, vacíos, densidad.
- Contenido de asfalto, fluencia.
- Vacío en el agregado de mineral.

Diseño de mezcla asfáltica:

El objetivo de las metodologías de diseño de mezcla es asegurar un buen comportamiento cuando el pavimento entre sollicitaciones de carga, y condiciones de ambiente y así evitar que se deteriore prematuramente. En Perú, normalmente con el que más se trabaja es el método Marshall, pero también la norma peruana señala requerimiento por método Superpave.

Método Marshall:

Teniendo en cuenta su composición volumétrica y sus cualidades físicas y mecánicas, esta técnica se centra en el porcentaje ideal de asfalto para un prototipo de granulometría y cemento asfáltico en una mezcla. La técnica Marshall aporta cuatro cualidades a este respecto:

1. Separación del ligante asfáltico y los pétreos con esto garantizar el requerimiento del proyecto.
2. Análisis de las mezclas con muestras comprimidas en laboratorio de 100mm de diámetro y 70mm de grosor aproximadamente con el uso de martillo estandarizado.
3. Las muestras deben garantizar el porcentaje de vacío de aire, VMA (Vacío en agregado mineral) y VFA (Vacíos llenos con ligante asfáltico)
4. Las muestras también deben cumplir las normas de estabilidad y fluidez, que son aspectos de la flexibilidad y la tenacidad que se examinan mediante pruebas mecánicas.



Figura 12, Maquina Marshall Fuente: ustesd.com

Nuevas Tecnologías De Autocuración en Pavimentos:

Esta tecnología revolucionaria desarrolla un nuevo campo de estudio en la tecnología de materiales. Y cambiara las características de comportamiento de los materiales.

El objetivo principal es generar la autocuración en etapas tempranas de desgaste para reducir los altos costos de mantenimiento e implementar en las futuras vías en todo el mundo.

Calentamiento Por Inducción:

Es el procedimiento de elevar la temperatura del betún para que este adquiera sus propiedades termoplásticas que generara la autocuración, el betún fluye por las grietas en etapas tempranas de formación y cuando la temperatura vuelve a condiciones ambientales adquiere su propiedad de rigidez.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

Este tipo de investigación es aplicada porque busca indagar, establecer y transformar una situación problemática en soluciones, preocupándose más por la aplicación inmediata de un problema y generando aporte científico. En cuanto a la técnica, se clasifican por tipo, si eso soluciona el problema. (Borja, 2012 pág. 10)

Este trabajo de investigación actual es aplicado porque la investigación es nueva, será confiable y se puede aplicar como teoría.

Diseño de la Investigación:

Se usara diseño experimental, del tipo cuasi - experimental puesto “En esta investigación con enfoque experimental los investigadores manipulan uno o múltiples variables de estudio, con el objetivo de controlar el incremento y disminución de la variables que generan un efecto en las muestras analizadas, con esto se desea determinar la capacidad de recuperación del pavimento cuando se somete al calor, a través de adición de virutas de acero en diferentes proporciones, usando el método Marshall alineándonos a lo establecido por el MTC.

Nivel de investigación:

El presente trabajo de investigación se basa en el nivel de tipo diseño Explicativo, porque busca profundizar una problemática, busca relacionar causales entre variables para ver como una afecta en otras y en base a esto se propone un procedimiento para diseño de mezcla asfáltica, con introducción de polímeros y virutas de acero con diferentes porcentajes a fin de determinar el porcentaje optimo.

Según Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2015). Sustenta que: “Se centra específicamente en explicar por qué surgen esos hechos y en qué circunstancias o en qué instante se asocian dos o más variables. Está representada por el origen de los hechos y fenómenos, ya sean físicos o sociales.” (p.85).

Enfoque:

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo ya que se obtendrán resultados numéricos, como el conteo de vehículos a través de tablas y fórmulas y determinación de las propiedades físico y mecánicas de las mezclas asfálticas, datos cuantificados de resistencia a la tracción, diseño de mezcla; en comparación con los cuestionarios de encuestas, porque se obtendrán resultados estadísticos.

3.2 Variables y Operacionalización

Se utiliza las variables para distinguir entre ello las diferentes características de nuestra realidad para así poder revelar informaciones de otros rasgos. En la encuesta, se debe comprender cada característica del objetivo de investigación para cada variable y así la misma puede tomar diferentes valores.

VARIABLE INDEPENDIENTE:

Según Niño (2018) define que, la variable independiente es la que interviene para estudiar sus instrumentos de la variable dependiente, por este motivo, la variable puede manipular y analizar al investigador.

Debido a esto, la variable independiente puede causar resultados ante la variable dependiente, mientras tanto la variable independiente, será pavimento autorreparable.

VARIABLE DEPENDIENTE:

Según Niño (2018) nos dice que, es estudiado por la variable dependiente. Así mismo es quien mande a la investigación para establecer a manera de que impactan en ella las variables dependientes.

En ese mismo contexto la variable puede ser expuesta, al mismo tiempo por una o más variables dependientes, cada una de ellas con una obligación distinta, la variable dependiente será mejoramiento de las propiedades del pavimento.

Operaciones de Variable:

Batthyány (2016) define que, consiste en la innovación de igualdades teóricas y de conceptos directos o indirectos. De este modo, esta reducidamente emparentada al tipo de métodos disponibles para la recolección de antecedentes.

En efecto, operaciones de variable muestra cómo se va medir la variable como el mejoramiento de las propiedades del pavimento es la variable dependiente y el pavimento autorreparable que es la variable independiente, de este modo la variable cuantitativa se puede medir a través de guías y normas.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

TÍTULO: Evaluación del pavimento flexible y propuesta de mejoramiento usando mezcla asfáltica autorreparable en la Avenida Universitaria - Lima 2023.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Pavimento autorreparable	El pavimento autorreparable según Quispe y Torres (2020) es aquel que tiene la capacidad de regenerarse por si solo con la ayuda de aditivos insertados en su etapa de construcción.	Para determinar la capacidad de autorreparación con radiación inducido.	Estudio de tráfico	Indice medio diario	Razón
			Porcentaje de adición de virutas metálicas	0% de virutas metálicas	
				2% de virutas metálicas	
				4% de virutas metálicas	
				6% de virutas metálicas	
Variable dependiente: mejoramiento de las propiedades del pavimento	Se entiende como mejoramiento del pavimento al incremento de sus propiedades y a la generación de nuevas características que influyen en el incremento de su vida útil, apoyándose de nuevas tecnologías (Gamboa,2009)	Métodos que evalúan la autorreparación, dependiendo de la proporción de aditivo así estimar el estado después de exposición prolongado a radiación.	Curado de grietas	Resistencia a la tracción	Razón
				porcentaje de autocuración	
			Resistencias Mecánicas	Estabilidad marshall	
				Peso unitario	
				Fluencia	

3.3. Población, Muestra y Muestreo

Población:

La población es la evaluación de la estructura del pavimento flexible, y las nuevas pavimentaciones con mezcla asfáltica autorreparable en la Avenida universitaria vendría ser los 10 km. De esta avenida, que corresponde desde la Av. Angelica Gamarra con la Av. Metropolitana.

Criterio de inclusión:

Este criterio está definido como el diseño de la investigación, mucho antes de realizar la propia investigación, y estas deben satisfacer con la característica de la pregunta que se busca investigar (Suarez, 2006).

Criterio de exclusión:

En esta investigación no se usará otra cosa que no sea virutas de acero como ingrediente del diseño de mezcla, para analizar sus propiedades.

Muestra:

La muestra es de tipo no probabilística y comprende la estructura del pavimento flexible en la Avenida Universitaria entre las Av. Carlos Izaguirre y Av. Los Alisos (1.00 km), y las 24 probetas cilíndricas de mezcla con porcentajes de polímeros metálicos que son: 0%, 2%, 4%, 6%.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Arias (2016), refiere que las técnicas de recolección de datos son las diferentes maneras de obtener información que sea útil para una investigación (p.53).

En la presente indagación recurrimos a técnicas que nos fueron de utilidad para recolectar los datos necesarios para evaluar nuestra conjetura. En el desarrollo de la indagación se procede a la elaboración de briquetas tipo cilindro de 10 cm de diámetro y 6 cm de altura, se calcula la densidad de los materiales usados como también de las briquetas compactadas fracturándolas enseguida por la prensa

Marshall para hallar la estabilidad y deformaciones pavimento, así como además realizamos un análisis de tráfico que abarcó únicamente determinadas horas del día.

Técnica de Recolección De Datos:

El proceso utilizado para la recopilación de datos útiles para la investigación fue basado en los siguientes puntos:

a) Técnica virtual

Analizamos información obtenida de la biblioteca virtual, del manual de carreteras del MTC y de normas aplicables al mantenimiento de carreteras.

b) Técnica bibliográfica

Para la presente investigación para la recolección de datos se usó como referencia tesis aprobadas, libros y artículos de investigación.

c) Instrumentos usados para el diseño de mezcla:

- Taras
- Capillo
- Horno
- Juego de tamices ASTM
- Bandejas metálicas
- Juego de malla: (3/4", 1/2", 3/8", N4, N8, N16, N30, N50, N100, N200, Fondo Y Tapa).
- Horno para secado
- Moldes de briqueta
- Extractores de briqueta
- Mordaza y medidor de deformaciones
- Equipo Marshall
- Termómetro blindado. De 10 °C a 250 °C

Instrumento de recolección de datos:

Martínez (2016), sostiene que "la técnica de instrumentos de datos, es fundamental para dar respuesta a los objetivos y demostrar la veracidad de la hipótesis de dicha investigación (p. 194)".

Esta indagación se hizo según carga del vehículo, con análisis de recuento de vehículos para obtener el flujo de tráfico vial a partir del cual se puede obtener un diseño de pavimento correcto. Además, se procedió a hacer formularios para la trabajadora especializada, para el cual considerar varias especificaciones en cuanto al análisis de averiguación.

Validez:

Hernández, Fernández y baptista (2015) sustentan que: “El término validez se refiere al porcentaje de la variable con el instrumento que mida cual se pretenda medir” (pág. 243).

La validez de este trabajo de indagación va a ser el formulario que se hace al técnico especializado, el cual consta de distintas cuestiones que van a ser por una ingeniera especializada.

Las herramientas fueron validadas por medio del juicio de experto, el cual ha sido inspeccionado por 3 ingenieros civiles.

Confiabilidad

La fiabilidad es el resultado de los registros de medición de este estudio, establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el ensayo Marshall.

3.5. Procedimientos

El procedimiento de este estudio tiene como objetivo realizar una evaluación del pavimento flexible de la Av. Universitaria y por consiguiente plantear un mejoramiento con el pavimento autorreparable determinando su capacidad de autocuración con un ensayo de laboratorio en donde se usaron 24 probetas asfálticas tipo Marshall, para la preparación de las mezclas, se usaron 3 fracciones de agregados: bajo malla 1/2”, bajo malla 3/8”, Gravilla, y polvo de roca, cemento asfáltico, los elementos metálicos agregados fueron de 0%, 2%, 4%, 6%, en relación al peso de la mezcla, el valor de autocuración se determinó como la resistencia a la flexión después de inducir al agrietamiento por tracción y por periodos de curación inducidos a radiación por 45 segundos en un horno a 50 °C,

para la correcta reparación deben guardarse en ambiente seco y dejar descansar 12 horas en un ambiente con ventilación natural.

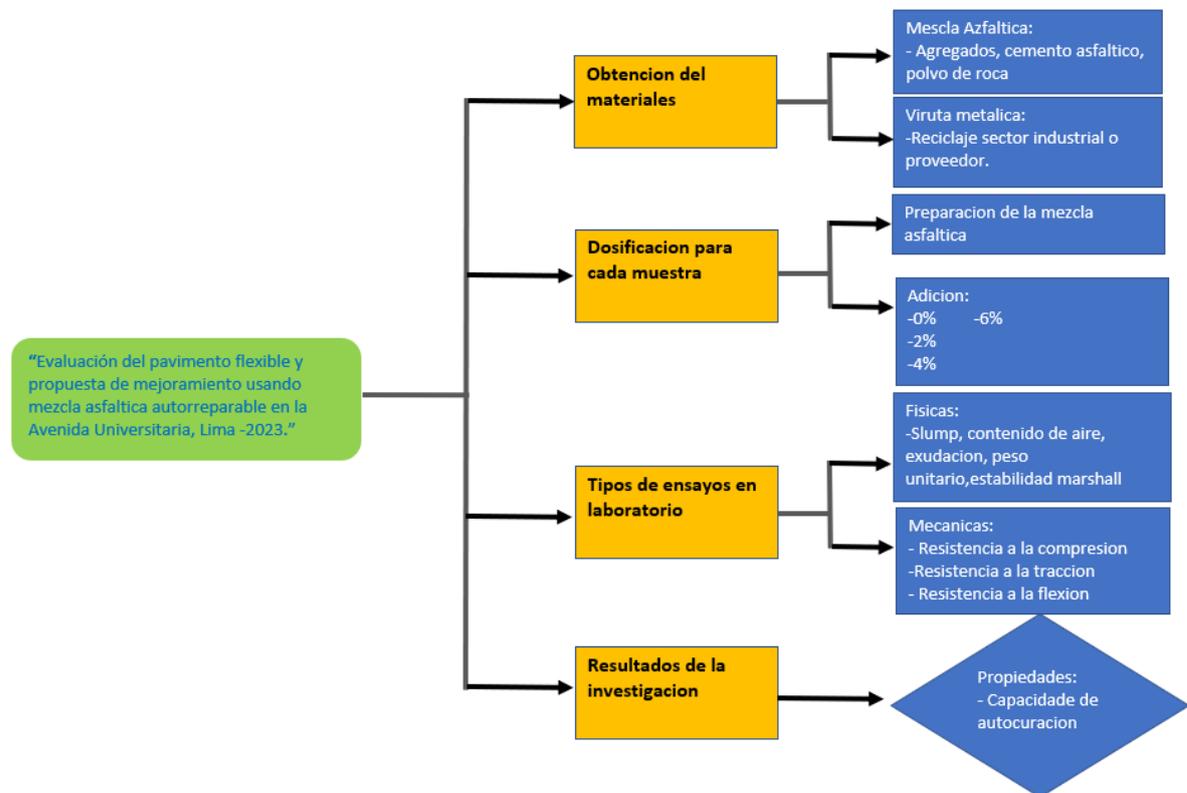


Figura 13, Diagrama de flujo de procedimiento: Elaboración propia

La evaluación del estado del pavimento se realizará por el método de Índice de Condición De Pavimento, que su procedimiento es recolectar información in situ visual apoyado de fichas identificando tipos de fallas, clases, y numero de fallas, como completo se realizara un conteo vehicular para plantear un nuevo diseño de pavimento.

3.6. Métodos de Análisis de Datos

Se empleo 2 procedimientos de estudio de datos el cual en primer lugar ha sido la cuantificación de los vehículos manualmente con el propósito de evaluar qué clases y tipo de vehículos pasan por la vía Av. Universitaria (entre las Av. Carlos Izaguirre y Av. Los Alisos (1.00 km).). Para considerar con dichos datos un nuevo diseño

para esta carretera usando un pavimento autorreparable con la metodología Marshall. Se elaborará gráficos estadísticos en Excel. La capacidad autorreparable del pavimento se medirá por la resistencia a la flexión en relación a su resistencia inicial.

Los ensayos de laboratorio:

- | |
|---|
| <p>Agregados Grueso:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Análisis Granulométrico (MTC E 2014)✓ Durabilidad al Sulfato de Magnesio (MTC E 209)✓ Abrasión Los Ángeles (MTC E 207)✓ Partículas chatas y alargadas (MTC E 223)✓ Caras fracturadas (MTC E 210)✓ Sales Solubles Totales (MTC E 209) <p>Agregado fino:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Análisis Granulométrico (MTC E 204)✓ Equivalente de Arena (MTC E 114)✓ Angularidad del agregado fino (MTC E 222)✓ Azul de metileno (AASTHO TP 57)✓ Índice de Plasticidad malla N° 40 y malla N° 200 (MTC E 111)✓ Durabilidad al Sulfato de Magnesio (MTC E 209)✓ Peso específico y absorción (MTC E 205) |
|---|

Figura 14, tipo de ensayo de laboratorio, Fuente: MTC

3.7. Aspectos Éticos

Como elaboradores de esta investigación nos comprometemos a respetar la fiabilidad de los datos que obtuvimos durante todo el desarrollo del proyecto, de esta manera se genera transparencia en los siguientes procesos al largo de la investigación.

IV. RESULTADOS.

4.1 Zona de estudio

Ubicación

El presente trabajo de investigación tiene como lugar de estudio en la Av. Universitaria entre la Av. Los Alisos con Av. Carlos Izaguirre. En el departamento de Lima, Perú.

Coordenadas de los puntos de estudio total de 1KM de recorrido:

Av. Los Alisos: (Coordenada Este: 273691.00 m E; Coordenada Norte: 8674438.00 m S).

Av. Carlos Izaguirre: (Coordenada Este: 273273.00 m E; Coordenada Norte: 8673547.00 m S).

Figura 15.

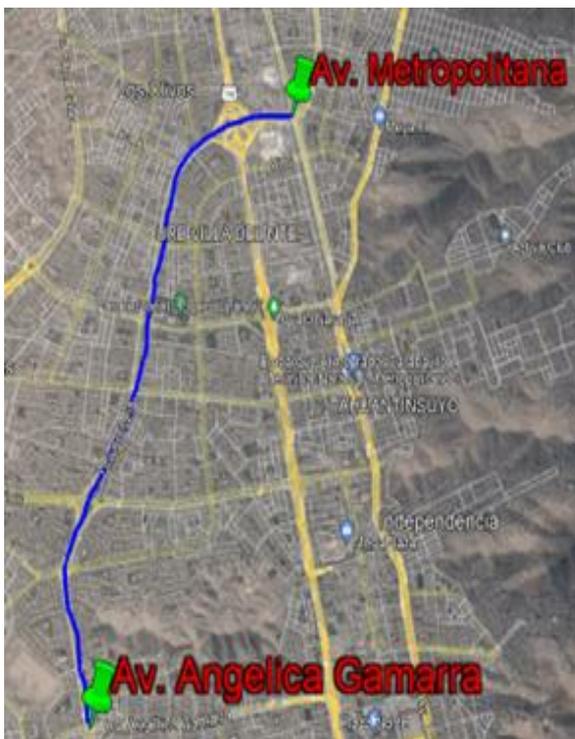


Figura 16.

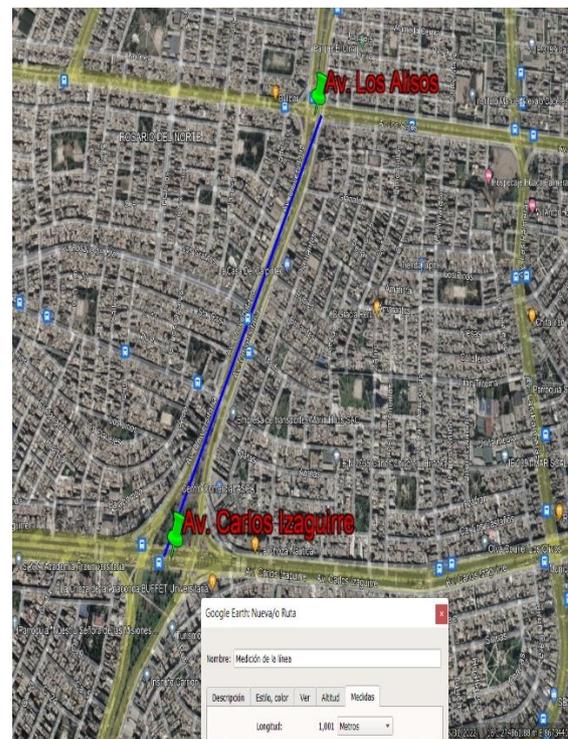


Figura 15, Muestra de estudio, Fuente: Google Hearth, Figura 16, Ubicación de la población de estudio, Fuente: Google Hearth.

4.2 Trabajos previos.

Conteo vehicular

Se realizó el conteo vehicular en la muestra de estudio, para poder determinar el Esal y posterior a ello el espesor de la carpeta asfáltica, actualmente esta es vía principal, se caracteriza por el tráfico vehicular registrado, también porque conecta vialidades importantes y conecta varias zonas de la ciudad, de igual forma que la vía sirve para acceder al destino de estudiantes de colegios y universidades; centro comercial, grandes almacenes.



Figura 17, Conteo Vehicular, Fuente: Propia.

Estudio del volumen de tráfico en la estructura del pavimento flexible:

Estudio de tráfico vehicular

Se efectuó un día de conteo de vehículos liviano y pesado, para lo cual fueron los días lunes 24, martes 25 y miércoles 26. Para obtener un Esal sobre la vida útil del pavimento flexible.

LUGAR	LABOR REALIZADA	FECHA	HORA
LA CARRETERA AV. UNIVERSITARIA, CRUCE AV. LOS ALISOS Y LA AV. CARLOS IZAGUIRRE	Conteo Vehicular	Lunes 24-04-2023	8:00-9:00
		Martes 25-04-2023	10:00-11:00 12:00-1:00
		Miércoles 26-04-2023	3:00-4:00

Tabla 4, Días de conteo, Fuente: Elaboración propia.

Conteo vehicular- lunes 24 de abril.

I	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	
																	
8:00-9:00	N	365	98	56	13	47	71	36	11	4	16	3	1	0	2	0	723
	S	345	114	37	14	28	74	43	4	6	23	2	0	3	0	1	694
10:00-11:00	N	243	111	26	25	37	63	47	6	4	19	4	2	2	3	2	594
	S	324	87	36	31	25	59	42	7	5	18	1	5	3	4	0	647
12:00-1:00	N	298	142	45	22	36	72	35	5	3	23	3	3	2	2	0	691
	S	309	167	53	26	43	73	46	6	7	27	3	2	0	1	1	764
3:00-4:00	N	467	124	43	31	35	64	34	8	5	25	1	1	1	3	2	844
	S	399	156	23	23	31	59	57	10	8	21	2	0	3	2	2	796
																5753	

Tabla 5, Resultado de conteo lunes 24 de abril, Fuente: Elaboración propia.

VEHICULOS	LUNES
	DIA N° 01
Auto	2750
Station wagon	999
Pick Up	319
Panel	185
Camioneta Rural	282
Micro	535
B2	340
B3-1	57
C2	42
C3	172
C4	19
2S1/2S2	14
2S3	14
3S1/3S2	17
>= 3S3	8
TOTAL	5753

Tabla 6, Resumen lunes.

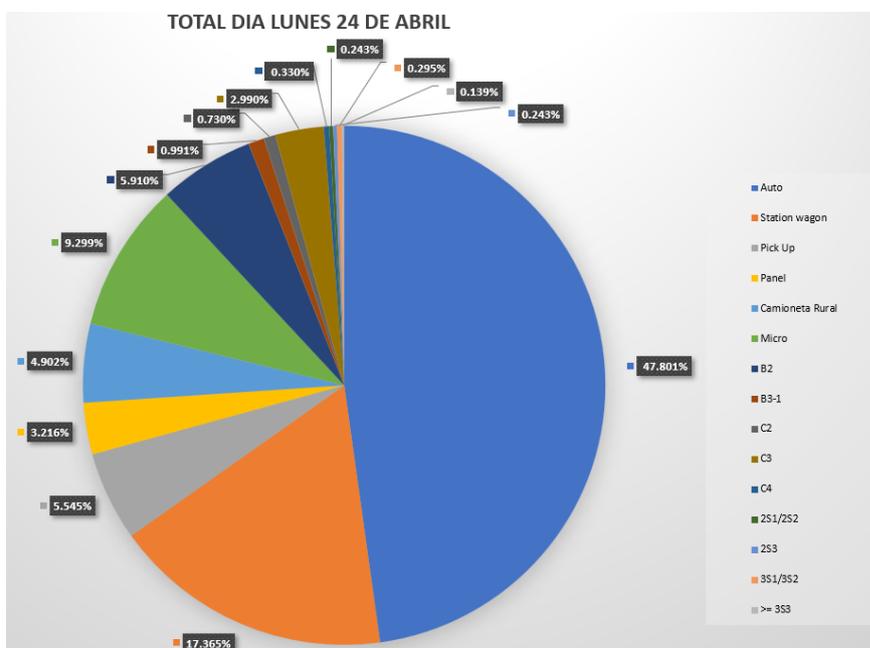


Figura 18, Registro vehicular, Fuente: Propia.

Mediante el conteo realizado el día lunes 24 de abril, se observó que en la zona a estudiar lo que más transitan son los automóviles con 2750 veh/día.

Conteo vehicular- martes 25 de abril.

I	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	
																	
8:00-9:00	N	467	89	38	27	51	68	38	9	3	17	2	2	1	3	1	816
	S	412	145	36	14	32	67	43	8	3	21	3	1	2	1	2	790
10:00-11:00	N	387	132	27	26	45	68	45	6	5	28	3	4	3	3	0	782
	S	391	98	38	19	24	63	34	7	4	14	0	3	2	3	1	701
12:00-1:00	N	342	134	43	25	35	56	37	3	3	27	2	2	1	2	1	713
	S	352	187	61	23	41	47	48	8	5	24	3	3	2	1	1	806
3:00-4:00	N	401	135	36	32	61	62	46	7	6	21	3	0	0	2	3	815
	S	386	154	27	25	32	57	56	12	9	20	1	1	3	3	2	788
																	6211

Tabla 7, Resultado de conteo martes 25 de abril, Fuente: Elaboración propia.

VEHICULOS	MARTES
	DIA N° 02
Auto	3138
Station wagon	1074
Pick Up	306
Panel	191
Camioneta Rural	321
Micro	488
B2	347
B3-1	60
C2	38
C3	172
C4	17
2S1/2S2	16
2S3	14
3S1/3S2	18
>= 3S3	11
TOTAL	6211

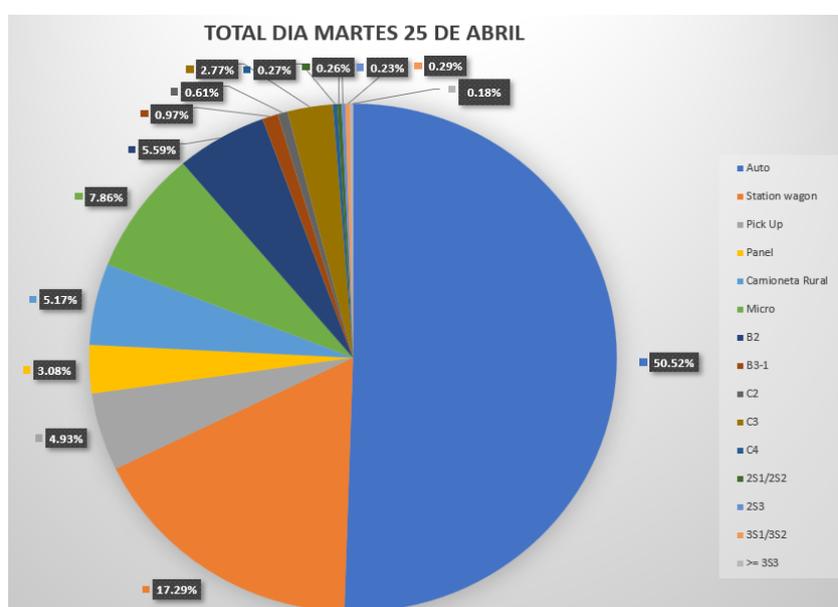


Tabla 8, Resumen martes.

Figura 19, Registro vehicular, Fuente: Propia.

Mediante el conteo realizado el día martes 25 de abril, se observó que en la zona a estudiar lo que más transitan son los automóviles con 3138 veh/día.

Conteo vehicular- miércoles 26 de abril.

I	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	
DIAGRA. VEH.																	
8:00-9:00	N	458	97	32	26	47	54	32	7	6	15	4	3	2	3	2	788
	S	418	165	29	17	32	47	38	4	4	13	3	0	2	2	3	777
10:00-11:00	N	421	134	23	21	37	62	43	5	6	21	2	2	3	0	1	781
	S	402	101	32	27	21	65	32	6	4	27	1	3	2	2	2	727
12:00-1:00	N	396	116	37	31	34	53	43	3	3	29	2	4	1	3	3	758
	S	398	145	43	26	41	46	32	4	6	30	4	2	0	3	2	782
3:00-4:00	N	412	139	26	35	47	53	48	6	5	19	1	1	3	2	4	801
	S	387	147	31	21	39	37	40	10	7	25	2	1	2	3	3	755
6169																	

Tabla 9, Resultado de conteo miércoles 26 de abril, Fuente: Elaboración propia.

VEHICULOS	MIERCOLES
	DIA N° 03
Auto	3292
Station wagon	1044
Pick Up	253
Panel	204
Camioneta Rural	298
Micro	417
B2	308
B3-1	45
C2	41
C3	179
C4	19
2S1/2S2	16
2S3	15
3S1/3S2	18
>= 3S3	20
TOTAL	6169

Tabla 10, Resumen miércoles.

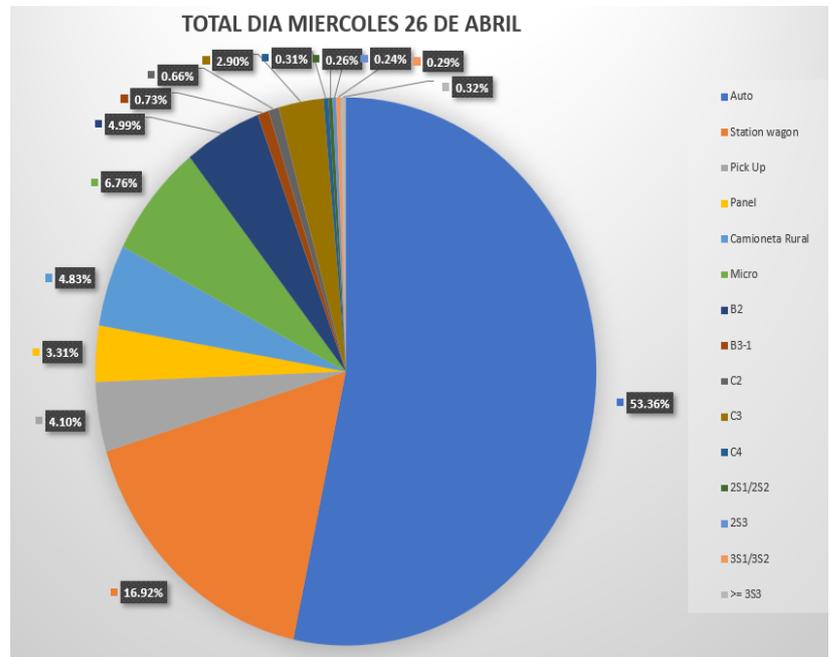


Figura 20, Registro vehicular, Fuente: Propia.

Mediante el conteo realizado el día miércoles 26 de abril, se observó que en la zona a estudiar lo que más transitan son los automóviles con 3292 veh/día.

Resumen del conteo

VEHICULO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	TOTAL
	DIA N° 01	DIA N° 02	DIA N° 03	
Auto	2750	3138	3292	3060
Station wagon	999	1074	1044	1039
Pick Up	319	306	253	293
Panel	185	191	204	193
Camioneta Rural	282	321	298	300
Micro	535	488	417	480
B2	340	347	308	332
B3-1	57	60	45	54
C2	42	38	41	40
C3	172	172	179	174
C4	19	17	19	18
2S1/2S2	14	16	16	15
2S3	14	14	15	14
3S1/3S2	17	18	18	18
>= 3S3	8	11	20	13
TOTAL	5753	6211	6169	6044

Tabla 11, Resumen de conteo, Fuente: Elaboración propia.

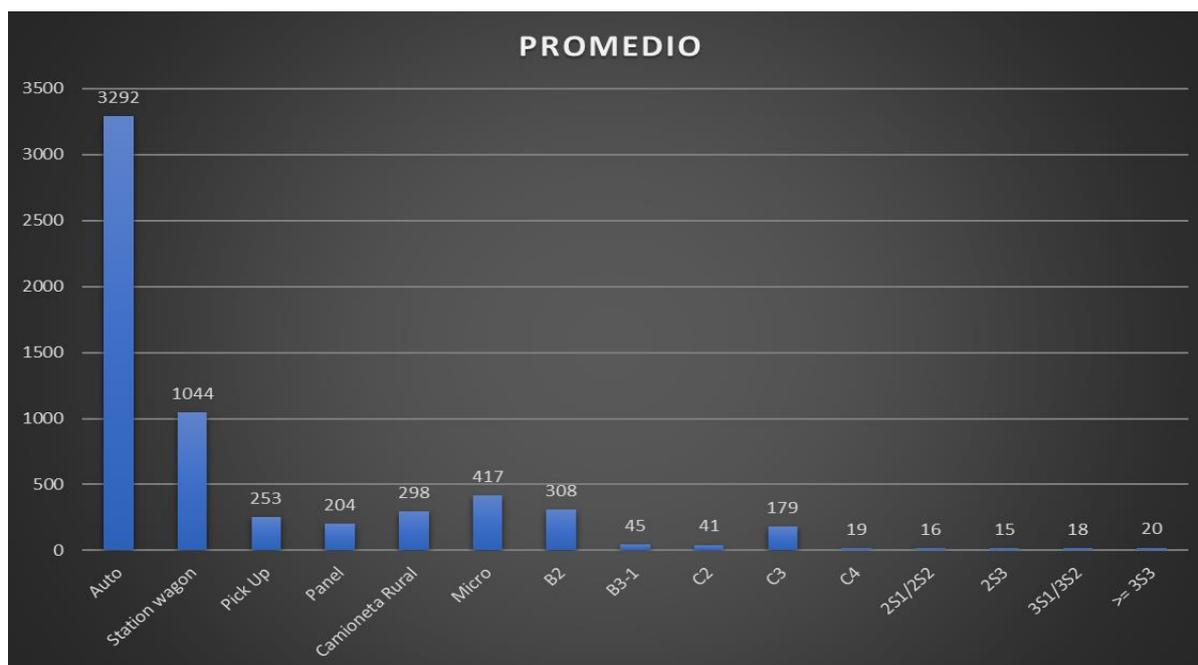


Figura 21, Promedio de volumen vehicular, Fuente: Elaboración Propia.

Logrado la contabilización vehicular por 3 días, se efectúa el promedio total, para la comprobación de los vehículos que más frecuentan por este tramo de la avenida. Mediante el cual se obtuvo un promedio de 6044 veh/día.

OBJETIVO 1

Reconocimiento Visual

Se identificará los tipos de deterioros o fallas que se presentan en la calzada de la Avenida Universitaria, San Martín de Porres, con la consigna de detectar el tipo de deterioros o fallas, el pavimento ha sido evaluado visualmente y la guía de carretera del MTC revisada en Pavimento flexible 4.4, aquí podremos encontrar niveles de daño, falla y severidad.

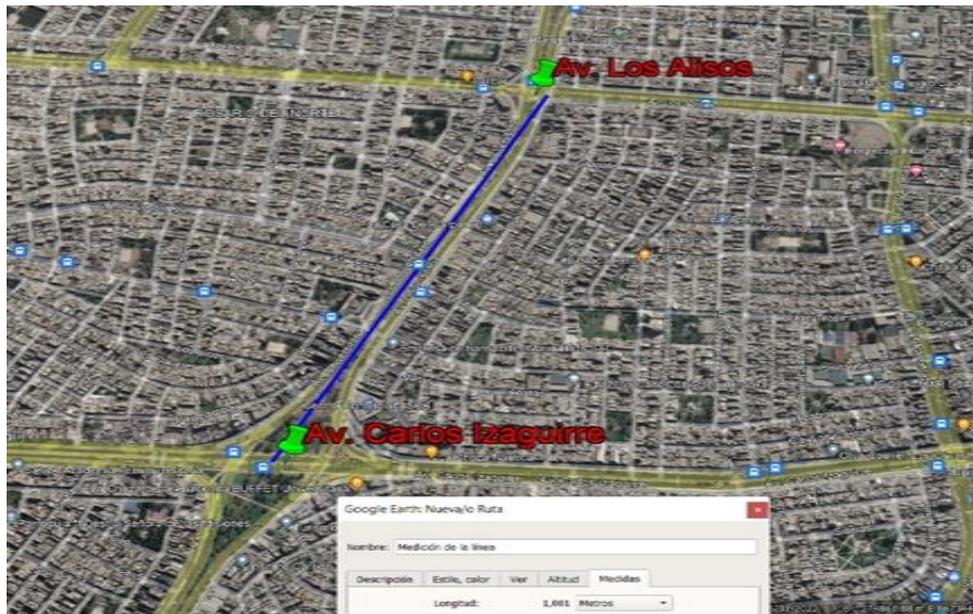
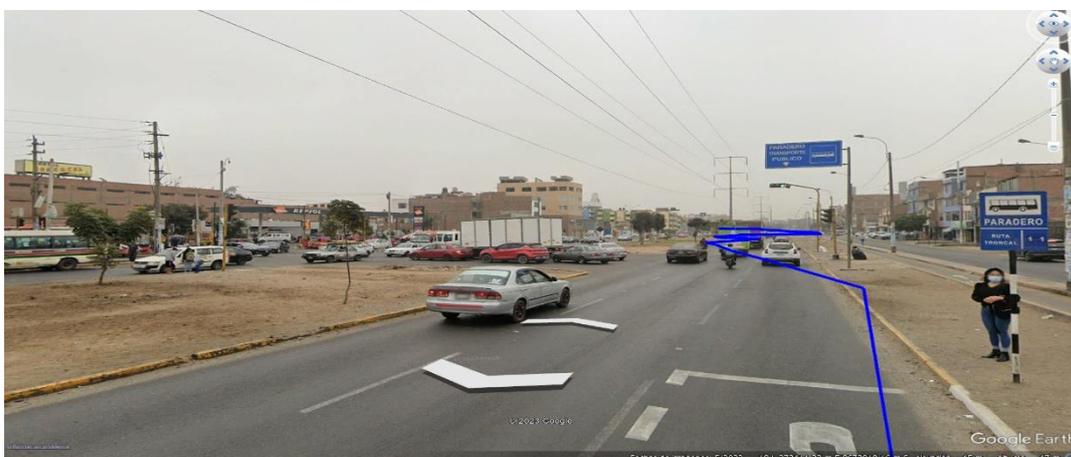
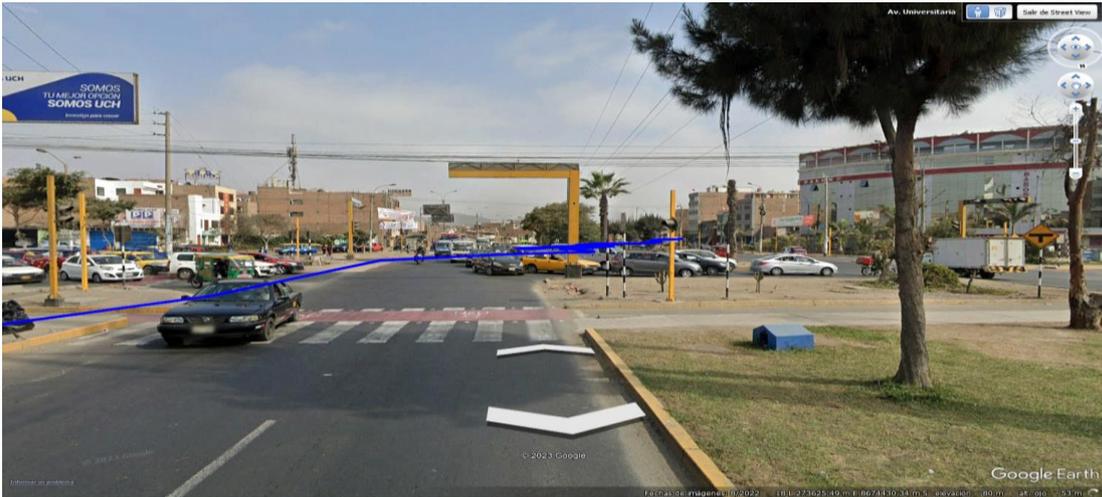


Figura 22, Ubicación de la población de estudio, Fuente: Google Earth.

El tramo a estudiar de la Avenida Universitaria, se encuentra entre las Avenidas Carlos Izaguirre y los Alisos, la cual consta de 2 vías bidireccionales, de un aproximado de 10m. de ancho en cada vía, y un largo aproximado de 1.00 km.



Inicio de la vía. Figura 23, Inicio de la vía, Fuente: Google Earth.



Término de la vía. Figura 24, Fin de la vía, Fuente: Google Earth.

Tipos y causas de los daños superficiales

La calidad de los materiales utilizados, así como los defectos estructurales, son las principales causas del deterioro superficial de los pavimentos flexibles.

Baches (huecos)

Este tipo de fallas superficiales habitualmente es originado por la circulación de vehículos sobre superficies disgregadas en trozos pequeños de la capa de rodadura provocando que el material se remueva constantemente originando los baches o huecos.

CLASIFICACIÓN DE LOS DETERIOROS /FALLAS		
DETERIOROS O FALLAS SUPERFICIALES	FALLA N°7	Diámetro < 0.20 m
		Diámetro entre 0.2 y 0.5 m
		Diámetro > 0.5 m

Fuente: Manual de Mantenimiento Viales de MTC.

Figura 25, Clasificación de fallas, Fuente: Manual del MTC.

Según las tablas de clasificación de deterioros y fallas del manual del MTC, los baches identificados en el cruce de la Av. Carlos Izaguirre y la Av. Los Alisos se encuentran en el rango 2 de severidad ya que sus diámetros varían de 0.2 a 0.5 m.

A 221 metros aproximadamente de la vía norte el recorrido se puede observar en el medio de la calzada un bache de grandes proporciones con dimensiones de 1.20 m de largo 0.40 m de ancho y 0.04 m de profundidad, siendo una de las pocas que se encuentran en la zona.



Figura 26, Baches grandes, Fuente: Propia.

Peladura y desprendimiento

Clasificación de los deterioros/fallas.

CLASIFICACIÓN DE LOS DETERIOROS /FALLAS		
DETERIOROS O FALLAS SUPERFICIALES	FALLA N°6	Puntual sin aparición de la base.
		Continuo sin aparición de la base.
		Continuo con aparición de la base granular.

Fuente: Manual de Mantenimiento Viales de MTC.

Figura 27, Clasificación de fallas, Fuente: Manual del MTC.

Se encuentra una fisura, en el cual tiene un desprendimiento de la pequeña placa o parte del material directo que conforma la superficie de la plataforma de rodadura para los vehículos, que viene produciendo pequeños agujeros o huecos en la superficie de la calzada.



Figura 28, Fisura con desprendimiento, Fuente: Propia.

En los 80 metros del tramo final de la vía sur se encuentra un desprendimiento, al borde de unas de las vías con dimensiones aproximadas de 1.10 cm. de largo y 0.45 cm. de ancho.



Figura 29, Desprendimiento en borde, Fuente: Propia.

Ahuellamiento

Este tipo de fallas suelen ser pequeñas cimentaciones que se logran ver con facilidad en la vía.

CLASIFICACIÓN DE LOS DETERIOROS /FALLAS		
AHUELLAMIENTO	FALLA N°4	Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm
		Profundidad > 6 mm ≤ 3 mm
		Profundidad > 12 mm).

Figura 30, Clasificación de fallas, Fuente: Manual del MTC.

En los 176 metros aproximadamente del tramo final de la vía sur se visualiza desperfectos, deterioro y Ahuellamiento de carpeta asfáltica, una de las pocas que se encuentra en la zona.



Figura 31, Ahuellamiento de carpeta asfáltica, Fuente: Propia.

Como se puede visualizar en la fotografía, el ahuellamiento hace que pierda la discontinuidad de cierta área de la pista (carpeta asfáltica), originándose por la mala compactación de la base, sub base o subrasante.

OBJETIVO 2

Se calcula el eje equivalente, obteniendo así el Esal.

TIPO DE VEHICULO	EJES DE CARGA	FACTOR DE EQUIVALENCIA (F.E.E)	REPETICIONES DIARIAS	EJE EQUIVALENTE
Auto	1	0.000527	3060	1.61262
	1	0.000527	3060	1.61262
Station wagon	1	0.000527	1039	0.547553
	1	0.000527	1030	0.54281
Pick Up	1	0.000527	293	0.154411
	1	0.000527	293	0.154411
Panel	1	0.000527	193	0.101711
	1	0.000527	193	0.101711
Camioneta Rural	1	0.000527	300	0.1581
	1	0.000527	300	0.1581
Micro	7	1.265366	480	607.37568
	11	3.238286	480	1554.37728
B2	7	1.265366	332	420.101512
	11	3.238286	332	1075.110952
B3-1	7	1.265366	54	68.329764
	16	1.365945	54	73.76103
C2	7	1.265366	40	50.61464
	11	3.238286	40	129.53144
C3	7	1.265366	174	220.173684
	18	2.019213	174	351.343062
C4	7	1.265366	18	22.776588
	23	1.508184	18	27.147312
2S1/2S2	7	1.265366	15	18.98049
	11	3.238286	15	48.57429
	18	2.019213	15	30.288195
2S3	7	1.265366	14	17.715124
	11	3.238286	14	45.336004
	25	1.706025	14	23.88435
3S1/3S2	7	1.265366	18	22.776588
	18	2.019213	18	36.345834
	18	2.019213	18	36.345834
>= 3S3	7	1.265366	13	16.449758
	18	2.019213	13	26.249769
	25	1.706025	13	22.178325
			ESAL	4950.911552

Tabla 12, Calculo de eje equivalentes, Fuente: Elaboración propia

Se determinó el factor de equivalencia utilizando los datos y formulas correspondientes al MTC para pavimentos flexibles.

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	EE _{S1} = [P / 6.6] ^{4.0}
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	EE _{S2} = [P / 8.2] ^{4.0}
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} = [P / 14.8] ^{4.0}
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	EE _{TA2} = [P / 15.1] ^{4.0}
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	EE _{TR1} = [P / 20.7] ^{3.9}
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} = [P / 21.8] ^{3.9}
P = peso real por eje en toneladas	

Tabla 13, Relación de cargas, formulas, Fuente: Manual de carreteras, 2013

Cálculo del Esal:

Formula Para calcular el Esal
$ESAL = ESAL_0 * 365 * Dd * Di \left\{ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right\}$

Dónde:

- r= Tasa anual de crecimiento
- n= Periodo de Diseño
- Dd= Factor de Distribución Direccional
- Di= Factor de Distribución Direccional

Datos del Cálculo de Esal:

Tabla 14, Datos para el cálculo ESAL, Fuente: Elaboración propia.

n	10	15	20
r	0.045	0.045	0.045
Fd	0.5	0.5	0.5
Fc	0.8	0.8	0.8
ESAL ₀	4950.91	4950.91	4950.91

Reemplazando en la fórmula ESAL para el ciclo de diseño de 10, 15, 20 años

$$\text{ESAL (10)} = 8882321.525$$

$$\text{ESAL (15)} = 15023397.41$$

$$\text{ESAL (20)} = 22676295.25$$

El pavimento deberá diseñarse con los siguientes espesores de acuerdo con la guía AASHTO 93, con sus correspondientes periodos de vida útil, según los ESAL adquiridos.

Para el ESAL 10 años: **ESAL (10) = 8882321.525**

De acuerdo con la investigación realizada, el diseño a emplear es de 11 cm de capa superficial para una vida de diseño del pavimento de 10 años.

Para ESAL de 15 años: **ESAL (15) = 15023397.41**

De acuerdo con la investigación realizada, el diseño a emplear es de 14 cm de capa superficial para una vida de diseño del pavimento de 15 años.

ESAL de 20 años: **ESAL (20) = 22676295.25**

De acuerdo con la investigación realizada, el diseño a emplear es de 15 cm de capa superficial para una vida de diseño del pavimento de 20 años.

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Tabla 14, Factor de diseño direccional y de carril, Fuente: Manual de carreteras, 2013.

TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL
T _{P5}	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm
T _{P6}	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm
T _{P7}	3,000,001	5,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm
T _{P8}	5,000,001	7,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm
T _{P9}	7,500,001	10'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm
T _{P10}	10'000,001	12'500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm
T _{P11}	12'500,001	15'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm
T _{P12}	15'000,001	20'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm
T _{P13}	20'000,001	25'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm
T _{P14}	25'000,001	30'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm

Tabla 15, Valores recomendados para capas de pavimento, Fuente: Manual de carreteras, 2013

Objetivo 3

Obtención de viruta de acero

Se adquirió la lana de acero de un proveedor que está compuesta por acero bajo en carbono con un peso específico 7.181 (gr/cm³) con las siguientes características, longitud promedio 50mm, diámetro promedio 0.12mm.



Figura 32, pesaje de virutas de acero, Fuente: Propia.

Obtención de los agregados

Para el estudio de autorreparación se adquirió agregados de proveedor de la cantera Jicamarca SJL y Cantera Naña de la carretera central, se adquirió tres fracciones de agregados: bajo en malla 1/2", bajo en malla 3/8", gravilla y polvo de roca.

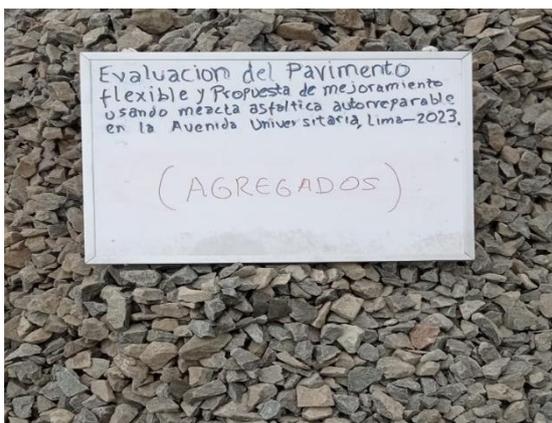


Figura 33, agregado grueso, Fuente: Propia.

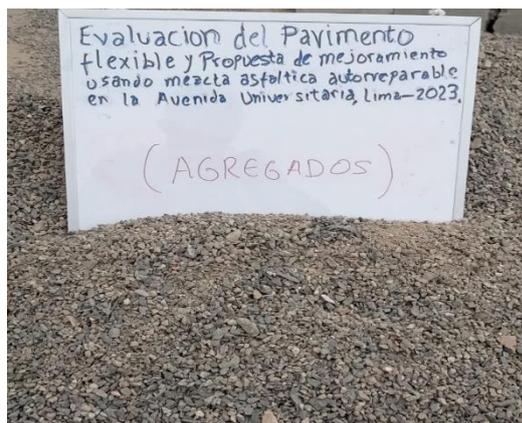


Figura 34, agregado fino, Fuente: Propia.

a).



b).



c).



figura 35, Agregados que se usó: a). grava $\frac{3}{4}$ ", b). grava $\frac{1}{2}$ ", c) polvo de roca.

Obtención del cemento asfáltico.

El ligante asfáltico utilizado para esta investigación fue el asfalto PEN 60/70 manufacturada por PETROPERÚ los resultados del ensayo se muestran a continuación.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO		ASFALTO SÓLIDO		Fecha efectiva: Enero 2019	
TIPO DE PRODUCTO		CEMENTO ASFÁLTICO		Reemplaza edición de: Enero 2014	
NOMBRE DE PRODUCTO					
ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN					
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO		
	MIN.	MÁX.	ASTM	AASHTO	
PENETRACIÓN, a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1mm	60	70	D-5	T-49	
VOLATILIDAD					
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Reportar		D-70	T-228	
Punto de inflamación, Cleveland, copa abierta, °C	232		D-92	T-48	
DUCTILIDAD a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-51	
SOLUBILIDAD, % masa	99.0		D-2042, D-7553	T-44	
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA					
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas:			D-1754	T-179	
Pérdida por calentamiento, % masa		0.8			
Penetración retenida, % del original	52+		D-5	T-49	
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	50		D-113	T-51	
Índice de susceptibilidad térmica	-1.0	+1.0		Francés RLB	
FLUIDEZ					
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	Reportar		D-2170	T-201	
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	200		D-2170	T-201	
REQUERIMIENTO GENERAL:		El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175°C.			
OBSERVACIONES:					
(a) En concordancia con a Norma Técnica Peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20.					

Tabla 16, Especificaciones del cemento asfáltico, Fuente: PETROPERÚ.



Figura 36, cemento asfáltico pen 60/70, Fuente: Propia.

Ensayo Granulométrico.

Para confeccionar nuestra mezcla asfáltica se recolecto cuatro facciones de agregados como se aprecia en la figura a, b, c, d, e.

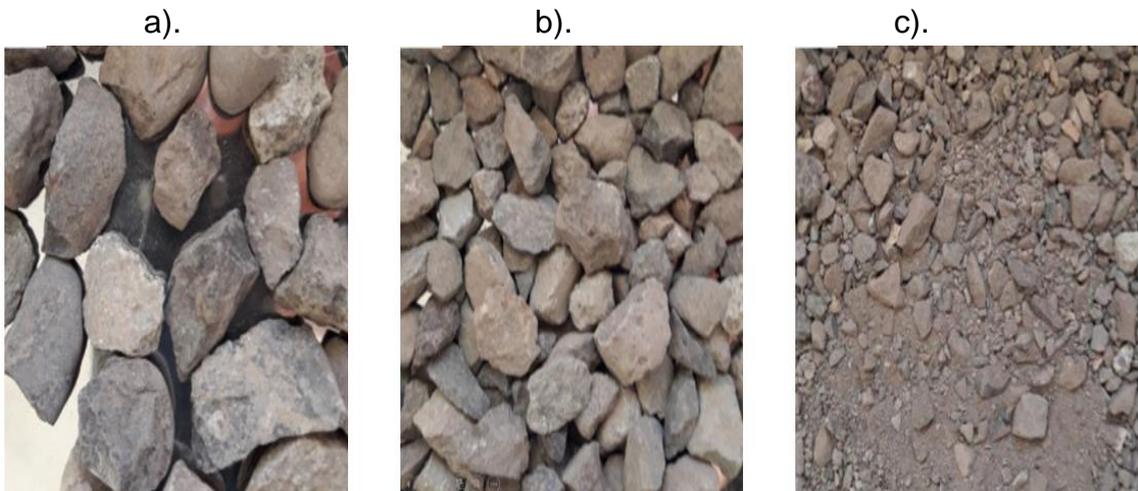


figura 37, Agregados que se usó: a). grava 1/2", b). grava 3/8", c) Polvo de roca.



d) Gravilla

e) Granulometría

La granulometría del agregado para confeccionar nuestras briquetas de asfalto se aprecia en la siguiente tabla granulométrica, y fue ensayada para los cuatro tipos de agregados.

TAMIZ	ABERT. mm.	M1-GRAVA 1/2"		M2- GRAVA 3/8"		M3- GRAVILLA		M4- POLVO DE ROCA	
		PESO RET (gr).	%PASA.	PESO RET (gr).	%PASA.	PESO RET (gr).	%PASA.	PESO RET (gr).	%PASA.
3"	76.200								
2 1/2"	63.500								
2"	50.800								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400								
3/4"	19.050								
1/2"	12.700	2.584.7	72.7	14.5	0.3				
3/8"	9.525	756.5	21.3	465.3	11.2				
1/4"	6.350	212.9	6.0	2676.8	64.2				
# 4	4.760			856.3	20.5	46.8	7.1	19.7	4.1
# 6	3.360			156.4	3.8	135.4	20.6	46.5	9.8
# 8	2.380					125.7	19.1	36.4	7.6
# 10	2.000					36.4	5.5	27.5	5.8
# 16	1.180					121.5	18.5	54.3	11.4
# 20	0.840					27.5	4.2	37.4	7.9
# 30	0.600					46.9	7.1	46.9	9.9
# 40	0.426					27.2	4.1	46.1	9.7
# 50	0.297					27.3	4.2	32.6	6.9
# 80	0.177					16.2	2.5	51.1	10.7
# 100	0.149					5.7	0.9	13.2	2.8
# 200	0.075					14.4	2.2	31.5	6.6
< # 200	FONDO					26.8	4.1	32.7	6.9
TOTAL		3,554.1	100.0	4169.3	100	657.8	100.0	475.9	100.0

Tabla 17, Granulometría de las 4 muestras, Fuente: propia.

Este ensayo nos muestra que el material contiene agregado de 1/2" y 3/8". También un contenido de agregados finos desde la (N4 – N 200).

Tamices ASTM	Abertura (mm.)	Peso	(%)	(%)	(%)	ESPECIFICACION	
		Retenido	Retenido Acumul.	Retenido Parcial	Que Pasa		
2	50.000						
1 1/2"	37.500					MAC - 2	
1"	25.000						
3/4"	19.000				100.0	100	
1/2"	12.500	4397	16.4	16.4	83.6	80	100
3/8"	9.500	1930	23.6	7.2	76.4	70	88
1/4"	6.350	2869	34.3	10.7	65.7		
N° 4	4.750	1233	38.9	4.6	61.1	51	68
N° 6	3.360	162	53.0	14.1	47.0		
N° 8	2.360	31	55.7	2.7	44.3		
N° 10	2.000	28	58.1	2.4	41.9	38	52
N° 16	1.180	62	63.5	5.4	36.5		
N° 20	0.850	60	68.7	5.2	31.3		
N° 30	0.600	143	81.1	12.4	18.9		
N° 40	0.420	9	81.9	0.8	18.1	17	28
N° 50	0.300	20	83.6	1.7	16.4		
N° 80	0.177	37	86.8	3.2	13.2	8	17
N° 100	0.150	36	89.9	3.1	10.1		
N° 200	0.075	29	92.4	2.5	7.6	4	8
< N° 200		87	100.0	7.6			

Tabla 18, Granulometría Gradada MAC-2, Fuente: propia.

En la tabla podemos apreciar que los porcentajes que logran pasar están contenidos dentro de la tabla en los intervalos para mezclas asfálticas en caliente. En esta están contenidos las mallas de 1/2", 3/8", N°4, N°10, N°40 y N°200. Asimismo, podemos apreciar que nuestros valores están dentro del intervalo al (MAC-2).

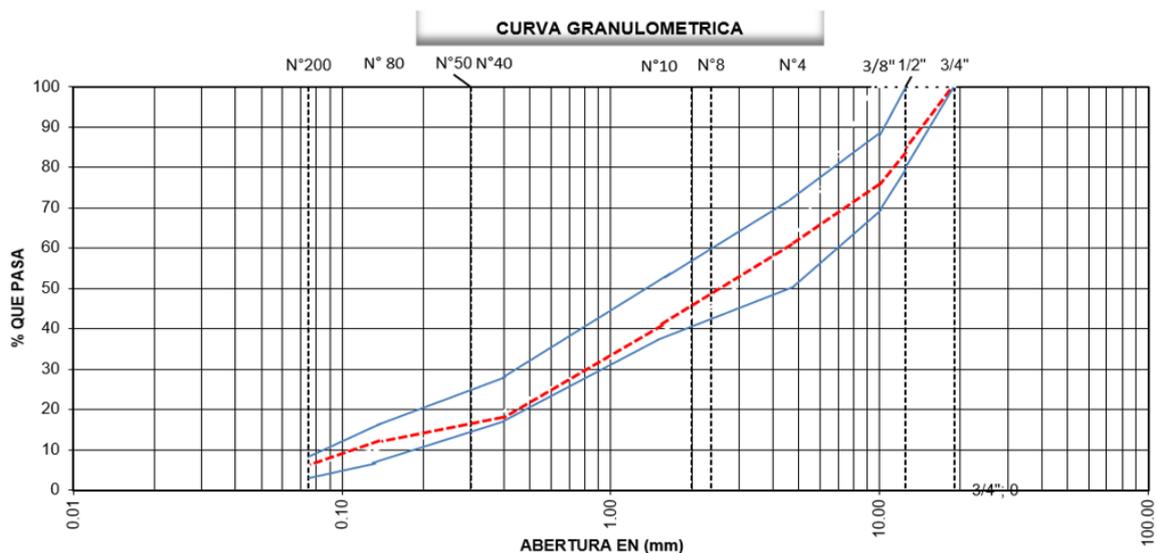


Tabla 19, Curva Granulométrica MAC-2, Fuente: Soil Control eirl.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

En el presente ensayo se encontraron las características de volumen y peso de los agregados pétreos. También se llegó a calcular la cantidad de absorción de agua ya que es imprescindible calcular la humedad de los huecos en los agregados.

AGREGADO GRUESO				
		M-1	M-2	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.0	500.0	
B	Peso Frasco + agua	679.3	682.2	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1179.3	1182.2	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	988.2	991.1	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	191.1	191.1	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	494.5	494.6	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	185.6	185.7	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.588	2.588	2.588
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.616	2.616	2.616
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.664	2.663	2.664
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.112	1.092	1.10

Tabla 20, Peso Específico Gruesos, Fuente: propia.

La tabla anterior demuestra que los resultados que obtuvimos del estudio de laboratorio están dentro de los lineamientos del manual de carreteras (MTC, 2013), lo que los hace apropiados para las especificaciones de agregados gruesos.

Los áridos finos también se sometieron a pruebas particulares de peso y absorción, observándose valores de 0,5 y 0,6 de absorción. Las dos fracciones de material se detallan en la tabla siguiente.

AGREGADO FINO				
		M-3	M-4	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.0	500.0	
B	Peso Frasco + agua	665.4	675.7	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1165.4	1175.7	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	991.5	993.5	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	173.9	182.2	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	497.5	496.9	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	171.4	179.1	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.861	2.727	2.794
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.875	2.744	2.810
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.903	2.774	2.838
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.503	0.624	0.56

Tabla 21, Peso Específico Finos, Fuente: propia.

ENSAYO DE DURABILIDAD.

Este ensayo se procede con un periodo de congelación y descongelación, lo cual induce al agregado a fracturarse debido al incremento del volumen de los líquidos al solidificarse generando tensiones internas en el agregado, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

AGREGADO GRUESO								
TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)
Pasa	Retiene					Peso (gr)	%	
2 1/2"	2"		3000±300					
2"	1 1/2"		2000±200					
1 1/2"	1"		1000±50					
1"	3/4"		500±30					
3/4"	1/2"	53.6	670±10	1003.2	950.1	53.1	5.3	2.84
1/2"	3/8"	11.2	1000±10	1008.5	905.9	102.6	10.2	1.13
3/8"	Nº 4	31.8	300±5	304.4	278.8	25.6	8.4	2.67
TOTALES		96.6		2316.1	2134.8			6.65

Tabla 22, Durabilidad de los Gruesos, Fuente: propia

Según la tabla, el 6,65% es un número ideal para el porcentaje de pérdida de árido grueso. En la tabla del manual de carreteras (MTC, 2013) figura un límite máximo del 18% para lugares situados por debajo de los 3000 metros sobre el nivel del mar. En este sentido, nuestra sustancia es ideal para producir mezclas asfálticas en caliente.

AGREGADO FINO								
TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso mín. requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)
Pasa	Retiene					Peso (gr)	%	
3/8"	N° 04	0.0	100			0.0	4.8	0.0
N° 04	N° 08	2.3	100	100	94.2	5.8	0.0	0.0
N° 08	N° 16	5.0	100	100	93.1	6.9	0.0	0.0
N° 16	N° 30	12.1	100	100	93.8	6.2	6.2	0.8
N° 30	N° 50	28.2	100	100	92.1	7.9	7.9	2.2
N° 50	N° 100	7.0	100	100	90.0	10.0	10.0	0.7
< N° 100		5.4						
TOTALES		59.9		500.0	463.2			3.68

Tabla 23, Durabilidad Agregados Finos, Fuente: propia.

En esta tabla se registró un porcentaje de 3.68 % de pérdida para agregado fino, lo cual está dentro del límite máximo establecido por el manual de carreteras (MTC, 2013). El porcentaje resultante nos indica que nuestro agregado es óptimo para mezclas asfáltica en caliente.

ENSAYO DE CONSTANTES FISICAS

En este ensayo se realizó la cuantificación de los agregados finos y el tipo de este material que presenta, para ello se realizó el análisis del límite líquido y plástico.

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
Nº DE GOLPES				
N.P				
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
N.P				

Tabla 24, Limite líquido y Plástico, Fuente: propia.

ENSAYO DE CHATAS ALARGADAS Y CARAS FRACTURADAS.

En este ensayo se espera obtener un mínimo de 25% de cara fracturada para agregado gruesos, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

CON UNA CARA FRACTURADA							
TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	1203.4	979.1	81.4	80.0	6506.9	
1/2"	3/8"	301.3	247.5	82.1	20.0	1644.8	
TOTAL		1504.7	1226.6		100.0	8151.8	81.5%
CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS							
TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	1203.4	557.1	46.3	80.0	3702.4	
1/2"	3/8"	301.3	155.3	51.5	20.0	1032.1	
TOTAL		1504.7	712.4		100.0	4734.5	47.3%

Tabla 25, Caras fracturadas, Fuente: propia.

Teniendo en cuenta que el manual de carretas (MTC, 2013) sugiere un máximo de 85/50% de caras rotas en localizaciones por debajo de 3000 m.s.n.m., la tabla anterior demuestra que nuestra muestra exhibe un porcentaje de 81,5/47,3%, que son valores ideales para mezclas bituminosas en caliente.

Cada partícula de cada tamaño se somete a la prueba de partículas planas y alargadas utilizando una calibración proporcional sobre una muestra representativa.

TAMIZ	Peso por mallas (A) (gr)	Peso chatas y alargadas (B) (gr)	Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%)	Gradación Original (D) (%)	Corrección (E)=(C)*(D) (%)	(E)/(D) (%)
2" - 1 1/2"						
1 1/2" - 1"						
1" - 3/4"						
3/4" - 1/2"	2002.5	63.5	3.2	53.6	170.2	
1/2" - 3/8"	1002.1	75.0	7.5	11.2	83.4	
Peso Total (gr.)	3004.7	138.5		64.8	253.6	3.9

Tabla 26, Caras chatas y Alargadas, Fuente: propia.

En esta tabla se evidencia que hay un 3.9% de caras chatas y alargadas siendo este un óptimo valor. Em manual del MTC,2013, considera el 10%.

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA

En este ensayo se obtuvo la proporción relativa de arcilla y polvo del material pétreo, a continuación, se muestran las tablas.

ENSAYOS					
MUESTRA		IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Hora de entrada a saturación		09:40	09:42	09:44	
Hora de salida de saturación (más 10')		09:50	09:52	09:54	
Hora de entrada a decantación		09:52	09:54	09:56	
Hora de salida de decantación (más 20')		10:12	10:14	10:16	
Altura máxima de material fino		4.6	4.5	4.7	
Altura máxima de la arena		2.5	2.7	2.6	
Equivalente de arena	%	55	60	56	
Equivalente de arena promedio	%	57.0			
Resultado equivalente de arena	%	57			

Tabla 27, Equivalente de arena, Fuente: propia.

ENSAYO DE ABRASIÓN,

Se utilizaron 11 esferas metálicas en la máquina de Los Ángeles para esta prueba, que se centró en la pérdida de material que se produce cuando se somete a fuerzas de impacto. Los resultados se muestran en la tabla adjunta.

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones
	A
1 1/2" - 1"	
1" - 3/4"	
3/4" - 1/2"	2504.0
1/2" - 3/8"	2503.0
3/8" - 1/4"	
1/4" - N° 4	
N° 4 - N° 8	
Peso Total	5007.0
(%) Retenido en la malla N° 12	4021.0
(%) Que pasa en la malla N° 12	986.0
N° de esferas	11
Peso de las esferas (gr)	4584 ± 25
% Desgaste	19.7%

Tabla 28, Ensayo de abrasión, Fuente: propia.

El material grueso en esta prueba mostró un desgaste del 19,7%, que es una cifra ideal. El manual de carreteras (MTC, 2013) recomienda un desgaste máximo del 40% para lugares por debajo de los 3000 metros sobre el nivel del mar.

ENSAYO PARA ASFALTO

Los ensayos de cementos asfálticos están asociadas por una variedad de grados de penetración y tipos.

Las características de penetración PEN 60/70 se eligió por ser un diseño en climas cálidos, el asfalto elegido fue manufacturada por PETRO PERU y comercializado por P Y G Asfaltos PERU, el cual nos proporcionó su ficha técnica la cual cumple las especificaciones técnicas del ASTM D5 Y AASTHO T49.

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO ASFALTO SÓLIDO		<i>Fecha efectiva:</i> Enero 2019		
TIPO DE PRODUCTO CEMENTO ASFÁLTICO		<i>Reemplaza edición de:</i> Enero 2014		
NOMBRE DE PRODUCTO ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN				
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO	
	MÍN.	MÁX.	ASTM	AASHTO
PENETRACIÓN, a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1mm	60	70	D-5	T-49
VOLATILIDAD				
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Reportar		D-70	T-228
Punto de inflamación, Cleveland, copa abierta, °C	232		D-92	T-48
DUCTILIDAD a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-51
SOLUBILIDAD, % masa	99.0		D-2042, D-7553	T-44
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA				
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas:			D-1754	T-179
Pérdida por calentamiento, % masa		0.8		
Penetración retenida, % del original	52+		D-5	T-49
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	50		D-113	T-51
Índice de susceptibilidad térmica	-1.0	+1.0		Francés RLB
FLUIDEZ				
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	Reportar		D-2170	T-201
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	200		D-2170	T-201
REQUERIMIENTO GENERAL:				
El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175°C.				
OBSERVACIONES:				
(a) En concordancia con a Norma Técnica Peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20.				

Tabla 29, Propiedades del C.M. PEN 60/70, Fuente: PETRO PERU.

ENSAYO MARSHALL PARA BRIQUETAS.

Los ensayos Marshall se realizaron para obtener el contenido ideal de ligante asfáltico en las briquetas confeccionadas y que estas a su vez cumplan con las especificaciones técnicas mínimas contempladas en la normativa.

Mezcla convencional.

En primer ensayo se elaboró mezcla convencional sin virutas metálicas y esto nos servirá como patrón para realizar las comparaciones en las propiedades con mezclas asfálticas con adición de virutas metálicas.

Las proporciones se calcularon en base al peso total de las briquetas que es 1200g aproximadamente, se confeccionaron 18 moldes de con las proporciones mencionadas en el cuadro N°30, la mezcla se realizó a una temperatura de C° 146, los moldes se compactaron 75 golpes para cada cara y se rotulo para identificar los contenidos de cemento asfáltico contenidos en cada molde para luego ser llevados a un baño de 60 °C y proceder a realizar los ensayos.

TIPO DE AGREGADOS	CANTIDAD DE %	MASA (gr)
AGREGADO 1/2"	19.50	220
AGREGADO 3/8"	19.50	220
GRAVILLA	11.52	130
POLVO DE ROCA	49.47	558

Tabla 30, Proporción De Agregados, Fuente: propia.

A continuación, se mostrará el procedimiento de la realización de los ensayos en las figuras.



Figura 38, Procedimiento de preparación de mezcla asfáltica, Fuente: propia.

En seguida se acondicionaron los moldes agrupándolos con distintos contenidos de asfalto para ser ensayadas



Figura 39, Briquetas recién desmoldadas, Fuente: propia.



Figura 40, Ensayo de estabilidad Marshall, Fuente: propia.

Los ensayos muestran los siguientes resultados para la mezcla bituminosa en el siguiente gráfico.

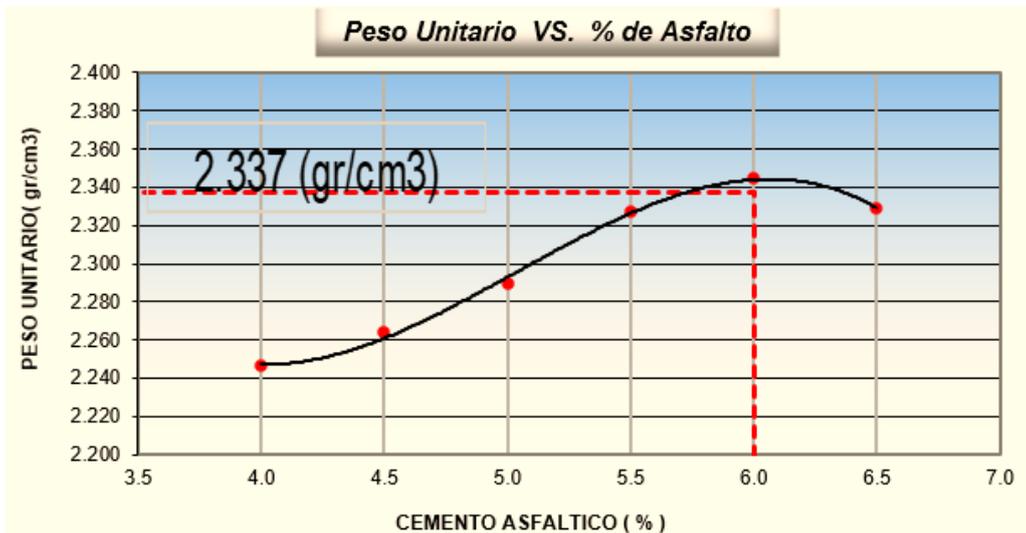


Figura 41, Grafica de peso unitario vs C.A, Fuente: SOIL CONTROL EIRL.

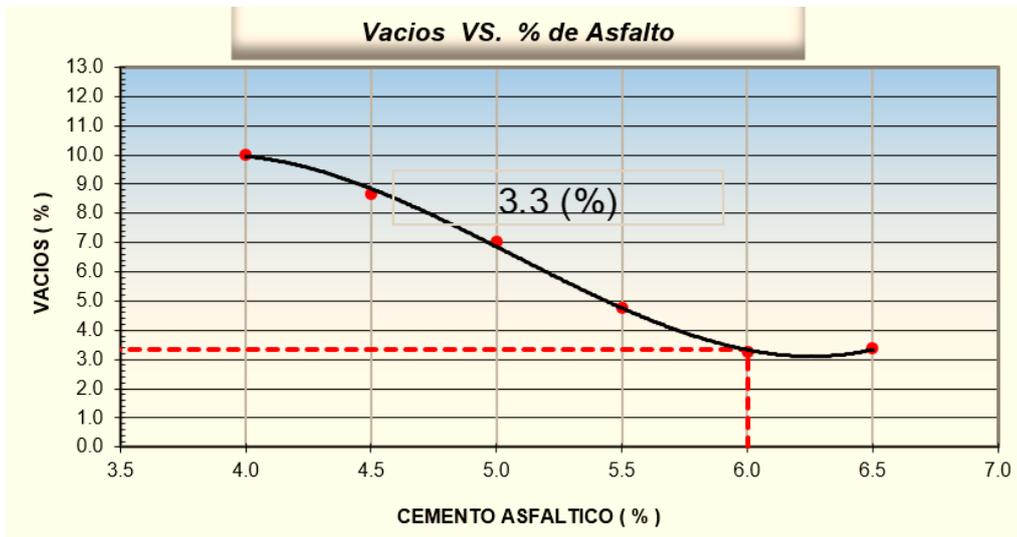


Figura 42, Grafica % de vacíos vs C.A, Fuente: SOIL CONTROL EIRL

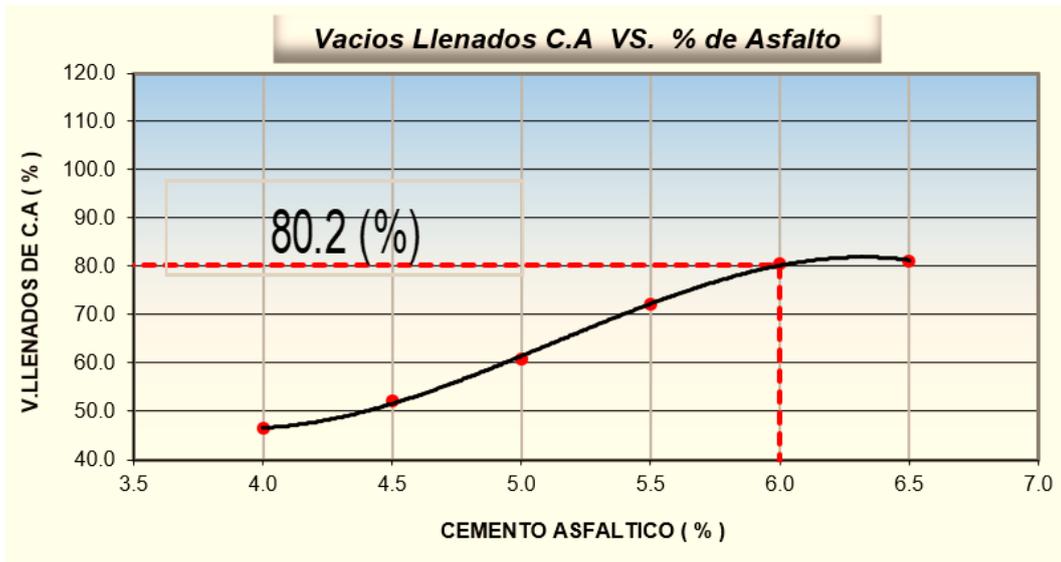


Figura 43, Grafica de Vacíos Llenos de C.A vs C.A, Fuente: SOIL CONTROL EIRL

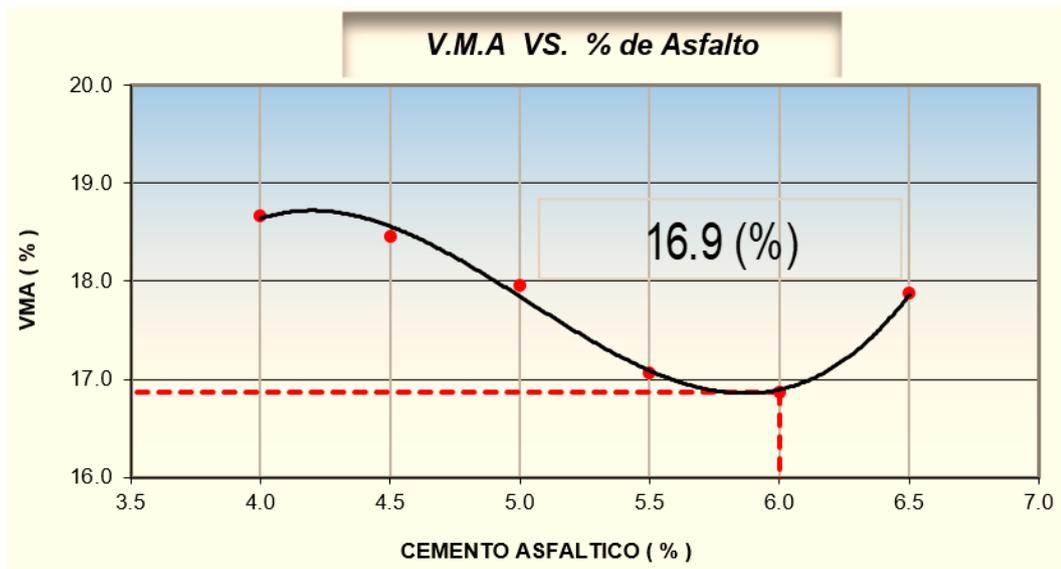


Figura 44, Grafica de VMA vs C.A, Fuente: SOIL CONTROL EIRL

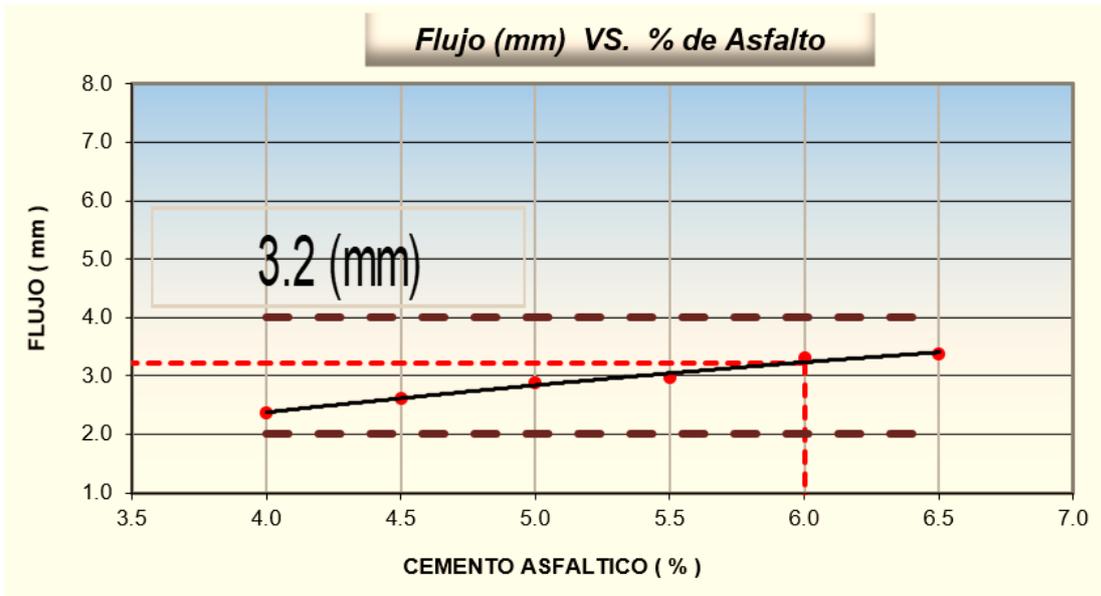


Figura 45, Grafica de fluencia vs C.A, Fuente: SOIL CONTROL EIRL

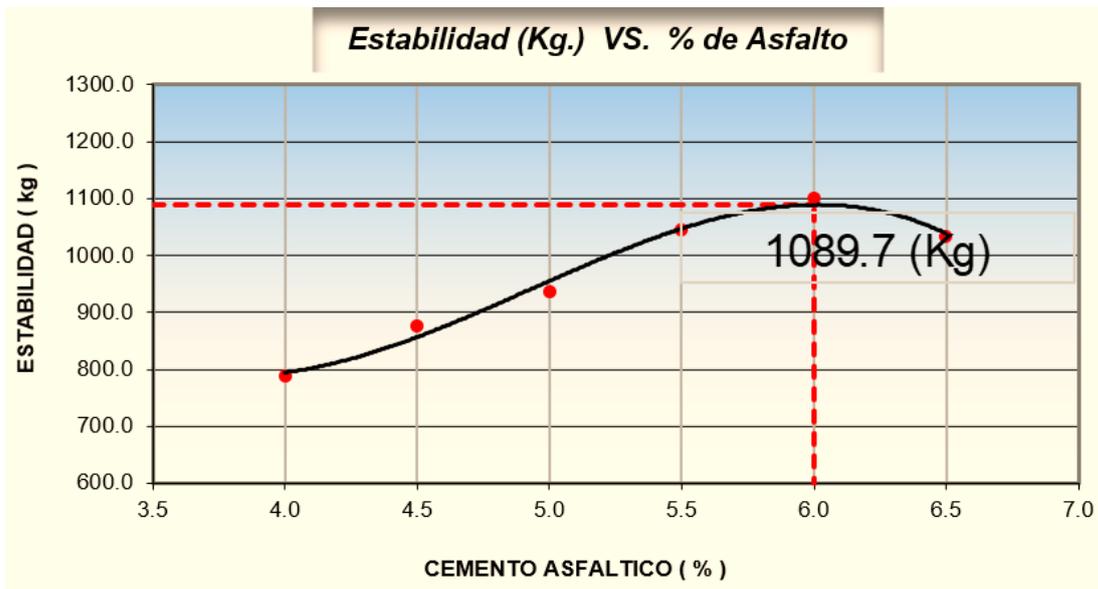


Figura 46, Grafica de estabilidad vs C.A, Fuente: SOIL CONTROL EIRL

Por último, pero no por ello menos importante, las pruebas revelaron que la cantidad ideal de cemento asfáltico en las briquetas producidas utilizando un diseño tradicional nos ofrece una estabilidad de 1089,7 kg y un flujo de 3,2 mm como rendimiento máximo de la mezcla. A continuación, hay que determinar la estabilidad máxima, la densidad máxima y el porcentaje más bajo de huecos permitidos en la mezcla para determinar la proporción óptima de asfalto; los demás resultados se muestran en la tabla adjunta.

PROPIEDADES	M-1	M-2	M-3	M-4
Nro de golpes por cara	75	75	75	75
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, %	5	5.5	6	6.5
Peso Específico bulk, g/cm ³	2.289	2.321	2.337	2.321
Vacíos, %	6.9%	4.8%	3.3%	3.3%
Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	61.4%	72.3%	80.2%	81.3%
V.M.A., %	17.8%	17.1%	16.9%	17.8%
Estabilidad, Kg	995.7	1047.6	1089.7	1038.9
Flujo, (mm)	2.8	3.0	3.2	3.4
Temperatura de la Mezcla, °C	140-150			

Tabla 31, Cuadro comparativo de las mezclas, Fuente: propia.

ENSAYO DE MARSHAL CON VIRUTAS METÁLICAS.

En este ensayo se confeccionará las briquetas con el contenido óptimo de cemento asfáltico encontrado en el ensayo anterior y la adición de virutas de acero en proporción de 0%, 2%, 4% y 6% en relación con el peso del cemento asfáltico, la granulometría contenida será la que se muestra en la tabla N° 30, se buscará encontrar la proporción que brinde mayor desempeño.



Figura 47, Virutas de acero, Fuente: Propia.

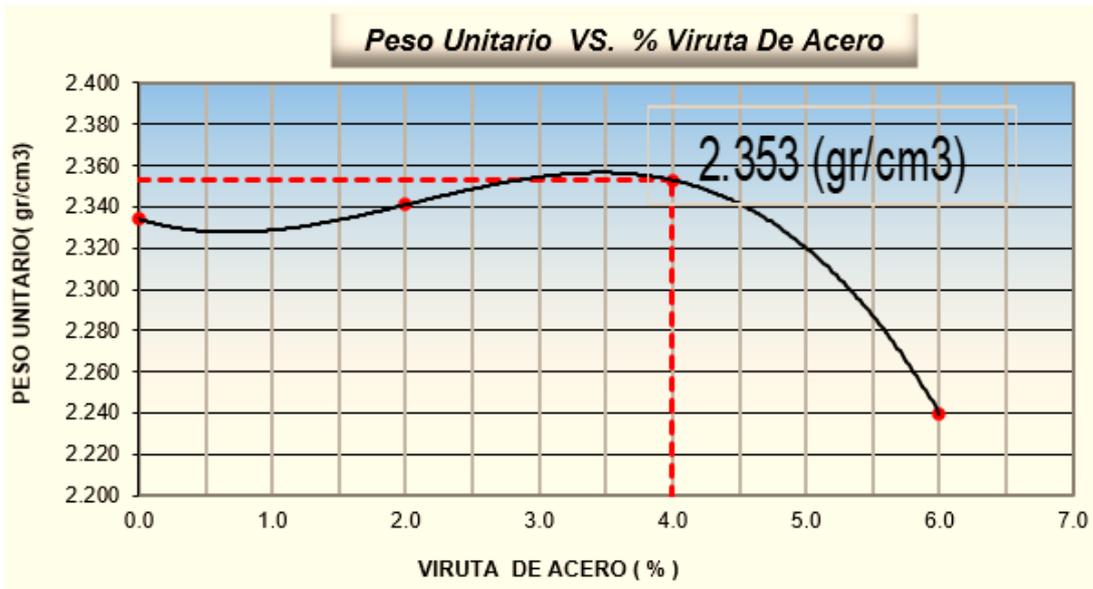


Figura 48, Grafica de peso unitario vs Virutas de acero, Fuente: SOIL CONTROL EIRL.

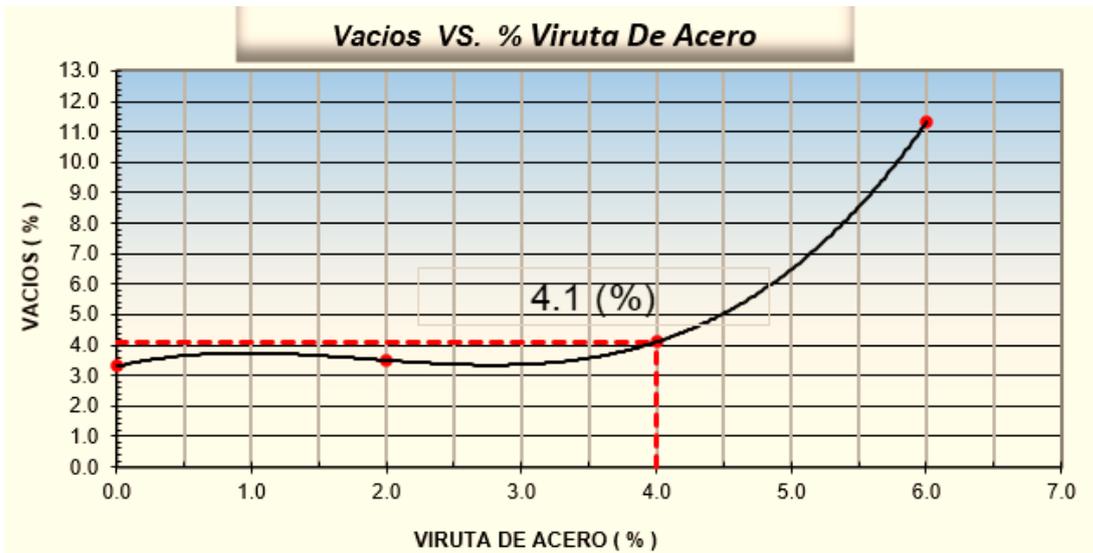


Figura 49, Grafica de % de vacíos vs Virutas de acero, Fuente: SOIL CONTROL EIRL.

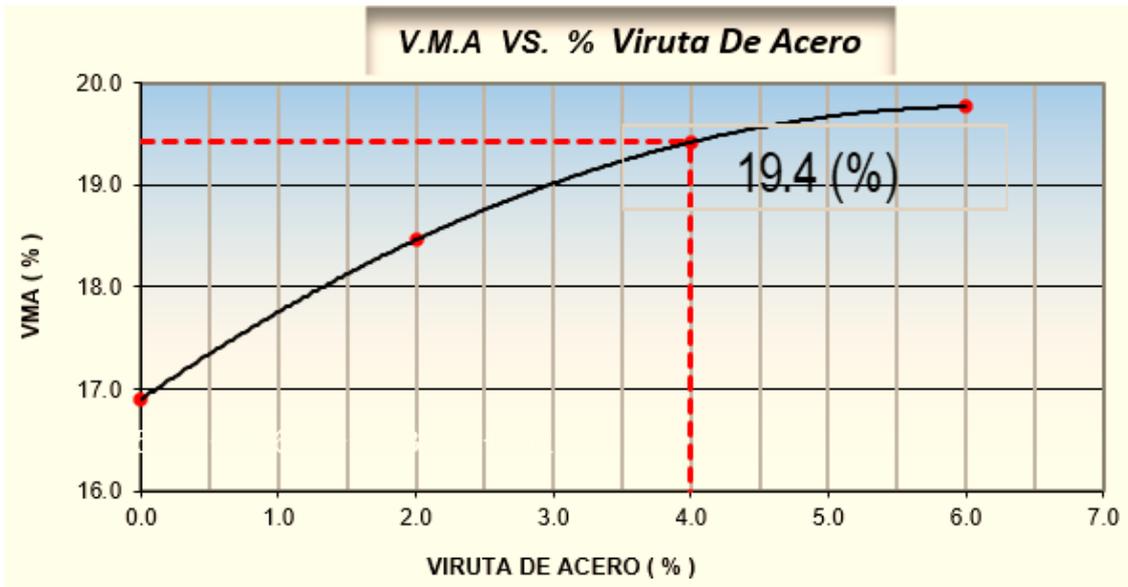


Figura 50, Grafica de VMA vs Virutas de acero, Fuente: SOIL CONTROL EIRL.

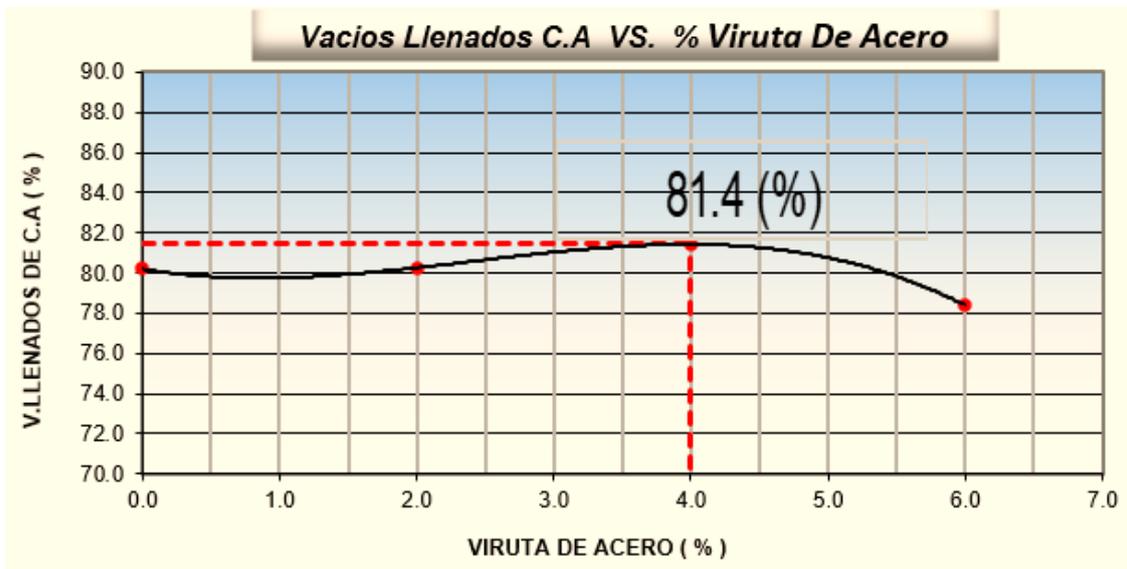


Figura 51, Grafica v. llenados de c.a. vs Virutas de acero, Fuente: SOIL CONTROL EIRL.

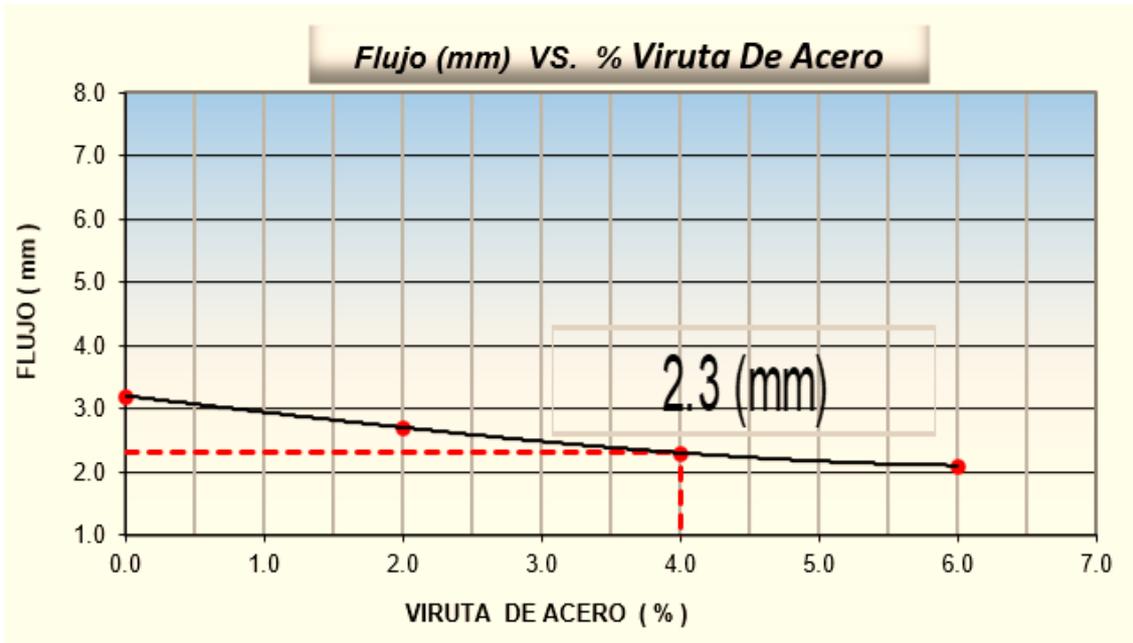


Figura 52, Grafica de flujo vs Virutas de acero, Fuente: SOIL CONTROL EIRL.

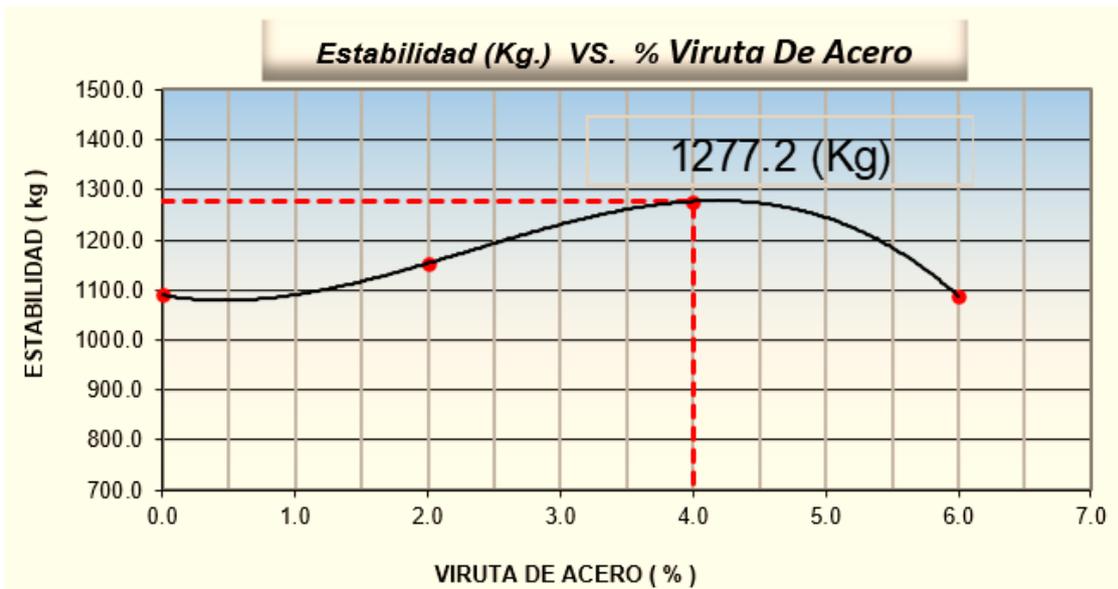


Figura 53, Grafica de Estabilidad vs Virutas de acero, Fuente: SOIL CONTROL EIRL.

Objetivo 4

ENSAYO DE AUTOCURACIÓN.

Se seleccionaron las briquetas para el ensayo a flexión se obtuvieron 12 muestras semi cilíndricas que inicialmente provenían de las probetas Marshall que fueron cortadas en 4 partes primero a lo largo del diámetro y luego a la mitad de la altura, para tener muestras de menor tamaño, el tamaño de las probetas eran 50cm de radio y 30 cm de largo, a continuación, a cada cuarto se le realizó una abertura de aproximadamente 10 mm para inducir el corte al centro.



Figura 54, Probetas Marshall cortadas, Fuente: Propia.

A las probetas semicirculares se le realizó una incisión en el centro del diámetro para inducir el fallo en ese lugar.



Figura 55, Abertura de 10mm, Fuente: Propia.

El valor de la autocuración se medirá como la razón de la resistencia inicial a la flexión, por N ciclos de fractura y autocuración inducida.

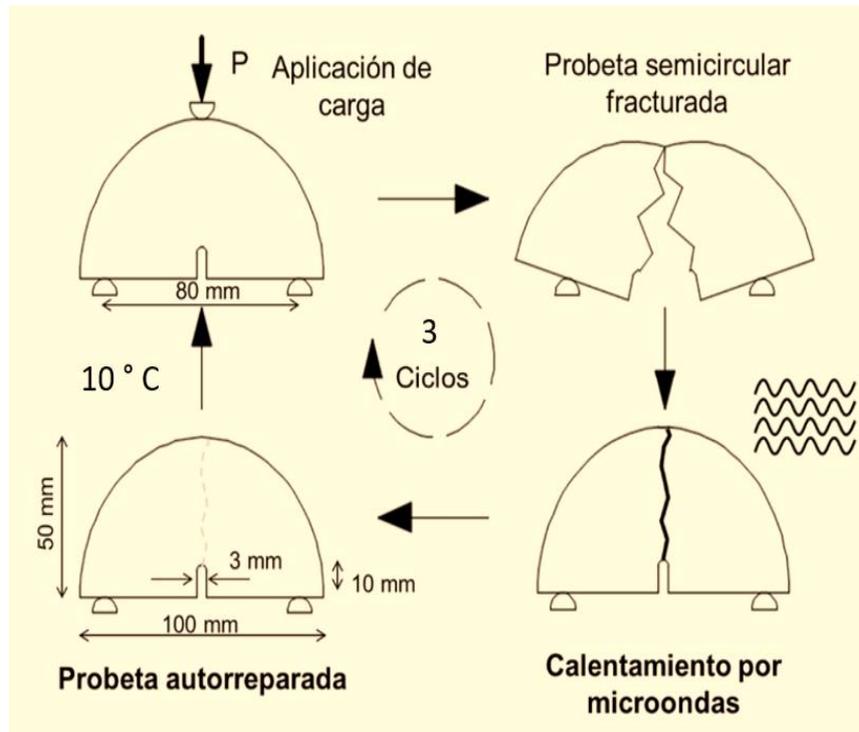


Figura 56, Ciclos de autocuración, Fuente: Propia.



Figura 57, Ensayo de flexión triaxial, Fuente: Propia.

En conclusión la capacidad de autocuración será la resistencia relativa entre la resistencia obtenida después de N ciclos de reparación, y la resistencia al inicio de ensayo de la probeta semi circular, para obtener este efecto de autocuración se calentara las muestras a 45 segundos con una temperatura de 50 c° y se dejaran enfriar por 12 horas en un ambiente seco y ventilado, para el ensayo se aplicara una carga vertical en el centro de la muestra semi circular hasta la falla con velocidad de carga de 0.5mm/min.

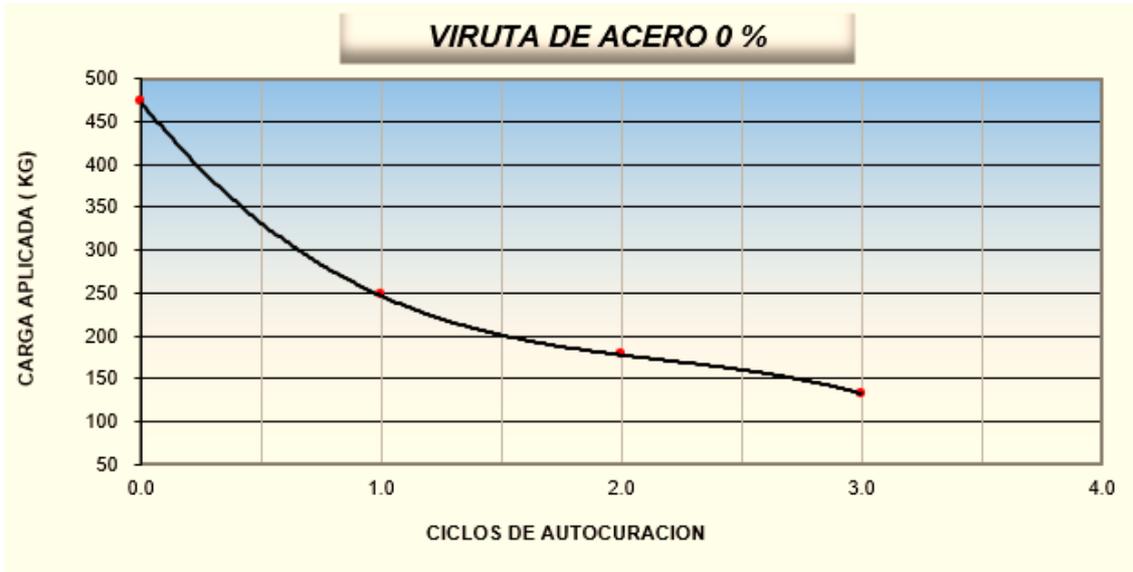


Figura 58, Grafica de Carga vs Ciclos de curación 0%, Fuente: SOIL CONTROL EIRL.



Figura 59, Grafica de Carga vs Ciclos de curación 2%, Fuente: SOIL CONTROL EIRL.



Figura 60, Grafica de Carga vs Ciclos de curación 4%, Fuente: SOIL CONTROL EIRL.



Figura 61, Grafica de Carga vs Ciclos de curación 6%, Fuente: SOIL CONTROL EIRL.

Se aprecia que en promedio la auto reparación decae aproximadamente un 51.7% de la resistencia inicial en el primer ciclo y a un 39.6% en el segundo ciclo de curación hasta llegar a 30.05% en el último ciclo, se observa también que porcentaje óptimo de autocuración en referencia a la muestra patrón está en 4% de virutas metálicas y decae pronunciadamente cuando llega a 6%, esto debido probablemente a la mayor cantidad de vacíos al incrementar la viruta de acero.

ENSAYO DE FLEXOCOMPRESION TRIAXIAL	Porcentaje de Virutas de Acero			
	0.00%	2.00%	4.00%	6.00%
primera rotura	473 kg	475 kg	489 kg	438 kg
Segunda rotura	246 kg	251 kg	253 kg	213 kg
Tercera rotura	177 kg	185 kg	187 kg	148 kg
Cuarta rotura	132 kg	143 kg	148 kg	97 kg

Tabla 32, Cuadro de carga soportada, Fuente: propia.

PORCENTAJE DE RECUPERACION MECANICA A FLEXIÓN				
ENSAYO DE FLEXOCOMPRESION TRIAXIAL	Porcentaje de Virutas de Acero			
	0.00%	2.00%	4.00%	6.00%
PRIMER CICLO	52.01%	52.84%	51.74%	48.63%
SEGUNDO CICLO	71.95%	73.71%	73.91%	69.48%
TERCER CICLO	74.58%	77.30%	79.14%	65.54%
PROMEDIO	66.18%	67.95%	68.26%	61.22%

Tabla 33, Cuadro de nivel de curación, Fuente: propia.

En la siguiente figura se evaluó el promedio del porcentaje de curación global por dosificaciones y se pudo apreciar que el nivel de autocuración se incrementa en función del incremento de viruta de acero, pero sin embargo al llegar a un 6% se ve disminuida representativamente.



Figura 62, Grafica de Nivel de Curación % vs % de viruta de acero, Fuente: Propia.

V. DISCUSIÓN.

Discusión 1: Influye el tránsito vehicular para la aplicación en cargas de pavimentos, se caracteriza por las solicitaciones producidas por el tránsito sobre una infraestructura de carretera, debido a la viabilidad de distintos vehículos.

El aumento de cargas por cada eje en la actualidad es relevante porque tiene una participación directa en la vida útil del pavimento flexible.

En el caso de la Av. Universitaria, tenemos un pavimento flexible deteriorado por la falta de mantenimiento y el pesado tránsito vehicular que recorre dicha intersección dañando y deformando la carpeta asfáltica que dejan de cumplir las funciones y al colapso estructural de dicho pavimento.

Según Espinoza y Vildoso (2014) con el título de su tesis Estudio de la técnica del reciclado con asfalto espumado en las carreteras la Oroya.

Mediante pruebas, confirma que la resistencia estructural superó los límites indicados en los expedientes de cada una de las carreteras mencionadas. Sin embargo, su tesis y esta investigación no están relacionadas porque se emplearon métodos diferentes, aunque ambas coinciden en que un pavimento deteriorado debe reciclarse para su mantenimiento correctivo.

Discusión 2: Mediante un análisis del flujo de tráfico, se estableció ejecutar ESAL para calcular el espesor. El trabajo realizado estableció la base esperada del pavimento flexible para una vida útil de 10, 15 y 20 años. Según el proceso de abrasión utilizando el método AASHTO 93, la capa asfáltica podría tener un espesor de 11,0 cm para un período de 10 años, 14,0 cm para un período de 15 años, y 15,0 cm para una vida útil del pavimento flexible de 20 años.

Azaña (2018) en su tesis "Análisis comparativo del pavimento rígido y flexible en la urbanización vial El Pinar - Centro Poblado de Mariam, Independencia, Huaraz - 2018", para lo cual su resultado de diseño de pavimento en la zona de estudio se toma en cuenta la capacidad resistente del suelo para un diseño proyectado para 15 años de vida útil, y tomando como referencia la normatividad del MTC y la metodología AASHTO 93, su espesor calculado es de 6 cm.

Se evidencio que los resultados arrojados en las dos investigaciones son parecidos ya que se determinó el espesor de la carpeta asfáltica para uno de los periodos a realizar, pero teniendo de referencia a la carpeta asfáltica existente la cual es de 8.20 cm. estos espesores con respecto al pavimento flexible no llegan a coincidir debido a que el lugar de estudio es diferente.

Carbajal (2017) en su tesis “Evaluación de la estructura del pavimento flexible de la carretera Chimbote - cambio puente, tramo calle Angamos hasta el km 9+000 - propuesta de solución-2018” En consecuencia, mejoró la ruta de investigación, que identificó una nueva estructura con una base de 8 pulgadas, reclamando un costo de S/ 3, 63,912.33.

En semejanza con el autor de Carbajal, podemos apreciar que el resultado obtenido por ambas investigaciones, se llegan a relacionar con respecto a la base de la estructura debido a que el periodo del pavimento en este actual trabajo resulta de 25 cm. y para Carbajal resulta de 20 cm. ambos para un promedio de 15 años, logrando así un resultado parecido. Por lo cual se declara que el objetivo fue adecuado.

Discusión 3: Se dosifico los porcentajes de viruta de acero, cemento asfaltico, polímeros y agregados para encontrar una mezcla optima que brinde un máximo desempeño.

Se procedió a la confección de las briquetas en proporción de 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5 % de cemento asfaltico para encontrar la estabilidad máxima y densidad máxima con los parámetros mínimo de vacíos que indica la norma se encontró un óptimo diseño con 6.0 % de cemento asfaltico que otorga una estabilidad de 1089.7 kg con un porcentaje de vacíos de 3.3%.

Discusión 4: Se determina la cuantificación de las propiedades físico-mecánicas de auto reparación del pavimento con virutas de acero, en la Avenida universitaria San Martin de porres.

Se aprecia que la resistencia a la flexión decae aproximadamente a 51.7% de la resistencia inicial en el primer ciclo con la muestra convencional y a 55.03% con la muestra modificada con 4% de viruta de acero, se observa también que porcentaje óptimo de autocuración en referencia a la muestra patrón está en 4% de virutas metálicas y decae pronunciadamente cuando llega a 6%, esto debido probablemente a la mayor cantidad de vacíos al incrementar la viruta de acero.

Du et al. (2021). En su investigación uso de virutas de acero para incrementar el autor reparación por inducción de calor con mezcla asfáltica y analizar el rendimiento. Realizado experimentalmente con 15 probetas de asfalto. Con una altura de 15 cm y diámetro de 10 cm y 5 inclusiones de (0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%) la prueba se efectuó a 60° C, introducidas en un horno, por periodos de tiempo que van desde 60 segundos y 120 segundos, se evidencio las propiedades de autocuración de las mezclas, y se determinó que los resultados más deseables se consiguieron con las dosificaciones de 1.5% y 2% la regeneración que se obtuvieron fue de un 50 % de su resistencia a la flexión inicial.

VI. CONCLUSIONES.

6.1. Al realizar la identificación de la Avenida Universitaria podemos concluir que es una estructura que consta de 2 vías bidireccionales con un ancho de vía de 10 metros en promedio para cada vía, con tres carriles en cada una de ellas, se encontró baches que se encuentran en el rango 2 de severidad puesto que sus diámetros varían entre 0.2 m a 0.5 metros, también se encontró ahuellamiento de la carpeta asfáltica que hace perder continuidad en esta área de la pista originándose por mala compactación y por un exceso de tránsito vehicular pesado.

6.2. Al obtener los datos del conteo vehicular se calculó el Esal₀ que resultó 4950.9 y con esto pudimos calcular los (Ejes Equivalentes Acumulados) para periodos de diseño de 10,15,20 años, para un diseño de 10 años nos da un tráfico tipo Tp₉ que requiere una carpeta asfáltica de espesor 11 cm, para un diseño de 15 años nos da un tráfico tipo Tp₁₁ que requiere una carpeta asfáltica de espesor 14 cm, para un diseño de 20 años nos da un tráfico tipo Tp₁₃ que requiere una carpeta asfáltica de espesor 15 cm, estos valores tomados según la tabla N°15, manual de carreteras EG, 2013.

6.3. Al realizar la granulometría se determinó el porcentaje óptimo de agregados pétreos que fue: piedra ½" 19.5 %, piedra 3/8", gravilla 19.5%,11.52%, polvo de roca 49.47 %, para sumar un total de 1128 gr., y se confecciono las briquetas Marshall con dosificaciones de 4%, 4.5%, 5%, 5.5 %, 6%, 6.5% para determinar el contenido optimo que nos brinde las mejores propiedades de la mezcla asfáltica, y se concluyó según los resultados que el óptimo de asfalto resulta 6%, y que nos brinda una estabilidad de 1089 kg con un porcentaje de vacío de 3.3 % con una densidad de 2.337 (gr/cm³) estos datos están dentro de los parámetros para un diseño óptimo de mezcla para el uso MAC-2, enseguida se continuo con la adición de virutas de acero al asfalto optimo encontrado con variación de 0%, 2%, 4%, 6%, las gráficas nos muestran un porcentaje optimo del 4% que nos entrega la máxima resistencia a la estabilidad de 1277.7 kg y con un peso unitario de 2.353 (gr/cm³), y un porcentaje de vacío 4.1 % estos datos son mejores con respecto al óptimo de la mezcla convencional en cuanto a la estabilidad, con lo cual se concluye la

estabilidad se vio mejorada, pero sin embargo el porcentaje de vacíos se incrementó al llegar al 6% de viruta de acero y a su vez también pierde estabilidad y genera mayor porcentaje de vacíos esto sucede probablemente debido a cuanto mayor sea la cantidad de virutas metálicas estos tienden a agruparse y esto dificulta a que el ligante asfáltico cubra todas las partículas para una mejor adherencia .

6.4. Se realizó las pruebas de resistencia a la flexión hasta conseguir el agrietamiento para determinar la carga máxima soportada de la probeta semicircular y así de esa manera indirecta poder calcular el nivel de autorreparación que consiguió la muestra con las virutas de acero añadida a la mezcla asfáltica después de tres ciclos de autorreparación, los resultados indican que la mejor resistencia se obtiene en 4% de virutas de acero que nos otorga una resistencia superior en 3.33 % en referencia a la mezcla convencional para la primera rotura y para el primer ciclo de 2.53% y para el segundo ciclo 5.07% y para el tercer ciclo de 0.76 % con lo cual se concluye que a mayor ciclos disminuye la resistencia esto debido al envejecimiento del ligante, por otro lado la dosificación de 6 % de virutas metálicas significa una pérdida significativa de la resistencia a la flexión en 8.05 % en relación a la mezcla convencional esto debido al mayor porcentaje de vacíos al incrementar las virutas metálicas.

VII. RECOMENDACIONES.

7.1. Se recomienda una prueba de diamantina para asfalto de esta manera efectuar una evaluación más profunda para futuras investigaciones de la carpeta asfáltica de la avenida universitaria, con esto determinar la granulometría usada y sus propiedades físicas y mecánicas.

7.2. Un estudio de suelos se recomienda para futuras investigaciones para determinar la capacidad portante del suelo y poder realizar un diseño del pavimento con todas sus capas que la componen.

7.3. Se recomienda realizar el diseño de mezcla por el método superpave y Marshall para realizar un cuadro comparativo y determinar tendencias y encontrar cual nos entrega un mayor comportamiento estructural, y para los agregados pétreos un estudio reológico para determinar sus componentes minerales metálicos y cuantificarlos en los porcentajes de virutas metálicas.

7.4. Para futuras investigaciones en cuanto a la autorreparación se recomienda evaluar por 8 ciclos de curación para conocer el comportamiento del asfalto a constantes periodos de calentamiento con el aditivo agregado, también esta investigación llevarlo a campo para evaluar la sanación de las grietas en etapas tempranas de formación se observó que incrementar mayor a 6% de virutas de acero en relación al cemento asfáltico genera una disminución en sus propiedades autocurativas por lo tanto las demás investigaciones realizar una dosificación por debajo de ese valor.

REFERENCIAS

1. Minaya Gonzales, S., & Ordoñez Huamán, A. (2006). Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Lima: Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería Civil UNI- ICG Instituto de Construcción y Gerencia.
2. Gonzáles, Palma, Contreras y Schlangen. (2018). Innovación Tecnológica en Infraestructura Vial. Chile. 13° Congreso Internacional PROVIAL.
3. Minaya Gonzales, S., & Ordoñez Huamán, A. (2001). Manual de Laboratorio Ensayos para Pavimentos. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería.
4. Rondón, H. & Reyes, F. (2015). Pavimentos-Materiales, construcción y diseño. Colombia: MACRO.
5. Instituto Chileno del Asfalto (s.f.). Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente. Asphalt Institute Serie de Manuales N°22 (MS2-22).
6. Barreda Vílchez, C. G. (2011). Utilización de mezclas asfálticas tibias y su incursión en el Perú. Lima: Universidad Ricardo Palma.
7. Quantao, Cheng, Bin y Hechuan. (2018). Características de calentamiento y eficiencia de curación inducida de la mezcla asfáltica mediante calentamiento por inducción y microondas. China: Materials (1996-1944) Vol. 11
8. Feng & Changbin (2017). Propiedades físicas y reológicas de los asfaltos modificados compuestos de caucho. China: Polymer Composites Vol. 38

9. Rico A., Castillo H. (1999) La ingeniería de suelos en las vías terrestres, vol 2. Mexico D.F.
10. MTC. (2013). Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
11. Tabakovic & Schlangen. (2016). Tecnología auto curativa para pavimentos asfálticos. Suiza: Advances in Polymer Science.
12. RNE. (2010). Norma CE. 010 pavimentos Urbanos. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción-SENCICO.
13. Colquhoun, Howard M. (2012). Polímeros auto reparadores: Materiales que se curan así mismos. Revista Química Naturaleza.
14. Vila, Espino, Castro y Pérez. (2018). Capacidad de auto curación de las mezclas asfálticas, incluidos los subproductos, como agregados e inductores de calentamiento. Nature Chemistre. Vol. 4 Pag.435-436.55
15. Oner Julide & Sengoz Burak. (2015). Utilización de concreto de asfalto reciclado con asfalto de mezcla caliente y análisis de costo-beneficio. PLoS ONE Vol.10
16. Kim, Lee, Amirkhanian y Dong (2013). Cuantificación del envejecimiento oxidativo de mezclas de asfalto modificadas con polímeros fabricadas con tecnologías Warm Mix. Journal of Materials in Civil Engineering. Vol. 25
17. Menapace y Masad (2016). Evolución de la microestructura de ligantes asfálticos modificados con polímeros con envejecimiento en un probador de intemperismo acelerado. Journal of Microscopy. Vol. 263.

18. RPP Noticias (4 de setiembre del 2012). Sepa qué enfermedades puede causar el caos vehicular. Vital. Recuperado de: <http://vital.rpp.pe/salud/sepa-que-enfermedadespuede-causar-el-caos-vehicular-noticia-518652>
19. UTM Upgrade Universal Testing Machine, Hardware Reference, september 1994
AJ Feele, Industrial Process Controls Limited.
20. Comunidad Andina (2016). Parque vehicular en la Comunidad Andina, 2006-2015. Recuperado del sitio de internet de la Comunidad Andina: <http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/DEstadisticos/SGDE755.pdf>
20. Crespo Tirado, Juan. (1994). Análisis del índice de conservación del pavimento.
21. Fajardo, C. (2013) Caos perjudica el rendimiento. Recuperado de: <https://peru21.pe/economia/trafico-afecta-empleados-121007>.
22. DUARTE (2018) *Análisis De La Gestión De Tránsito Para La Mitigación Del Congestionamiento En La Avenida Circunvalación El Golf En El Tramo Comprendido Por Las Avenidas Javier Prado Este Y La Fontana*. Recuperado el 2018, de <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f078a59f-417f-43ab-817c-92714fb7978d/content>
23. MTC (2013) *Manual de Carreteras*. Recuperado el 2013, de https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual_Suelos_Pavimentos.pdf
24. RODRIGUEZ, THEONUX (2021). Revisión Bibliográfica Y Análisis Previo Del Impacto En Los Pavimentos Que Tendría Una Actualización De Pesos Por Eje Y Bruto De Vehículos Pesados Permitidos En La Red Vial Nacional. Recuperado de 25 de Octubre de 2021, de <https://sochitran.cl/wp-content/uploads/2021/10/2021-42b-Revision-bibliografica-y-analisis-previo-del-impacto-en-los-pavimentos-que-tendria-una-actualizacion-de-pesos-por...-Rodriguez-Thenoux-Araya-Valdes.pdf>
25. FIGUEROA Tatiana y PALACIO Ricardo. Patologías, causas y soluciones del concreto arquitectónico en Medellín [en línea]. 2008, n.o 10. [Fecha de consulta: 03

de mayo de 2021]. Disponible en
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149212844009> ISSN: 1794-1237

26. DIAZ, Jorge. Investigación en nanociencia y nanotecnología. Tesis (Doctorado en ingeniería). Bogotá: Pontificia universidad Javeriana, 2017.
27. JONKERS, H . Prototipo de bioconcreto, el concreto que se repara así mismo. CNN Y C&T [en línea]. 2015, n.o 3. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2021]. Disponible en:
<http://www.asocem.org.pe/noticiasinternacionales/profesor-holandes-creaunconcreto-vivo-que-se-repara-a-si-mismo>
28. WEHBE, O . Tecnologías y materiales de construcción para el desarrollo. INGENIERÍA SIN FRONTERAS [en línea]. 2016, n.o 1. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2021]. Disponible en:
<https://eird.org/pr14/cd/documentos/espanol/publicacionesrelevantes/recuperacion/6-infraestructura.pdf>
29. GRANT, H. Guía de especificación para tratamiento de fisuras y agrietamientos. STRUCTURALIA [en línea]. 1993, n.o 2. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2021]. Disponible en:
<https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/272>
30. SYDNEY, J. (1965). El deterioro, el mantenimiento y la reparación de estructuras. MCGRAW-HILL BOOK COMPANY [en línea]. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2021].
31. PALELLA, S. MARTINS, F (2008). Metodología de la investigación Cuantitativa. 2da edición. Caracas: FEDUPEL.
32. Jesús Roberto Millán-Almaraz, Noé Abimael Campoy-Bencomo, José Ramón Gaxiola-Camacho, Eduardo Rojas-González, Divya De la Rosa-Hernández, Omar Chávez-Alegría. (2021). Análisis esfuerzo-deformación de concreto reforzado con fibras metálicas y polímeros. Ingeniería. Investigación y

Tecnología.

Disponible

en:

<https://www.redalyc.org/article/404/40471795007/html/>.

33. Wang, H., Peng, Z., Wu, J., (...), Zhao, F., Wan, P. (2021). A comparative study on the release behavior of self-healing capsules under different asphalt mixing and transport conditions. *Construction and Building Materials*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822023315?via%3Dihub>.
34. Khavandi Khiavi, A., Asadi, M.(2022). Effect of specific heat capacity of aggregates and nano-graphite on self-healing of hot mix asphalt under microwave radiation. *Construction and Building Materials*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822007735?via%3Dihub>.
35. Phan, TM , Park, D.-W. , Le, THM.(2018). Rendimiento de curación de grietas de mezcla asfáltica en caliente que contiene escoria de acero por calentamiento con microondas. *Construction and Building Materials*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818313515?via%3Dihub>.
36. Rojas-Pardo, A., Muñoz-Cáceres, O., Raposeiras, A.C., Movilla-Quesada, D., Castro-Fresno, D.(2022). UV curing study of semi-dense asphalt mixes with different sizes of copper slag – A sustainable rehabilitation and production strategy. *Construction and Building Materials*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061822022784?via%3Dihub>
37. Yalcin, E.(2021). Effects of microwave and induction heating on the mechanical and self-healing characteristics of the asphalt mixtures containing waste metal. *Construction and Building Materials*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006182100725X?via%3Dihub>.
38. Behnia, B., Reis, H.(2019). Self-healing of thermal cracks in asphalt pavements. *Construction and Building Materials*. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819312644?via%3Dihub>.

39. Garcez, M.R., Takimi, A.S., Brykalski, M.(2018). Production of self-healing asphalt with steel short fibres and microwave heating: Pilot study | [Produção de asfalto auto cicatrizante com fibras curtas de aço e aquecimento por micro-ondas: Estudo piloto]. Acta Scientiarum - Technology. Disponible en: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/35310>.

40. RONDON, Hugo y REYES, Fredy. Pavimentos materiales, construcción y diseño. 1.a ed Colombia: Eco ediciones, 2015. 612 pp. [fecha de consulta 18 de abril]. ISBN: 978-958-771-175-2

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

TÍTULO: Evaluación del pavimento flexible y propuesta de mejoramiento usando mezcla asfáltica autorreparable en la Avenida Universitaria - Lima 2023.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Variable Independiente: Pavimento autorreparable	El pavimento autorreparable según Quispe y Torres (2020) es aquel que tiene la capacidad de regenerarse por sí solo con la ayuda de aditivos insertados en su etapa de construcción.	Para determinar la capacidad de autorreparación con radiación inducido.	Estudio de tráfico	Índice medio diario	Razon
			Porcentaje de adición de virutas metálicas	0% de virutas metálicas	
				2% de virutas metálicas	
				4% de virutas metálicas	
6% de virutas metálicas					
Variable dependiente: mejoramiento de las propiedades del pavimento	Se entiende como mejoramiento del pavimento al incremento de sus propiedades y a la generación de nuevas características que influyen en el incremento de su vida útil, apoyándose de nuevas tecnologías (Gamboa, 2009)	Métodos que evalúan la autorreparación, dependiendo de la proporción de aditivo así estimar el estado después de exposición prolongado a radiación.	Curado de grietas	Resistencia a la tracción	Razon
				porcentaje de autocuración	
			Resistencias Mecánicas	Estabilidad Marshall	
				Peso unitario	
Fluencia					

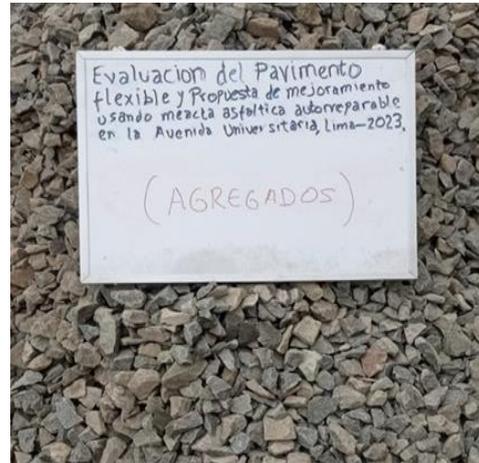
ANEXO 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA

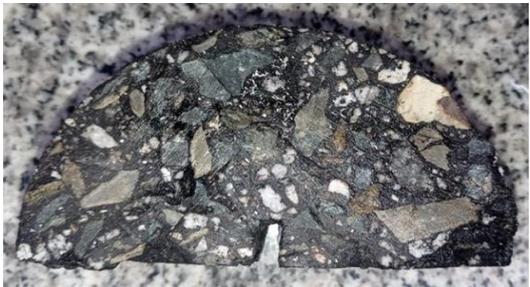
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
<p>Problema general: ¿Cuáles son las fallas en el pavimento flexible ocasionados por el tránsito vehicular y la efectividad del uso del pavimento autorreparable de la Avenida universitaria – San Martín de Porres - 2023?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar el nivel de daño del pavimento flexible y diseñar una mezcla autorreparable con virutas de acero en la Avenida universitaria – San Martín de Porres – 2023.</p>	<p>Hipótesis general: El estudio de tráfico es fiable para determinar las bases del pavimento tanto como el estado del pavimento por el PCI y la incorporación de virutas metálicas al pavimento generan propiedades autorreparables, en la Av. Universitaria – San Martín de Porres – 2023.</p>	Variable Independiente	Pavimento autorreparable	Estudio de tráfico	Índice medio diario	Ficha de recolección de datos
					Porcentaje de adición de virutas metálicas	0% de virutas metálicas	Ficha de recolección de datos
						2% de virutas metálicas	
						4% de virutas metálicas	
6% de virutas metálicas							
<p>Problemas específicos: ¿Cómo identificar las características y fallas de la calzada de la Av. Universitaria- San Martín de Porres -2023?</p>	<p>Objetivos específicos: Identificar las características y fallas de la calzada de la Avenida universitaria, San Martín de Porres.</p>	<p>Hipotesis específicos: El estudio de tráfico y el PCI son fiables para identificar las características y fallas de la calzada de la Avenida universitaria, San Martín de Porres.</p>					
<p>¿Cómo determinar el espesor de la carpeta asfáltica del pavimento flexible en la Av. universitaria- San Martín de Porres - 2023?</p>	<p>Determinar el espesor de la carpeta asfáltica del pavimento mediante la metodología AASHTO 93 en la Avenida universitaria – San Martín de Porres.</p>	<p>La metodología AASHTO 93 es fiable para determinar el espesor de las bases de la estructura del pavimento en la Avenida universitaria – San Martín de Porres.</p>			Curado de grietas	Longitud Profundidad	Ficha de recolección de datos
<p>¿Cómo dosificar los porcentajes óptimos para la elaboración de un pavimento autorreparable con adición de virutas de acero en la Av. universitaria- San Martín de Porres - 2023?</p>	<p>Dosificar los porcentajes de viruta de acero, cemento asfáltico y agregados para encontrar una mezcla óptima que brinde un máximo desempeño.</p>	<p>Una correcta dosificación de los porcentajes de viruta de acero, cemento asfáltico, polímeros y agregados nos permitirá encontrar una mezcla óptima que brinde un máximo desempeño.</p>	Variable dependiente	Mejoramiento de las propiedades del pavimento	Resistencias Mecánicas	Resistencia a la compresión	Ficha de recolección de datos
<p>¿Cómo calcular las propiedades físico-mecánicas de autorreparación del pavimento con adición de virutas metálicas en la Av. universitaria- San Martín de Porres - 2023?</p>	<p>Determinar la cuantificación de las propiedades físico-mecánicas de autorreparación del pavimento con virutas de metal, en la Avenida universitaria San Martín de porres.</p>	<p>Un correcto análisis en laboratorio nos permitirá determinar la cuantificación de las propiedades físico-mecánicas de autorreparación del pavimento con virutas de metal, en la Avenida universitaria San Martín de porres.</p>				Resistencia a la flexión	
						Estabilidad marshall	

ANEXO 03: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS			
	Fecha de Elaboracion 10/04/2023		
	Fecha de Aprobacion 13/04/2023		
PROYECTO AUTOR	Evaluación del pavimento flexible y propuesta de mejoramiento usando mezcla asfáltica autorreparable en la Avenida Universitaria - Lima 2023 Camargo Salome Royer Hitler		
Parte A	Porcentaje de adición de Virutas Metalicas		
%	KG	VOLUMEN	
0%			
2%			
4%			
6%			
Parte B	Propiedades de la mezcla asfáltica		
%	% VACIOS	FLUENCIA	
0%			
2%			
4%			
6%			
Parte C	Resistencias Mecánicas		
%	RESISTENCIA A LA FLEXION	NIVEL DE CURACION	
0%			
2%			
4%			
6%			
VALIDEZ DE FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DE PARTE DE LOS EXPERTOS			
NOMBRE Y APELLIDOS	<i>Jesus Emilio Pajares Herrera</i>	<i>Ricardo Víctor Siu Delgado</i>	<i>Erick Fernando Leon Heredia</i>
PROFESION	<i>Ingeniero civil</i>	<i>Ingeniero civil</i>	<i>Ingeniero civil</i>
CODIGO CIP	172689	41815	212975
SELLO Y FIRMA	 PAJARES HERRERA JESUS EMILIO ING. CIVIL CIP N° 172689	 RICARDO VICTOR SIU DELGADO INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 41815	 Erick Fernando León Heredia INGENIERO CIVIL Reg. CIP 212975

ANEXO 04: ELABORACIÓN DE ENSAYOS







ANEXO 05: CERTIFICADOS DE ENSAYOS



SOIL CONTROL E.I.R.L.

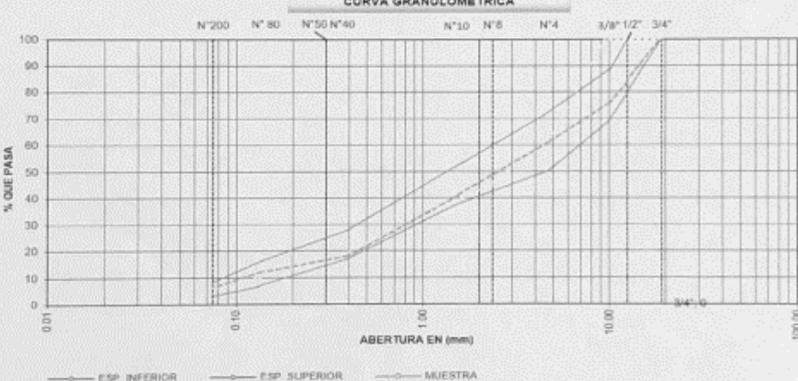
SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle 1. ME. "A" Lote 19 San Fernando - Barrio Jesús de Luján - Lima.
 Correo: soilcontrolperu@onsail.com - Celular: 927566947 - RUC: 20906837480
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 204 - ASTM C-136, AASHTO T-27
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO	: EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO MEZCLA ASFÁLTICA AUTORREPARABLE EN LA AVENIDA UNIVERSITARIA, LIMA -2023.
MATERIAL	: Piedra Chancada para MAC 2 < 3/4"
MUESTRA	: M-01
CANTERA	: JICAMARCA
UBICACIÓN	: JICAMARCA ANEXO 22 S.J.L

Tamices ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	Retenido			ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			(%) Acumul.	(%) Parcial	(%) Que Pasa		
2	50.000						
1 1/2"	37.500				MAC - 2		
1"	25.000					1. Peso de Material:	
3/4"	19.000					Peso Inicial (gr.) 26809.0	
						Fración < N° 4 1,149.2	
						Humedad Natural (%) 0.80	
1/2"	12.500	4397	16.4	16.4	80	2. Características:	
3/8"	9.500	1935	23.6	7.2	79	Tamaño máximo 3/4"	
1/4"	6.350	2866	34.3	10.7	65.7	Tamaño Nominal 1/2"	
N° 4	4.750	1233	38.9	4.6	61.1	Grava (%) 4.6	
N° 6	3.360	162	53.0	14.1	47.0	Arena (%) 53.5	
N° 8	2.360	31	55.7	2.7	44.3	Finos (%) 7.6	
N° 10	2.000	28	58.1	2.4	41.9	3. Dosificación Teórica de Diseño:	
N° 16	1.180	62	63.5	5.4	36.5	Grava Chancada % 45.0	
N° 20	0.850	68	68.7	5.2	31.3	Arena Chancada % 33.0	
N° 30	0.600	143	81.1	12.4	18.9	Arena Zarandeada % 20.0	
N° 40	0.420	9	81.9	0.8	18.1	Cal - Filler % 2.0	
N° 50	0.300	29	83.6	1.7	16.4		
N° 80	0.177	37	86.8	3.2	13.2	4. Porcentajes de Mezcla en Diseño:	
N° 100	0.150	36	89.9	3.1	10.1	Grava (%) 44.4	
N° 200	0.075	29	92.4	2.5	7.6	Arena (%) 50.4	
< N° 200		87	100.0	7.6		Finos (%) 5.2	

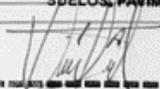
CURVA GRANULOMÉTRICA



Legend: —○— ESP. INFERIOR —○— ESP. SUPERIOR —○— MUESTRA

OBSERVACIONES:
 Se realizó el ensayo Marshall para cada una de las dosificaciones propuestas se muestran resultados en los cuadros.

SOIL CONTROL E.I.R.L.
 SUELOS, PAVIMENTOS

<p>Elaborado:</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>Supervisado:</p> <div style="text-align: center;">  APARICIO MAYDANA LUDGAR JEFE DE LABORATORIO ING. CIVIL CIP:128786 </div>
--	---



SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle 1, Mz "X" Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima

Correo: soilcontrolperu@gmail.com - Celular: 927556647 - RUC: 20609837489

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS MTC E 210 - ASTM D 5821

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

OBRA		: EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO MEZCLA ASFALTICA AUTOREPARABLE EN LA AV. UNIVERSITARIA-LIMA 2023	CÓDIGO DE PROTOCOLO :	REVISIÓN :
MATERIAL		: Piedra Chancada para MAC 2 < 3/4"	N° ENSAYO :	TÉCNICO : M.M.M.
CANTERA		: JICAMARCA	ING° RESP. :	J.P.H
UBICACIÓN		: JICAMARCA ANEXO 22 SJL	FECHA :	28/05/2023

CON UNA CARA FRACTURADA

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO TAMIZ						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	1203.4	979.1	81.4	80.0	6506.9	
1/2"	3/8"	301.3	247.5	82.1	20.0	1644.8	
TOTAL		1504.7	1226.6		100.0	8151.8	81.5%

CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	1203.4	557.1	46.3	80.0	3702.4	
1/2"	3/8"	301.3	155.3	51.5	20.0	1032.1	
TOTAL		1504.7	712.4		100.0	4734.5	47.3%

OBSERVACIONES: Con una a más caras fracturadas = 81.5%

Con dos a más caras fracturadas = 47.3%

Elaborado :	Supervisor
	 SOIL CONTROL E.I.R.L. SUELOS, PAVIMENTOS  APARICIO MAYDANA LUDGAR JEFE DE LABORATORIO ING. CIVIL CIP:128786



SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle 1. Ma "X" Lote 19 San Fernando - San Juan de Lunganchó - Lima.
Correo: soilcontrolperu@gmail.com - Celular: 927599947 - RUC: 20809837480

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS MTC E-223, ASTM D 4791

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CÓDIGO DE PROTOCOLO :

OBRA : EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO
MEZCLA ASFALTICA AUTOREPARABLE EN LA AV. UNIVERSITARIA-LIMA 2023 N° ENSAYO :
MATERIAL : Piedra Chancada para MAC 2 < 3/4" TÉCNICO : M.M.M.
CANTERA : JICAMARCA ING° RESP. : J.P.H
UBICACIÓN : JICAMARCA ANEXO 22 SJL FECHA : 28/05/2023

TAMIZ	Peso por mallas (A) (gr)	Peso chatas y alargadas (B) (gr)	Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%)	Gradación Original (D) (%)	Corrección (E)=(C)*(D) (%)	(E)/(D) (%)
2" - 1 1/2"						
1 1/2" - 1"						
1" - 3/4"						
3/4" - 1/2"	2002.5	63.5	3.2	53.6	170.2	
1/2" - 3/8"	1002.1	75.0	7.5	11.2	83.4	
Peso Total (gr.)	3004.7	138.5		64.8	253.6	3.9

Observaciones:

Elaborado :



Supervisado CONTROL E.I.R.L.
SUELOS, PAVIMENTOS



APARICIO MAYDANA LUDGAR
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP:128786



SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle 1. Mz "X" Lota 19 San Fernando - San Juan de Lunagacho - Lima.
Correo: soilcontrolperu@gmail.com - Celular : 927566947 - RUC: 20609637480

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

OBRA : EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO MEZCLA ASFALTICA AUTOREPARABLE EN LA AV. UNIVERSITARIA-LIMA 2023	REVISIÓN :
MATERIAL : Piedra Chancada para MAC 2 < 3/4"	N° ENSAYO :
MUESTRA : 1	TÉCNICO : M.M.M.
CANTERA : JICAMARCA	ING. RESP. : J.H.P
UBICACIÓN : JICAMARCA ANEXO 22 SJL	FECHA : 28/05/2023
	CARRIL : -

ANÁLISIS CUANTITATIVO

AGREGADO GRUESO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
2 1/2"	2"		3000±300							
2"	1 1/2"		2000±200							
1 1/2"	1"		1000±50							
1"	3/4"		500±30							
3/4"	1/2"	53.6	670±10	1003.2		950.1	53.1	5.3	2.84	
1/2"	3/8"	11.2	1000±10	1008.5		905.9	102.6	10.2	1.13	
3/8"	N° 4	31.8	300±5	304.4		278.8	25.6	8.4	2.67	
TOTALES		96.6		2316.1		2134.8			6.65	

OBSERVACIONES:

Elaborado :



Supervisado :

SOIL CONTROL E.I.R.L.
SUELOS, PAVIMENTOS



APARICIO MAYDANA LUDGAR
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP:128786



SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle 1, Mz "X" Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima
Correo: soilcontroleru@gmail.com - Celular: 927558947 - RUC: 20609837489

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO

MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104

OBRA	: EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO MEZCLA ASFALTICA AUTOREPARABLE EN LA AV. UNIVERSITARIA-LIMA 2023	VERSIÓN	:
MATERIAL	: Agregado Fino Para MAC 2	REVISIÓN	:
MUESTRA	: M-2	N° ENSAYO	:
CANTERA	: ÑAÑA	TÉCNICO	: M.M.M.
UBICACIÓN	: ÑAÑA CARRETERA CENTRAL	ING. RESP.	: J.H.P
		FECHA	: 28/05/2023
		CARRIL	: -

ANÁLISIS CUANTITATIVO

AGREGADO FINO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso min. requerido (g)	Peso fracción ensayada (g)	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	N° 04	0.0	100		--		0.0	4.8	0.0	--
N° 04	N° 08	2.3	100	100	--	94.2	5.8	0.0	0.0	--
N° 08	N° 16	5.0	100	100	--	93.1	6.9	0.0	0.0	--
N° 16	N° 30	12.1	100	100	--	93.8	6.2	6.2	0.6	--
N° 30	N° 50	28.2	100	100	--	92.1	7.9	7.9	2.2	--
N° 50	N° 100	7.0	100	100	--	90.0	10.0	10.0	0.7	--
< N° 100		5.4								
TOTALES		59.9		500.0		463.2			3.68	

OBSERVACIONES:

Elaborado:



Supervisado:

SOIL CONTROL E.I.R.L.
SUELOS, PAVIMENTOS



APARICIO MAYDANA LUDGAR
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP:128786



SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle 1, Mz "X" Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima
Correo: soilcontrolperu@gmail.com - Celular : 927559947 - RUC: 20609837480

ENSAYO DE ABRASIÓN (MÁQUINA DE LOS ÁNGELES)MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

		CÓDIGO DE PROTOCOLO :
OBRA	: EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO MEZCLA ASFALTICA AUTOREPARABLE EN LA AV. UNIVERSITARIA-LIMA 2023	REVISIÓN :
MATERIAL	: Piedra Chancada para MAC 2 < 3/4"	N° ENSAYO :
CANTERA	: JICAMARCA	TÉCNICO : M.M.M.
UBICACIÓN	: JICAMARCA ANEXO 22 SJL	ING° RESP. : J.P.H
		FECHA : 28/05/2023

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"	2504.0			
1/2" - 3/8"	2503.0			
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
Peso Total	5007.0			
(%) Retenido en la malla N° 12	4021.0			
(%) Que pasa en la malla N° 12	986.0			
N° de esferas	11			
Peso de las esferas (gr)	4584 ± 25			
% Desgaste	19.7%			

OBSERVACIONES :

SOIL CONTROL E.I.R.L.

Elaborado :



Supervisado : SUELOS, PAVIMENTOS



APARICIO MAYDANA LUDGAR
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP:128786



SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle 1, Mz "X" Lote 19 San Fernando - San Juan de Lunigacho - Lima
Correo: soilcontrolperu@gmail.com - Celular : 927555947 - RUC : 20609837486

EQUIVALENTE DE ARENA MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

OBRA EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO
MEZCLA ASFALTICA AUTOREPARABLE EN LA AV. UNIVERSITARIA-LIMA 2023

MATERIAL Agregado Fino Para MAC 2 TÉCNICO : M.M.M.
CALICATA - ING° RESP. : J.H.P
MUESTRA M-2 FECHA : 28/05/2023
PROF. DEL KM : -
CANTERA ÑAÑA AL KM : -
UBICACIÓN ÑAÑA CARRETERA CENTRAL ESTRUCTURA Y/O ELEMENTO : -

ENSAYOS

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN			
	1	2	3	4
Hora de entrada a saturación	09:40	09:42	09:44	
Hora de salida de saturación (más 10')	09:50	09:52	09:54	
Hora de entrada a decantación	09:52	09:54	09:56	
Hora de salida de decantación (más 20')	10:12	10:14	10:16	
Altura máxima de material fino	4.6	4.5	4.7	
Altura máxima de la arena	2.5	2.7	2.6	
Equivalente de arena	% 55	60	56	
Equivalente de arena promedio	%	57.0		
Resultado equivalente de arena	%	57		

Observaciones:

Elaborado :



Supervisado: **SOIL CONTROL E.I.R.L.**
SUELOS, PAVIMENTOS



[Signature]
APARICIO MAYDANA LUDGAR
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP-128786



SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle 1, Mz "A" Lote 18 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima
Correo: soilcontrolserv@comail.com - Celular: 927948947 - RUC: 20628837488

LÍMITES DE ATTERBERG MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

OBRA : EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO
MEZCLA ASFALTICA AUTOREPARABLE EN LA AV. UNIVERSITARIA-LIMA 2023

MATERIAL : Agregado Fino Para MAC 2

MUESTRA : M-2

CANTERA : NAÑA

UBICACIÓN : NAÑA CARRETERA CENTRAL

N° ENSAYO :

TÉCNICO : M.M.M.

ING° RESP. : J.H.P

FECHA : 28/05/2023

DEL KM : -

AL KM : -

CARRIL : -

LÍMITE LÍQUIDO

N° TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
N° DE GOLPES				

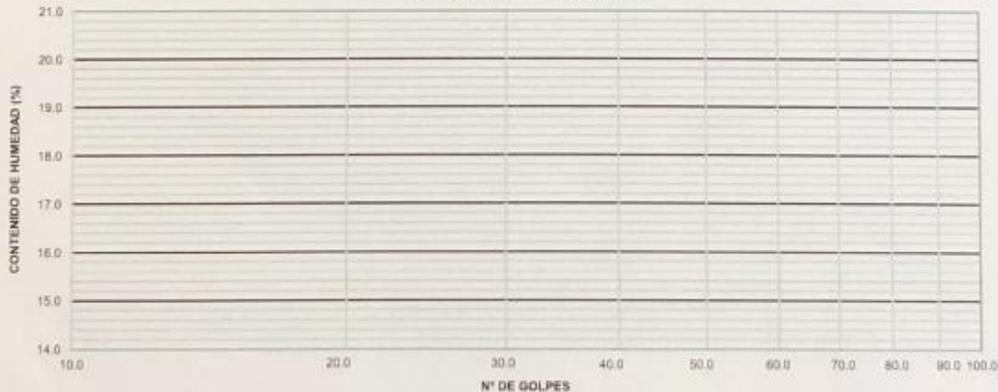
N.P

LÍMITE PLÁSTICO

N° TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

N.P

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	N.P.
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.

OBSERVACIONES

PASANTE DE MALLA #40, #200



SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle 1. Mz "X" Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima
Correo: soilcontrolperu@gmail.com - Celular : 927856947 - RUC: 20609837480

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS MTC E 205,E 206 - AASHTO T-84, T-85

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO MEZCLA ASFÁLTICA AUTORREPARABLE EN LA AVENIDA UNIVERSITARIA, LIMA -2023. CÓDIGO DE PROTOCOLO : PC-LAB-01-F16 REVISIÓN :
MATERIAL : Agregado Fino, MAC-2 N° ENSAYO : 1A TÉCNICO : M.M.M.
MUESTRA : M-3, M-4 ING° RESP. : P.H.J.
CANTERA : ÑAÑA FECHA : 28/05/2023
UBICACIÓN : ÑAÑA CARRETERA CENTRAL ESTRUCTURA Y/O ELEMENTO : -

AGREGADOS PETREOS FINOS

		M-3	M-4		
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.0	500.0		
B	Peso Frasco + agua	665.4	675.7		
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1165.4	1175.7		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	991.5	993.5		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	173.9	182.2		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	497.5	496.9		
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	171.4	179.1		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.861	2.727		2.794
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.875	2.744		2.810
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.903	2.774		2.838
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.503	0.624		0.56

Observaciones:

Elaborado :



Supervisado

SOIL CONTROL E.I.R.L.
SUELOS, PAVIMENTOS



APARICIO MAYDANA LUDGAR
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP:128786



SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle T. Mz "X" Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima
Correo: soilcontrolperu@gmail.com - Celular : 927556947 - RUC: 20609837480

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS MTC E 205, E 206 - AASHTO T-84, T-85

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

CÓDIGO DE PROTOCOLO : PC-LAB-01-F16
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO MEZCLA ASFÁLTICA AUTORREPARABLE EN LA AVENIDA UNIVERSITARIA, LIMA -2023. REVISIÓN :
N° ENSAYO : 1A
MATERIAL : Agregado Grueso, MAC-2 TÉCNICO : M.M.M.
MUESTRA : M-1, M-2 ING° RESP. : P.H.J
CANTERA : JICAMARCA FECHA : 26/05/2023
UBICACIÓN : JICAMARCA ANEXO 22 SJL ESTRUCTURA Y/O ELEMENTO : -

AGREGADO GRUESO

		M-1	M-2			
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.0	500.0			
B	Peso Frasco + agua	679.3	682.2			
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1179.3	1182.2			
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	988.2	991.1			
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	191.1	191.1			
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	494.5	494.6			
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	185.6	185.7			PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.588	2.588			2.588
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.616	2.616			2.616
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.664	2.663			2.664
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.112	1.092			1.10

Observaciones:

Elaborado :



Supervisado SOIL CONTROL E.I.R.L.
SUELOS, PAVIMENTOS



APARICIO MAYDANA LUDGAR
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP:128786



SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle 1, Mz "X" Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima
Correo: soilcontrolperu@gmail.com - Celular: 927556947 - RUC: 20609837480
ENSAYO MARSHALL (MTC-504)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO MEZCLA ASFÁLTICA AUTORREPARABLE EN LA AVENIDA UNIVERSITARIA, LIMA - 2023.
 SOLICITANTE : ROYER HITLER CAMARGO SALOME
 UBICACIÓN : Calle 1, Mz x Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima.
 FECHA : 28/05/2023
 MUESTRA : BRQUETAS MARSHALL (18 UND.)

Especificaciones	MAC-2	Resultado	Unidades	Condicion
Óptimo Contenido C.A	+/- 0.2	4.00	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2.245	(gr/cm3)	Cumple
Vacios al Aire	3 - 5	10.0	(%)	No Cumple
V.M.A	Min. 14	18.6	(%)	Cumple
Vacios Llenados C.A	-	46.6	(%)	Cumple
Flujo	2 - 4	2.4	(mm)	Cumple
Índice compactibilidad	Min. 5 (***)	5.9	(%)	Cumple
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min. 75	96.8	(%)	Cumple
Estabilidad	Min. 815	795.1	(Kg)	No Cumple
Índice de Rigidez	1700 - 4000	3.393.9	(kg/cm)	Cumple

Especificaciones	MAC-2	Resultado	Unidades	Condicion
Óptimo Contenido C.A	+/- 0.2	5.00	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2.289	(gr/cm3)	Cumple
Vacios al Aire	3 - 5	6.9	(%)	No Cumple
V.M.A	Min. 14	17.8	(%)	Cumple
Vacios Llenados C.A	-	61.4	(%)	Cumple
Flujo	2 - 4	2.8	(mm)	Cumple
Índice compactibilidad	Min. 5 (***)	5.9	(%)	Cumple
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min. 75	96.8	(%)	Cumple
Estabilidad	Min. 815	955.7	(Kg)	Cumple
Índice de Rigidez	1700 - 4000	3.328.7	(kg/cm)	Cumple

Especificaciones	MAC-2	Resultado	Unidades	Condicion
Óptimo Contenido C.A	+/- 0.2	6.00	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2.337	(gr/cm3)	Cumple
Vacios al Aire	3 - 5	3.3	(%)	Cumple
V.M.A	Min. 14	16.9	(%)	Cumple
Vacios Llenados C.A	-	60.2	(%)	Cumple
Flujo	2 - 4	3.2	(mm)	Cumple
Índice compactibilidad	Min. 5 (***)	5.9	(%)	Cumple
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min. 75	96.8	(%)	Cumple
Estabilidad	Min. 815	1089.7	(Kg)	Cumple
Índice de Rigidez	1700 - 4000	3.263.4	(kg/cm)	Cumple

Especificaciones	MAC-2	Resultado	Unidades	Condicion
Óptimo Contenido C.A	+/- 0.2	4.30	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2.258	(gr/cm3)	Cumple
Vacios al Aire	3 - 5	8.8	(%)	No Cumple
V.M.A	Min. 14	16.5	(%)	Cumple
Vacios Llenados C.A	-	51.6	(%)	Cumple
Flujo	2 - 4	2.6	(mm)	Cumple
Índice compactibilidad	Min. 5 (***)	5.9	(%)	Cumple
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min. 75	96.8	(%)	Cumple
Estabilidad	Min. 815	857.2	(Kg)	Cumple
Índice de Rigidez	1700 - 4000	3.361.3	(kg/cm)	Cumple

Especificaciones	MAC-2	Resultado	Unidades	Condicion
Óptimo Contenido C.A	+/- 0.2	5.50	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2.321	(gr/cm3)	Cumple
Vacios al Aire	3 - 5	4.8	(%)	Cumple
V.M.A	Min. 14	17.1	(%)	Cumple
Vacios Llenados C.A	-	72.3	(%)	Cumple
Flujo	2 - 4	3.0	(mm)	Cumple
Índice compactibilidad	Min. 5 (***)	5.9	(%)	Cumple
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min. 75	96.8	(%)	Cumple
Estabilidad	Min. 815	1047.6	(Kg)	Cumple
Índice de Rigidez	1700 - 4000	3.296.0	(kg/cm)	Cumple

Especificaciones	MAC-2	Resultado	Unidades	Condicion
Óptimo Contenido C.A	+/- 0.2	5.00	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2.321	(gr/cm3)	Cumple
Vacios al Aire	3 - 5	3.3	(%)	Cumple
V.M.A	Min. 14	17.8	(%)	Cumple
Vacios Llenados C.A	-	61.3	(%)	Cumple
Flujo	2 - 4	3.4	(mm)	Cumple
Índice compactibilidad	Min. 5 (***)	5.9	(%)	Cumple
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min. 75	96.8	(%)	Cumple
Estabilidad	Min. 815	1038.9	(Kg)	Cumple
Índice de Rigidez	1700 - 4000	3.230.8	(kg/cm)	Cumple

OBSERVACIONES:
 Se realizó el ensayo Marshall para cada una de las dosificaciones propuestas se muestran resultados en los cuadros.

SOIL CONTROL E.I.R.L.
 SUELOS, PAVIMENTOS

Elaborado :



Supervisado :



APARICIO MAYDANA LUDGAR
 JEFE DE LABORATORIO
 ING. CIVIL CIP:128786



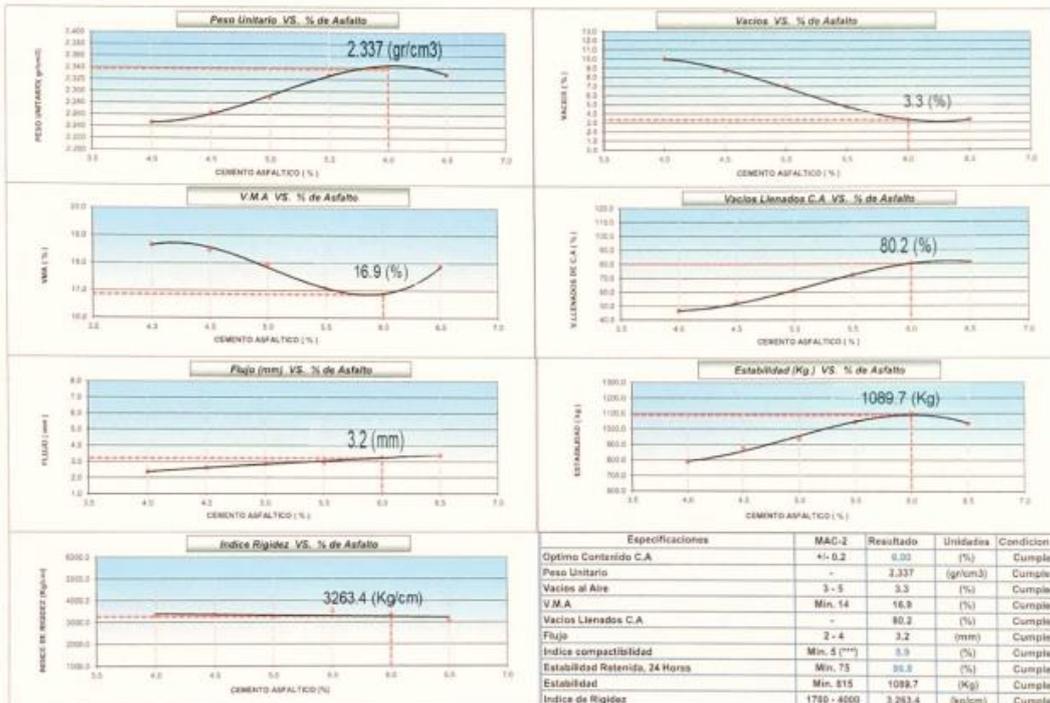
SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle 1, Mz "X" Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima
Correo: soilcontrolperu@gmail.com - Celular: 92756947 - RUC: 20609837480
ENSAYO MARSHALL (MTC-504)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO MEZCLA ASFÁLTICA AUTORREPARABLE EN LA AVENIDA UNIVERSITARIA, LIMA-2023.
 SOLICITANTE : ROYER HITLER CAMARGO SALOME
 UBICACION : Calle 1, Mz x Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima.
 FECHA : 29/05/2023
 MUESTRA : BRIQUETAS MARSHALL (18 UNO)



OBSERVACIONES:

Se realizó el ensayo Marshall para cada una de las dosificaciones propuestas y se diseñó el óptimo de asfalto como se observan en las graficas.

Elaborado :



Supervisado :

SOIL CONTROL E.I.R.L.
SUELOS, PAVIMENTOS



APARICIO MAYDANA LUDGAR
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP:128786



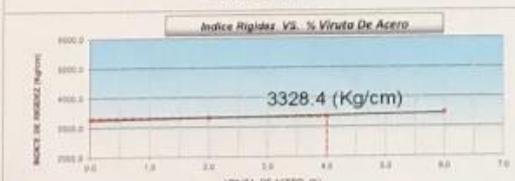
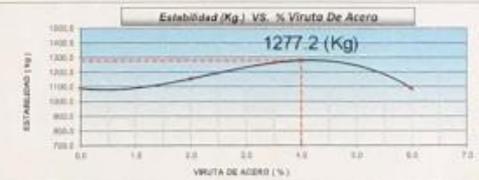
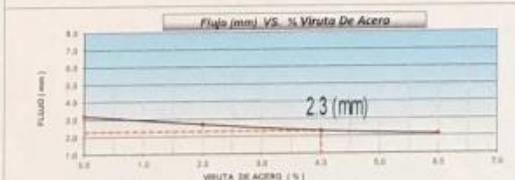
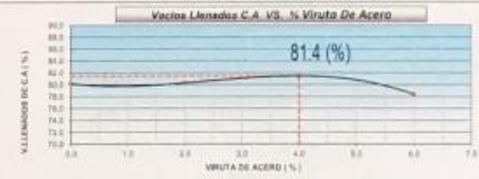
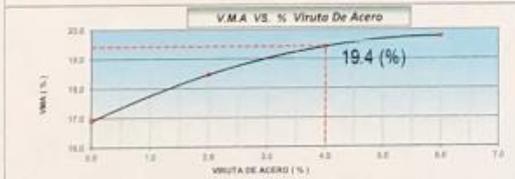
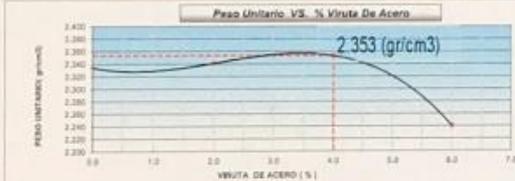
SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle 1, Mz "X" Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima
Correo: soilcontrolseru@gmail.com - Celular: 927556847 - RUC: 20809837480
ENSAYO MARSHALL (MTC-504)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO MEZCLA ASFÁLTICA AUTORREPARABLE EN LA AVENIDA UNIVERSITARIA, LIMA - 2023.
 SOLICITANTE : ROYER HITLER CAMARGO SALOME
 UBICACION : Calle 1, Mz x Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima.
 FECHA : 29/05/2023
 MUESTRA : BRIQUETAS TIPO MARSHALL (0%, 2%, 4%, 6%) CON ADICION DE VIRUTAS DE ACERO



Especificaciones	MAC-2	Resultado	Unidades	Condición
Óptimo de viruta de acero	-	4.05	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2.353	(gr/cm ³)	Cumple
Vacíos al Aire	3 - 5	4.1	(%)	Cumple
V.M.A	Min. 14	19.4	(%)	Cumple
Vacíos Llenados C.A	-	81.4	(%)	Cumple
Flujo	2 - 4	2.3	(mm)	Cumple
Índice compactabilidad	Min. 5 (****)	5.5	(%)	Cumple
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min. 75	86.4	(%)	Cumple
Estabilidad	Min. 615	1277.2	(Kg)	Cumple
Índice de Rigidez	1700 - 4000	3,328.4	(kg/cm)	Cumple

OBSERVACIONES:
 Se realizó el ensayo Marshall para cada uno de las muestras y se grafico las variaciones de propiedades vs. % virutas de acero.

SOIL CONTROL E.I.R.L.
 SUELOS, PAVIMENTOS

Elaborado :



Supervisado :



RICARDO MAYDANA LUDGAR,
 JEFE DE LABORATORIO
 ING. CIVIL CIP:128786



SOIL CONTROL E.I.R.L.

SERVICIOS DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Calle Y Mz "B" Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima
Correo: soilcontrolerul@gmail.com - Celular: 927656847 - RUC: 2060937480

FLEXIÓN EN PRISMAS AL CENTRO DE LUZ, MÓDULO DE ROTURA ASTM C78/C293

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

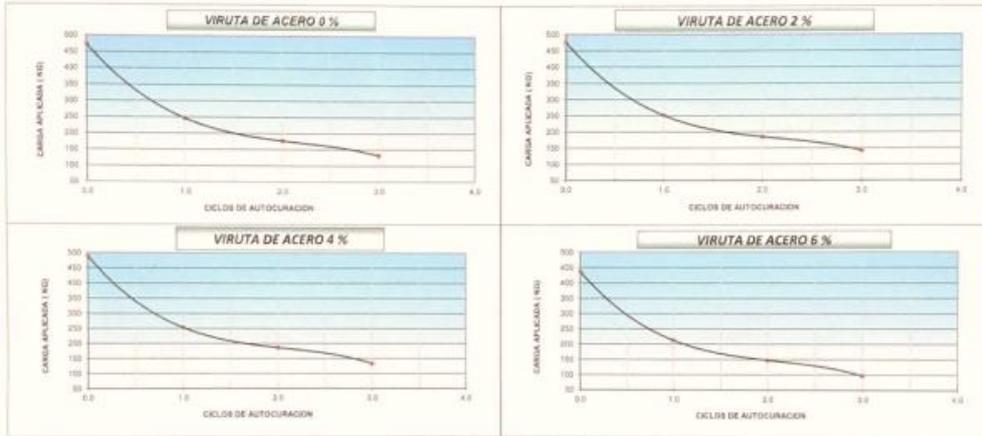
PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO USANDO MEZCLA ASFÁLTICA AUTORREPARABLE EN LA AVENIDA UNIVERSITARIA, LIMA - 2023.

SOLICITANTE : ROYER HITLER CAMARGO SALOME

UBICACION : Calle 1, Mz x Lote 19 San Fernando - San Juan de Lurigancho - Lima.

FECHA : 29/05/2023

MUESTRA : BRIQUETAS TIPO MARSHALL (0%, 2%, 4%, 6%) CON ADICION DE VIRUTAS DE ACERO



Especificaciones	MAC-2	Resultado	Unidades	Condición
Óptimo Contenido C.A	+/- 0.2	0.00	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2.337	(g/cm ³)	Cumple
Vacios al Aire	3 - 5	3.3	(%)	Cumple
V.M.A	Min. 14	16.9	(%)	Cumple
Vacios Llenados C.A	-	80.2	(%)	Cumple
Flujo	2 - 4	3.2	(mm)	Cumple
Índice compactibilidad	Min. 5 (***)	5.8	(%)	Cumple
Estabilidad Retenido, 24 Horas	Min. 75	86.8	(%)	Cumple
Estabilidad	Min. 815	1089.7	(Kg)	Cumple
Índice de Rigidez	1700 - 4000	3,263.4	(kg/cm)	Cumple

ENSAYO DE COMPRESION	Porcentaje de Virutas de Acero			
	0.00%	2.00%	4.00%	6.00%
primera rotura	473 kg	475 kg	489 kg	438 kg
Segunda rotura	248 kg	251 kg	253 kg	213 kg
Tercera rotura	177 kg	185 kg	187 kg	148 kg
Cuarta rotura	152 kg	143 kg	133 kg	97 kg

OBSERVACIONES:

Se sometió a esfuerzos de compresión triaxial hasta encontrar el fallo en la muestra, por tres ciclos.

Elaborado :



Supervisado :

SOIL CONTROL E.I.R.L.
SUELOS, PAVIMENTOS

[Signature]
 APARICIO MAYDANA LUDGAR
 JEFE DE LABORATORIO
 ING. CIVIL CIP:128786



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LF-111-2022

Laboratorio de Fuerza

Pág. 1 de 2

Expediente 20441
Solicitante SOIL CONTROL E.I.R.L.
Dirección CAL.1 MZA. X LOTE. 19 A.H. SAN FERNANDO 2DA
ZONA LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO
Instrumento de Medición Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos
Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión

Equipo Calibrado PRENSA CBR

Marca (o Fabricante)	NO INDICA
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	NO INDICA
o Identificación	NO INDICA
Procedencia	NO INDICA
Indicador de Lectura	DIGITAL
Alcance de Indicación	0 Kgf a 5000 Kgf
Resolución	1 Kgf
Marca (o Fabricante)	HIGH WEIGHT
Modelo	315-X8
Número de Serie	01822506
o Identificación	
Transductor de Fuerza	CELDA TIPO S
Marca (o Fabricante)	KELI
Modelo	FED-A
Número de Serie	AOA0075
Ubic. Del Instrumento	LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

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

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Lugar de Calibración CAL.1 MZA. X LOTE. 19 A.H. SAN FERNANDO 2DA
ZONA LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Fecha de Calibración 2022-09-30

Sello



Fecha de emisión

2022-10-03

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

Jesús Quinto C.
JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Método de Calibración

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376 , Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

Trazabilidad

Se utilizaron patrones calibrados con trazabilidad al SI, calibrado por la Universidad Católica del Perú Con Certificado N.º INF-LE N° 011-22 (B)

Resultados de medición

Lectura de la máquina (Fi)		Lectura del patrón			Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre
		Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad	
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	q(%)	b(%)	U(%)
10	500	501,0	502,0	501,0	501,3	-0,3	0,2	0,4
20	1000	1008,0	1010,0	1009,0	1009,0	-0,9	0,2	0,3
30	1500	1507,0	1509,0	1506,0	1507,3	-0,5	0,2	0,3
40	2000	2006,0	2010,0	2007,0	2007,7	-0,4	0,2	0,3
50	2500	2505,0	2512,0	2508,0	2508,3	-0,3	0,3	0,3
60	3000	3004,0	3016,0	3007,0	3009,0	-0,3	0,4	0,3
70	3500	3505,0	3520,0	3509,0	3511,3	-0,3	0,4	0,4
80	4000	4004,0	4025,0	4008,0	4012,3	-0,3	0,5	0,4
90	4500	4502,0	4520,0	4509,0	4510,3	-0,2	0,4	0,3
Lectura máquina en cero		0	0	0	-----	0	0	Error máx. de cero(0)=0,00

Temperatura promedio durante los ensayos 18,2 °C; Variación de temperatura en cada ensayo < 2 °C.

Evaluación de los resultados

Los errores encontrados entre el 20% y el 100% del rango nominal considerado no superan los valores máximos permitidos establecidos en la norma ISO 7500-1.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

Fin del documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 059-CLM-2022

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-09-16
EXPEDIENTE : 368

1. SOLICITANTE : SOIL CONTROL E.I.R.L.
DIRECCIÓN : CAL.1 MZA. X LOTE. 19 A.H. SAN FERNANDO 2DA ZONA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA - LIMA.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
MARCA : OHAUS
MODELO : R31P30
NÚMERO DE SERIE : 8339450122
ALCANCE DE INDICACIÓN : 30000 g
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 10 g
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 10 g
PROCEDENCIA : China
COD. DE IDENTIFICACIÓN : No Indica
TIPO : Electrónica
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-09-16

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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.

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

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Se tomó como referencia el Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, 2da edición mayo 2003.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó en las instalaciones de Grupo Mediciones Perú S.A.C. a solicitud del cliente.



Orlando Naquiche E.
Servicio Metrológico

Este documento puede ser reproducido totalmente con autorización de GRUPO MEDICIONES PERU S.A.C.

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	20.2 °C	20.2 °C
Humedad Relativa	66 %	65 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	Pesas exactitud M2	CM-0009-2022
		CM-0010-2022
		CM-1397-2021
		CM-0011-2022

7. OBSERVACIONES

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

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO APLICA
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO APLICA
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15,000 g	Temp. (°C)		Carga L2= 30,000 g	g	
		Inicial 20.2	Final 20.5			
1	I(g) 15,000	L(mg) 600	E(mg) 4400	I(g) 30,000	L(mg) 600	E(mg) 4400
2	15,000	600	4400	30,000	900	4100
3	15,000	600	4400	30,000	800	4200
4	15,000	600	4400	30,000	600	4400
5	15,000	600	4400	30,000	600	4400
6	15,000	700	4300	30,000	600	4400
7	15,000	600	4400	30,000	700	4300
8	15,000	600	4400	30,000	800	4200
9	15,000	600	4400	30,000	600	4400
10	15,000	600	4400	30,000	600	4400
Diferencia Máxima			100	300		
Error máximo permitido ±			10000 mg	± 10000 mg		



Este documento puede ser reproducido totalmente con autorización de GRUPO MEDICIONES PERU S.A.C.

3	4
1	
2	5

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima*(g)	l(g)	L(mg)	E ₀ (mg)	Carga L(g)	l(g)	L(mg)	E(mg)	E _c (mg)
1	1,000	1,000	500	4500	5,000	5,000	600	4400	-100
2		1,000	500	4500		5,000	600	4400	-100
3		1,000	500	4500		5,000	600	4400	-100
4		1,000	500	4500		5,000	600	4400	-100
5		1,000	500	4500		5,000	600	4400	-100

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 10000 mg

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	L(mg)	E(mg)	E _c (mg)	l(g)	L(mg)	E(mg)	E _c (mg)	
20	20	50	4500						10000
50	50	60	4400	-100	50	600	4400	-100	10000
100	100	600	4400	-100	100	600	4400	-100	10000
500	500	500	4500	0	500	600	4400	-100	10000
1,000	1,000	600	4400	-100	1,000	600	4400	-100	10000
5,000	5,000	600	4400	-100	5,000	600	4400	-100	10000
10,000	10,000	600	4400	-100	10,000	600	4400	-100	10000
15,000	15,000	600	4400	-100	15,000	600	4400	-100	10000
20,000	20,000	600	4400	-100	20,000	600	4400	-100	10000
25,000	25,000	600	4400	-100	25,000	600	4400	-100	10000
30,000	30,000	600	4400	-100	30,000	600	4400	-100	10000

(**) error máximo permitido

Incertidumbre expandida = 8.16 g + 0.00000 x l

Lectura corregida = l + 0.00001 x l

- l: Lectura de la balanza
- AL: Carga Incrementada
- E: Error encontrado
- E₀: Error en cero
- E_c: Error corregido

Fin del Documento



Este documento puede ser reproducido totalmente con autorización de GRUPO MEDICIONES PERU S.A.C.

Mantenimiento, Calibración, Certificación, Fabricación y Venta de Equipos e Instrumentos de Medición
Mz. Xx2 N°16 Parcela 10-1-Los Olivos - Lima-Perú-Central: (51-01)637 5944 / 637 5952 / Mov. 980295786 / Mov. 996517913
E-mail: ventas@grupomedicionesperu.com / medicionesperu@yahoo.es / Web: www.grupomedicionesperu.net

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 060-CLM-2022

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-09-16
EXPEDIENTE : 368

1. SOLICITANTE : **SOIL CONTROL E.I.R.L.**

DIRECCIÓN : CAL.1 MZA. X LOTE. 19 A.H. SAN FERNANDO 2DA ZONA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA - LIMA.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **BALANZA**

MARCA : OHAUS

MODELO : R31P30

NÚMERO DE SERIE : 8339450120

ALCANCE DE INDICACIÓN : 30000 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 10 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 10 g

PROCEDENCIA : China

COD. DE IDENTIFICACIÓN : No Indica

TIPO : Electrónica

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-09-16

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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.

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

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Se tomó como referencia el Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, 2da edición mayo 2003.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó en las instalaciones de Grupo Mediciones Perú S.A.C. a solicitud del cliente.


Orlando Naquiche E.
Servicio Metrológico

Este documento puede ser reproducido totalmente con autorización de GRUPO MEDICIONES PERU S.A.C.

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	20.2 °C	20.0 °C
Humedad Relativa	66 %	66 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	Pesas exactitud M2	CM-0009-2022
		CM-0010-2022
		CM-1397-2021
		CM-0011-2022

7. OBSERVACIONES

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

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO APLICA
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO APLICA
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15,000 g		Carga L2= 30,000 g	
	I(g)	L(mg)	I(g)	L(mg)
1	15,000	600	30,000	600
2	15,000	600	30,000	900
3	15,000	600	30,000	800
4	15,000	600	30,000	600
5	15,000	600	30,000	600
6	15,000	700	30,000	600
7	15,000	600	30,000	700
8	15,000	600	30,000	800
9	15,000	600	30,000	600
10	15,000	600	30,000	600
Diferencia Máxima		100	300	
Error máximo permitido ±		10000 mg	± 10000 mg	



Este documento puede ser reproducido totalmente con autorización de GRUPO MEDICIONES PERU S.A.C.

3	1	4
2		5

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima*(g)	I(g)	L(mg)	E ₀ (mg)	Carga L(g)	I(g)	L(mg)	E(mg)	E _c (mg)
1	1,000	1,000	500	4500	5,000	5,000	600	4400	-100
2		1,000	500	4500		5,000	600	4400	-100
3		1,000	500	4500		5,000	600	4400	-100
4		1,000	500	4500		5,000	600	4400	-100
5		1,000	500	4500		5,000	600	4400	-100

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 10000 mg

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**) (± mg)
	I(g)	L(mg)	E(mg)	E _c (mg)	I(g)	L(mg)	E(mg)	E _c (mg)	
20	20	50	4500						10000
50	50	60	4400	-100	50	600	4400	-100	10000
100	100	600	4400	-100	100	600	4400	-100	10000
500	500	500	4500	0	500	600	4400	-100	10000
1,000	1,000	600	4400	-100	1,000	600	4400	-100	10000
5,000	5,000	600	4400	-100	5,000	600	4400	-100	10000
10,000	10,000	600	4400	-100	10,000	600	4400	-100	10000
15,000	15,000	600	4400	-100	15,000	600	4400	-100	10000
20,000	20,000	600	4400	-100	20,000	600	4400	-100	10000
25,000	25,000	600	4400	-100	25,000	600	4400	-100	10000
30,000	30,000	600	4400	-100	30,000	600	4400	-100	10000

(**) error máximo permitido

Incertidumbre expandida = $8.16 \text{ g} + 0.00000 \times l$
Lectura corregida = $l + 0.00001 \times l$

- I: Lectura de la balanza
- AI: Carga incrementada
- E: Error encontrado
- E₀: Error en cero
- E_c: Error corregido

Fin del Documento



Este documento puede ser reproducido totalmente con autorización de GRUPO MEDICIONES PERU S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 061-CLM-2022

Página 1 de 3

FECHA DE EMISION : 2022-09-16
EXPEDIENTE : 368

1. SOLICITANTE : **SOIL CONTROL E.I.R.L.**
DIRECCIÓN : CAL 1 MZA. X LOTE. 19 A.H. SAN FERNANDO 2DA ZONA - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA - LIMA.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **BALANZA**
MARCA : OHAUS
MODELO : SJX622/E
NÚMERO DE SERIE : B711833428
ALCANCE DE INDICACIÓN : 620 g
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.01 g
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0.1 g
PROCEDENCIA : CHINA
IDENTIFICACIÓN : No Indica
TIPO : ELECTRÓNICA
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-09-16

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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.

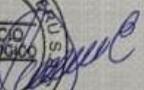
GRUPO MEDICIONES PERÚ S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Para la calibración se tomó como Referencia el Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, 2da edición mayo 2003.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó en las instalaciones de Grupo Mediciones Perú S.A.C. a solicitud del cliente.



Orlando Naquiche E.
Servicio Metrológico

Este documento puede ser reproducido totalmente con autorización de GRUPO MEDICIONES PERU S.A.C.

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	20.2 °C	20.1 °C
Humedad Relativa	66 %	65 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia	Pesas (exactitud M2)	CM-0011-2022 / CC-7849-2021

7. OBSERVACIONES

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud 0.00001, según la Norma Metroológica Peruana 003. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERD	TIENE	ESCALA	NO APLICA
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO APLICA
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 50.00 g		Carga L2= 500.00 g	
	l(g)	L(mg)	l(g)	L(mg)
1	50.00	60	500.00	60
2	50.00	60	500.00	60
3	50.00	70	500.00	70
4	50.00	60	500.00	60
5	50.00	70	500.00	70
6	50.00	60	500.00	60
7	50.00	60	500.00	70
8	50.00	60	500.00	60
9	50.00	70	500.00	60
10	50.00	60	500.00	60
Diferencia Máxima			10	10
Error máximo permitido ±			100 mg	± 100 mg



Este documento puede ser reproducido totalmente con autorización de GRUPO MEDICIONES PERU S.A.C.

3	4
2	5

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀					Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima*(g)	Temp. (°C)				Carga L(g)	Temp. (°C)			
		I(g)	L(mg)	E(mg)	Ec(mg)		I(g)	L(mg)	E(mg)	Ec(mg)
1	100.00	100.00	50	-45	400.00	400.02	60	-35	10	
2		100.01	50	-35		400.02	60	-35	-2.3E-11	
3		100.00	60	-55		400.02	60	-35	20	
4		100.00	50	-45		400.02	60	-35	10	
5		100.00	60	-55		400.02	60	-35	20	

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 100 mg

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	I(g)	L(mg)	E(mg)	Ec(mg)	I(g)	L(mg)	E(mg)	Ec(mg)	
10.00	10.00	50	-45						100
20.00	20.00	50	-45	0	20.00	60	-55	-10	100
50.00	50.00	50	-45	0	50.00	40	-35	10	100
100.00	100.00	60	-55	-10	100.00	60	-55	-10	100
150.00	150.00	50	-45	0	150.00	60	-55	-10	100
200.00	200.01	60	-45	0	200.01	50	-35	10	100
250.00	250.01	60	-45	0	250.01	60	-45	-9.1E-12	100
300.00	300.01	60	-45	0	300.01	60	-45	-9.1E-12	100
400.00	400.01	60	-45	0	400.01	50	-35	10	100
500.00	500.01	60	-45	0	500.01	40	-25	20	100
600.00	600.01	60	-45	0	600.01	60	-45	-9.1E-12	200

(**) error máximo permitido

Incertidumbre expandida = 0.01 g + 0.00004 x l
Lectura corregida = l - 0.000003 x l

- I: Lectura de la balanza
- ΔL: Carga Incrementada
- E: Error encontrado
- E_c: Error en cero
- E_c: Error corregido

Fin del Documento



Este documento puede ser reproducido totalmente con autorización de GRUPO MEDICIONES PERU S.A.C.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HUAROTO CASQUILLAS ENRIQUE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Evaluación del pavimento flexible y propuesta de mejoramiento usando mezcla asfáltica autorreparable en la Avenida Universitaria, Lima -2023.", cuyo autor es CAMARGO SALOME ROYER HITLER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 15 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HUAROTO CASQUILLAS ENRIQUE EDUARDO DNI: 08120578 ORCID: 0000-0002-8757-6621	Firmado electrónicamente por: EHUAROTOC el 20- 07-2023 16:11:17

Código documento Trilce: TRI - 0593125