



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

Evaluación de desempeño del diseño de un micropavimento con  
emulsión asfáltica altamente modificada con polímero,  
Puerto Maldonado-2020.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

**AUTOR:**

Chilipio Mormontoy Jose (ORCID: 0000-0002-8685-7499)

**ASESOR:**

Mg. Ing. Benites Zúñiga, Jose Luis (ORCID: 000-0003-4459-494X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2020

### **Dedicatoria**

A mi madre Nemesia Mormontoy Carrión, quien fue mi apoyo constante durante el proceso de mi investigación, como también durante toda la etapa de estudio. A mi padre Luis Chilipio Ríos, por su apoyo, a mis hermanos Darío, Samuel y Javier por sus apoyos incondicionales, desde el inicio en la etapa universitaria hasta finalizar con el proyecto de investigación.

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios sobre todas las cosas, por permitir que esta investigación se haya llevado a cabo con éxito en su proceso y desenlace, a la empresa TDM Asfaltos S.A.C. por su apoyo y permitirme realizar la investigación en sus instalaciones, a mis padres y hermanos por sus apoyos, a los docentes de la Universidad Cesar Vallejo por sus orientaciones y así también a mi asesor del proyecto de investigación por su apoyo y orientación a que esta investigación se desarrolle satisfactoriamente.

## Índice de contenidos

Carátula.....	I
Dedicatoria.....	II
Agradecimiento.....	III
Índice de contenidos.....	IV
Índice de tablas.....	V
Indice de figuras .....	VI
Resumen .....	VIII
Abstract .....	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	21
1. Tipo y diseño de investigación.....	21
2. Variables y operacionalización.....	22
3. Población, muestra y muestreo.....	23
4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
5. Procedimientos.....	26
6. Método de análisis de datos.....	27
7. Aspectos éticos.....	28
IV. RESULTADOS.....	29
V. DISCUSIÓN.....	55
VI. CONCLUSIONES.....	59
VII. RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS.....	64

## Índice de tablas

Tabla 1: Requerimientos de los agregados pétreos para micropavimento en frio ...	13
Tabla 2: Granulometría de los agregados pétreos para micropavimentos en frio ...	14
Tabla 3: Requerimientos para las emulsiones modificadas con polímeros .....	17
Tabla 4: Especificaciones de la norma ISSA para el diseño de micropavimentos ....	19
Tabla 5: Granulometría del agregado de la cantera Chorrillos .....	34
Tabla 6: Equivalente de arena .....	36
Tabla 7: Análisis de agua PH y Dureza .....	37
Tabla 8: Análisis granulométrico del relleno mineral .....	39
Tabla 9: Rueda cargada con 5% de polímero .....	41
Tabla 10: Abrasión en húmedo con 5% de polímero .....	42
Tabla 11: Rueda cargada con 7% de polímero .....	43
Tabla 12: Abrasión en húmedo con 7% de polímero.....	43
Tabla 13: Rueda cargada con 9% de polímero.....	44
Tabla 14: Abrasión en húmedo con 9% de polímero .....	45
Tabla 15: Ensayo de abrasión en húmedo .....	50
Tabla 16: Ensayo de rueda cargada .....	50
Tabla 17: Ensayo de abrasión en húmedo .....	52
Tabla 18: Ensayo de rueda cargada .....	52
Tabla 19: Ensayo de abrasión en húmedo .....	54
Tabla 20: Ensayo de rueda cargada .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Madre de Dios .....	29
Figura 2: Mapa político de Perú .....	29
Figura 3: Mapa de los distritos de Tahuamanu .....	30
Figura 4: Mapa de los distritos de Tambopata .....	30
Figura 5: Mapa de la localidad de Puerto Maldonado .....	31
Figura 6: Trituración de roca .....	32
Figura 7: Acopio del material .....	33
Figura 8: Recubrimiento del material .....	33
Figura 9: Tamizado del agregado .....	34
Figura 10: Curva granulométrica del agregado .....	35
Figura 11: Ensayo de equivalente de Arena .....	35
Figura 12: Ensayo de Azul de Metileno .....	36
Figura 13: Valor de azul de Metileno .....	37
Figura 14: Dureza de Agua .....	38
Figura 15: PH de Agua .....	38
Figura 16: Cemento Portland Yura .....	38
Figura 17: Curva granulométrica del relleno mineral .....	39
Figura 18: Ensayo de Abrasión en húmedo .....	40
Figura 19: Ensayo de rueda cargada .....	40
Figura 20: Curva de rueda cargada .....	41
Figura 21: Curva de abrasión en húmedo .....	42
Figura 22: Curva de rueda cargada .....	43
Figura 23: Curva de abrasión en húmedo .....	44
Figura 24: Curva de rueda cargada .....	45
Figura 25: Curva de abrasión en húmedo .....	45
Figura 26: Contenido óptimo de asfalto para 5% de polímero, por criterio de intersección de curvas .....	46
Figura 27: Contenido óptimo de asfalto para 7% de polímero, por criterio de intersección de curvas .....	47
Figura 28: Contenido óptimo de asfalto para 9% de polímero, por criterio de intersección de curvas .....	47
Figura 29: Contenido óptimo de asfalto para 5% de polímero, por criterio de áreas equivalentes .....	48

Figura 30: Contenido óptimo de asfalto para 7% de polímero, por criterio de áreas equivalentes .....	49
Figura 31: Contenido óptimo de asfalto para 9% de polímero, por criterio de áreas equivalentes .....	49
Figura 32: Comparación de resultados del contenido óptimo de asfalto .....	51
Figura 33: Comparación de resultados del contenido óptimo de asfalto .....	53
Figura 34: Comparación de resultados del contenido óptimo de asfalto .....	55
Figura 35: Comparación de resultados de acuerdo a la variación de polímero .....	58
Figura 36: Comparación de contenido óptimo de asfalto de acuerdo a los criterios de diseño .....	59

## RESUMEN

El presente informe de investigación tuvo como objetivo general conocer las características físicas y mecánicas del micropavimento con una emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, con la finalidad de mejorar las características mecánicas ante las pruebas de desempeño como la rueda cargada y abrasión en húmedo. En esta investigación aplicada se usó el diseño experimental, de tipo explicativo por que se presenta la relación de causa-efecto entre las variables del proyecto, se realizó la investigación mediante la recolección de datos que se obtuvieron del laboratorio de los diferentes ensayos definidos en este proyecto de investigación. Se obtuvieron resultados esperados, los componentes como el agregado, emulsión asfáltica, agua, filler, cumplieron con las exigencias de las normativas aplicadas para el proyecto. En cuanto a los resultados de desempeño se vio notorio la mejora del micropavimento ante la variación de polímero, a mayor incorporación de polímero mejoro las características mecánicas del micropavimento. Como conclusión se llegó que las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento mejoraron de manera muy favorable con el empleo de una emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, ya que como ventaja del empleo polímeros en una mezcla asfáltica y emulsión asfáltica para diferentes aplicaciones es de dar mayor tiempo de vida útil, mayor desempeño ante los diversos problemas que afectan al pavimento, como los agrietamientos, deformaciones, ahuellamientos y por diversos factores.

**Palabras claves:** Polímero, Filler, Pruebas de desempeño, criterio de intersección de curvas, criterio de áreas equivalentes.



## ABSTRACT

The general objective of this research report was to know the physical and mechanical characteristics of the micro-pavement with a highly modified asphalt emulsion with polymer, in order to improve the mechanical characteristics in the face of performance tests such as loaded wheel and wet abrasion. In this applied research, the experimental design was used, of an explanatory type because the cause-effect relationship between the project variables is presented, the research was carried out by collecting data that were obtained from the laboratory of the different tests defined in this investigation project. Expected results were obtained, components such as aggregate, asphalt emulsion, water, filler, complied with the requirements of the regulations applied for the project. Regarding the performance results, the improvement of the micropavement was noticeable due to the variation of polymer, the greater the incorporation of polymer, the better the mechanical characteristics of the micropavement. As a conclusion, it was reached that the physical and mechanical properties of the micropavement improved in a very favorable way with the use of a highly modified asphalt emulsion with polymer, since the advantage of using polymers in an asphalt mixture and asphalt emulsion for different applications is to give greater useful life time, greater performance in the face of the various problems that affect the pavement, such as cracks, deformations, rutting and due to various factors.

**Keywords:** Polymer, Filler, Performance tests, curve intersection criterion, equivalent area criterion, asphalt emulsion

## I. INTRODUCCIÓN

La infraestructura del transporte es uno de los soportes fundamentales para la integración y crecimiento económico de un país. En ese sentido la calidad de la red vial de transporte de un país es un indicador del desarrollo. A pesar de que muchos países invierten en el sector transporte con objetivos de mejorar los estándares de la calidad de las vías, mediante incorporación de nuevas tecnologías en la pavimentación, no se han podido dar soluciones a los diferentes problemas que afectan a un pavimento, es por ello que una de las alternativas tecnológicas en el mundo es la aplicación de tratamientos con emulsiones asfálticas.

En la actualidad los pavimentos viales se encuentran sometidos a exigencias que cada vez son mayores, el fuerte crecimiento vehicular que se ve reflejado en los volúmenes de tráfico en las principales vías de cada país, cargas más pesadas en las vías y mayor presión de las llantas son algunos de los factores que contribuyen a un deterioro más rápido de las carpetas de rodadura de la vía. Como consecuencia generan problemas comunes de un pavimento como el ahuellamiento, rotura por variaciones térmicas y por fatiga, así como también la pérdida de agregados de la carpeta de rodadura. La continua exposición de estos problemas en el pavimento se ha podido reducir a gran medida mediante el empleo de asfaltos modificados y emulsiones asfálticas modificadas con polímeros.

Otro de los problemas más crecientes en nuestro país es el tema de la rehabilitación o mantenimiento de una red vial, la falta de pavimentación en vías urbanas en algunos sectores del país, generando inconvenientes como el deterioro mecánico de los vehículos, desconfort en la calidad de vida de las personas del sector urbano y rural. Ante estos problemas, uno de las soluciones más factibles y económicas es el empleo de tratamientos superficiales tales como el slurry seal, mezcla asfáltica en frío (MAF) y micropavimentos. Este último se emplea para el tema de tratamiento superficial como carpeta de rodadura de red vial principal como el caso de la autopista Panamericana o redes viales de alto tráfico. El micropavimento es un tratamiento superficial que consiste en la colocación de una mezcla entre

agregados pétreos cien por ciento triturados y de emulsión asfáltica modificado con polímero según la Norma Peruana EG-2013.

Si bien el empleo del micropavimento ha crecido en los últimos años como una alternativa de solución para la rehabilitación de redes viales principales del país, tales como las autopistas de la panamericana sur y norte, redes viales importantes como la carretera interoceánica, en algunos sectores no ha sido posible solucionarse de manera efectiva con el objetivo de mejorar la vía, a pesar el empleo de polímeros las cuales mejoran las propiedades del asfalto convencional para dar una mayor resistencia al micropavimento ante los problemas que afectan a un pavimento, el factor climático es muy determinante para la aplicación de esta tecnología, las características que debe tener el diseño.

Los problemas en un pavimento tales como fisuraciones, agrietamientos, desprendimientos de las capas de rodadura presentes en todos los pavimentos flexibles existentes, la red vial interoceánica en el tramo de Puerto Maldonado no es ajeno a presentar problemas de deterioro de la carpeta asfáltica, ya sea producido por factores de uso, factores climáticos, etc. Es por ello, para mejorar la calidad de serviciabilidad de la red vial se recurre a mantenimiento de la vía mediante la aplicación del micropavimento tomando en cuenta el tipo de red vial y los factores intervinientes para el tipo de aplicación. Uno de los factores es el factor climático del lugar que es muy determinante para el tipo de diseño del micropavimento, así mismo las fuentes de los recursos que se emplean para el tipo de aplicación como los agregados y la fuente de agua.

Para el presente proyecto de investigación se formuló como **problema general** ¿De qué manera influye una emulsión asfáltica altamente modificada con polímero a las características físicas y mecánicas del micropavimento, Puerto Maldonado-2020?, basado del problema se ha derivado las siguientes preguntas específicas ¿El empleo de los agregados, mezclas asfálticas, agua y aditivos cumple con las exigencias para un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020? ¿De qué manera mejora el desempeño de un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero,

Puerto Maldonado-2020? ¿Qué criterios se deben tomar para obtener el contenido óptimo de asfalto en un diseño de micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020?

Según la **justificación** social, el proyecto de investigación beneficiara a los profesionales de ingeniería civil para diseñar un micropavimento. Este tipo de tratamiento superficial resulta ser innovadora que presenta varios beneficios ante los problemas actuales en un pavimento flexibles. Respecto a la justificación practica con el presente proyecto de investigación se pretende dar solución a los problemas actuales en el pavimento como las fisuraciones, agrietamientos, como también a la aplicación en zonas de temperaturas extremas.

Con el presente proyecto de investigación se pretende diseñar un micropavimento con tasas mayores de polímero, y ver la variabilidad que puede tener en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas con respecto a un micropavimento con emulsión asfáltica convencional. Se pretende aplicar los ensayos respectivos de acuerdo a lo exige el Manual de Carreteras EG-2013 de la Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), con ello aplicar la metodología de diseño basado en 2 criterios, el criterio de Áreas Equivalentes y el criterio de Intersecciones.

El trabajo de investigación tiene por **objetivo general**, Conocer las características físicas y mecánicas del micropavimento con una emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020.

Así mismo, como objetivos específicos se plantearon los siguientes: Evaluar mediante ensayos de laboratorio los agregados, mezclas asfálticas, agua y aditivos para micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con Polímero, Puerto Maldonado-2020. Determinar mediante ensayos de laboratorio el desempeño de un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020. Analizar y comparar los criterios de diseño para obtener el contenido óptimo de asfalto para un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020.

Con la finalidad de dar respuesta a la formulación del problema y lograr los objetivos propuestos se ha planteado como **hipótesis** general lo siguiente: Las características físicas y mecánicas del micropavimento mejoran de manera favorable con una emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020.

Así como también se ha planteado las hipótesis específicas: Los agregados, mezcla asfáltica, agua y aditivos cumplen con las exigencias del Manual EG-2013 para un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020. La emulsión asfáltica altamente modificada con polímero influye de manera favorable en el desempeño de un micropavimento, Puerto Maldonado-2020. El criterio de Áreas equivalentes brinda mayor seguridad para evitar problemas en el asfaltado respecto al criterio de intersecciones en el diseño de un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020.

## II. MARCO TEÓRICO

**Toscano** (2014) en su investigación para la obtención del título de ingeniero civil titulado *Diseño de Micro-pavimento aplicado como tratamiento superficial para el control de la variación térmica en el pavimento flexible de la vía Pifo-Cusubamba, como parte del mantenimiento preventivo*, de la Universidad Internacional del Ecuador. El **objetivo** de la investigación Diseñar una mezcla de Micro-pavimento, que minimice el deterioro repentino de la capa superficial de un pavimento flexible, provocado por la falta de mantenimiento, el uso y los cambios de temperatura a la que está expuesta. El **trabajo de investigación** fue elaborado con metodología explorativa, descriptiva y de observación. Como **resultado** de la investigación determinó que el número de intervenciones en un tiempo de 8 años con micro-pavimento es menor en comparación al de Slurry Seal y lo resultados obtenidos al realizar el secado de la mezcla en el medio ambiente en día nublado, son inferiores a los obtenidos con secado en día soleado. Llegando a la **conclusión** que para definir la fórmula ideal de diseño se debe realizar diversas mezclas variando los porcentajes de sus componentes, observando el comportamiento de la mezcla asfáltica en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas.

**Aicamaña** (2017) en su proyecto de investigación con la finalidad de optar el título de ingeniero civil, *Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimento asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales* de la Universidad Técnica de Ambato. Tuvo como **objetivo** estudiar el comportamiento de la estabilidad y flujo de las briquetas, con mezcla asfáltica a base de polímero y mezcla asfáltica tradicional, mediante un estudio tipo experimental. Como **resultado** de la investigación la Estabilidad con la mezcla convencional fue de 5500, con una tasa de 6.5% del cemento asfáltico y de la mezcla modificada con 1% de polímero P.E triturado fue de 4600, con un contenido de 6.0% del cemento asfáltico y fue la que presento un mejor resultado. **Concluyendo** que para llegar a determinar los resultados de la investigación que permitieron establecer conclusiones reales se utilizó el método del Ensayo Marshall, se ensayaron briquetas (mezcla de agregado y asfalto) con materiales de brindados por la planta asfáltica Jeal Construcciones, con la finalidad de obtener un

resultado correcto y descartando los valores erróneos que pudieron afectar en la investigación.

**Castiblanco** (2015) en su investigación titulado ***Uso de micropavimento para adecuación de vial municipales*** de la Universidad Militar Nueva Granada. El **objetivo** de la investigación fue dar a conocer algunas de las aplicaciones o usos de los micropavimentos para la intervención de vías enfocado a la pavimentación de vías secundarias y terciarias o Bajo tránsito, como en mantenimiento y la recuperación de vías pavimentadas con deterioros superficiales o de baja severidad. Al finalizar la investigación **concluyo** que los micropavimentos permiten aprovechar las condiciones del terreno y aplicar carpetillas de poco espesor, a pesar de esta definición cumplen la función propia al de los pavimentos flexibles, cuya finalidad proteger la estabilidad de las capas estructurales del pavimento, proporcionar una carpeta de rodadura impermeable. El micropavimento presenta una serie de ventajas con respecto a otros tratamientos superficiales, porque permitirá que las vías cumplan con su función básica, además de ello contribuirá a consolidar la movilidad de los municipios de manera económica y rápida.

**Palomino y Rodriguez** (2017), en sus trabajos de investigación titulado ***Importancia en la selección de criterios de diseño en el desempeño de micropavimento aplicado al proyecto vial Conococha – Recuay*** de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, tuvo como **objetivo** demostrar la importancia en la selección del criterio de diseño, que permitirá afinar el óptimo contenido de asfalto, el cual llevará a desarrollar un mejor desempeño del micropavimento, pues minimizará riesgos por déficit o exceso de ligante, en el proyecto vial Conococha – Recuay. En la investigación se llegó a la **conclusión** que el criterio de las áreas equivalentes es la mejor opción para determinar la cantidad de emulsión óptima que se utilizará en el micropavimento, respecto al otro criterio de intersección de curvas.

**Coronel** (2017), en su tesis ***Micropavimento: Alternativa técnico-económica para la pavimentación del Asentamiento Humano Lomas de Marchan-Pucusana, Lima, 2017*** de la Universidad Cesar Vallejo. El **objetivo** planteado en

la investigación fue determinar si el micropavimento era la mejor alternativa para la pavimentación de las calles del Asentamiento Humano Lomas de Marchan, en Pucusana/Lima. Para el diseño de la mezcla del micropavimento en frío con 10 mm de espesor, así como también con lo que indica el manual de la ISSA-A143, el agregado utilizado en la investigación fue procedente de la Cantera "Crushing" y la Emulsión Asfáltica con Polímeros de la empresa TDM Asfaltos. Llegando a la **conclusión** para la determinación de los parámetros de diseño de la pavimentación de las calles del Asentamiento Humano Lomas de Marchan-Pucusana/Lima, se realizó el ensayo de CBR (California Bureau Ratio) del suelo de Sub-rasante y del afirmado de Base Granular, en laboratorios especializados. La investigación determinó que la mejor alternativa de pavimentación es el micropavimento en fría para las vías del Asentamiento Humano Las Lomas de Marchan/Pucusana-Lima, ya que presenta ventajas económicas y ecológicas respecto a otras aplicaciones.

**Ortiz** (2014) en su trabajo de investigación para optar el título profesional de ingeniero civil titulado: ***Evaluación en laboratorio del desempeño de morteros asfálticos y micropavimentos con agregados naturales del proyecto: Mantenimiento de carretera interoceánica norte***, de la Universidad Nacional de Ingeniería. Planteo como **objetivo** evaluar el desempeño de morteros asfáltico (Slurry Seal) y micropavimentos con los agregados naturales provenientes de la cantera Naranjillo, cantera Yaracyacu y cantera Vilcaniza. El **estudio** es un tipo experimental y como muestras de estudios se realizó con agregados provenientes de la cantera Naranjillo (Tarapoto), cantera Yaracyacu (Yurimaguas) y cantera Vilcaniza (Pedro Ruiz Gallo). **Concluyo** que en respecto al diseño, la diferencia básica entre morteros asfálticos y micropavimentos es la emulsión. Los morteros asfálticos emplean emulsiones de rotura lenta no necesariamente con asfaltos modificados mientras que los micropavimentos emplean emulsiones de rotura rápida con asfaltos modificados ya que uno de sus beneficios principales debe ser garantizar apertura al tráfico luego de un corto periodo de tiempo.

**Robati** (2014), in his thesis entitled ***Evaluation and improvement of micro-surfacing mix design method and modelling of asphalt emulsion mastic in terms of filler-emulsion interaction***, had as main **objective** is to experimentally



and analytically study and improve rutting resistance of micro-surfacing mixtures. It which consisted of the application of three asphalt emulsions contents and four water levels for the design. **The results** of this research program have contributed significantly to the increase of knowledge in the field of micro surface materials, as an example, there is a better understanding of the role of each component of the mixtures in its mechanical behavior. The research was based on experimental and analytical investigations of the resistance to routing of micro-surface mixtures. Due to its complexity, it was **conclude** that there are numerous research problems that require research and investigation to be solved. An investigation was carried out that included a large experimental campaign on the characterization of the resistance to routing of the micro-surface mixtures to solve the relevant research problems.

La investigación consistió evaluar y mejorar el método de diseño de micropavimentos mediante una investigación experimental y analíticamente con el objetivo de mejorar la resistencia al agrietamiento de las mezclas de micropavimentos y contribuir al aumento de conocimiento en el campo de esta aplicación. Según la investigación, el estudio se centró en problemas a la resistencia al agrietamiento y que existen números problemas que requieren una mayor investigación para ser resueltos con la finalidad de tener un mayor conocimiento sobre este tipo de aplicación.

**Hafezzadeh y Kavussi** (2019), their investigations titled ***Application of microsurfacing in repairing pavement surface rutting***. Whose **objective** of this research was to evaluate the effect of different percentages of SBR latex and Portland cement on the mechanical properties of the micro-surface mixtures, especially the resistance to routing. The **investigation** was an experimental type, in this investigation, a coarse size microsurface mixture was designed and tested using a load wheel, a cohesiometer and wet-path abrasion tests. The residual asphalt content varied from 6.3 to 10% and various amounts of latex were applied, ranging from 3 to 5%. Based on the **results** of the above tests, the optimal condition was the addition of 5% SBR latex to the emulsion mixture containing 8.2% residual

bitumen. With this formulation, the mixture showed a nearly 50% increase in both abrasion resistance and load resistance of the wheels.

En esta investigación consistió en la incorporación de polímero (látex) en porcentajes de 3 a 5% con fines de mejorar las propiedades del micropavimento y así tratar de mejorar las condiciones del pavimento ante los problemas de agrietamientos y deformaciones a causa del tráfico. Concluyendo que el mejor resultado fue la incorporación de 5% de polímero en 8.2% de contenido de asfalto residual, ya que la mezcla mostro un aumento casi 50% tanto en la resistencia a la abrasión y la resistencia a la rueda cargada.

**Carter, Perraton y Robati** (2015) in their research entitled *Evaluation of a modification of current microsurfacing mix desing procedures*, from the Canadian journal of civil engineering. The general **objective** of the research was to improve the performance of the micro-surface mixtures through the development of a rational mixture design procedure, guidelines and specifications. The **research** was an experimental program consisting of two parts. In the first part, the influence of different parameters owas studied and the sensitivity of different tests was evaluated. In the second part, modifications to the ISSA mix design procedure were suggested to select the optimal mix design ratios. **The conclusion** that was reached in the investigation, was that the total amount of water in the microsurface mixtures seems to have a profound influence on the results of the loaded wheel test and the wet abrasion tests. Selecting the optimal asphalt emulsion content by evaluating the loss of abrasion in the wet abrasion test compared to collecting the loaded wheel tester is not accurate enough.

La investigación consistió en la evaluación de una modificación de los procedimientos del diseño de mezcla de micropavimento de la especificación ISSA. Fue una investigación experimental que consistió en dos partes, la primera se estudió la influencia de diferentes parámetros y en la segunda fue las modificaciones al procedimiento de diseño de mezcla de la especiación ISSA. Como conclusión que llego la investigación fue que la cantidad total de agua en las

mezclas de micro superficies parece tener una profunda influencia en los resultados de la prueba de la rueda cargada y las pruebas de abrasión en húmedo.

**Ramírez** (2016) en la investigación ***Evaluación de compatibilidad de mezclas asfálticas, utilizando agregados de la cantera San Martín con cemento asfáltico PEN 60/70 y emulsión asfáltica CSS-1HP***, de la INGnosis. Planteo como **objetivo** evaluar la compatibilidad de los agregados, determinar su contenido óptimo de asfalto y su diseño de la mezcla asfáltica en caliente y la mezcla asfáltica en frío empleando con cemento asfáltico PEN 60/70, la emulsión asfáltica con polímero CSS-1HP y los agregados provenientes de la cantera San Martín. La realización de la **investigación** fue experimental, a través de ensayos de laboratorio especializados de mecánica de suelos y pavimentos. Llegando a la **conclusión** de acuerdo a la investigación, se determinó que los agregados de la cantera San Martín cumplían con los parámetros exigidos por el manual de Carreteras de la MTC. Así como también, el uso de las emulsiones asfálticas con polímero presenta ventajas técnicas, económicas, seguridad y ambiental en comparación de los cementos asfálticos.

**Victoria, Ortiz, Avalos y Castañeda** (2016) en su investigación titulado ***Modificación de Asfalto con Elastómeros para su uso en Pavimentación***, mencionan que la modificación de asfaltos consiste en la incorporación de polímeros a un asfalto convencional con la finalidad de mejorar sus propiedades físico-químicas, su uso en pavimentos ayuda a mejorar en temas de desempeño y así alargar la vida útil de los mismos y que el uso de AMP en pavimentos surgió de la necesidad de producir un asfalto con mayor calidad y mejor resistencia en las carreteras. Además, se realizó diferentes pruebas con una variedad de polímeros con el SBR, SBS, SEBS, etc., asimismo el costo de aplicación varía según el tipo de polímero a emplearse para pavimentos y es más costoso que un asfalto convencional. **Concluyeron** que, a pesar del alto costo en la preparación y las dificultades en la aplicación de un asfalto modificado con Polímero, el uso de éstos en pavimentación proporciona a las mezclas grandes beneficios en cuanto a ahuellamiento, resistencia a la fractura, variación térmica y permeabilidad, lo que conlleva a prolongar el tiempo de la vida útil del pavimento flexible

**Puiggené, Torres-Llosa y Takamura (2013)** en sus investigaciones titulado ***Efectos del empleo de latex de SBR en la modificación de cemento asfáltico y de emulsiones bituminosa de uso vial.*** El **objetivo** de esta investigación fue presentar los beneficios de la incorporación del polímero (latex) de SBR tanto para la modificación del cemento asfáltico a emplear en una mezcla asfáltica en caliente, como la incorporación en las emulsiones asfálticas, que se emplean en aplicaciones de mezcla asfálticas en frío como los micropavimentos y los tratamientos superficiales, por la inversión relativamente baja necesaria para su incorporación (1-3% sobre el cemento asfáltico) respecto a los otros polímeros. Llegando a la **conclusión**, que los beneficios que se obtiene de la incorporación de polímero en una mezcla asfáltica son de brindar una mayor vida útil de las vías pavimentadas, al reducirse considerablemente problemas de ahuellamiento, el agrietamiento térmico y de la fatiga, y el desprendimiento de agregado de la carpeta asfáltica.

**El micropavimento** consiste en la colocación de una mezcla de agregados pétreos bien triturados y de una emulsión asfáltica modificada con polímeros, sobre una superficie de una vía pavimentada de acuerdo con las especificaciones del manual EG-2013 y de conformidad con lo propuesto por el proyecto.<sup>1</sup> La mezcla asfáltica de un micropavimento debe ser durable, en otros términos, la aplicación del micropavimento debe ser resistente a las condiciones expuestas para el cual fue diseñado, tales como el desprendimiento de la película de asfalto y agregado por efectos del agua, desgaste de la carpeta asfáltica por abrasión del tránsito, etc.

El uso de esta tecnología ha sido de muy amplia aplicación desde hace más de setenta años en países como Francia, España y Estados Unidos y entre otros países, por lo cual esta tecnología ha avanzado en forma tal que brinda solución a los problemas comunes en pavimentación, mantenimiento y recuperación de los pavimentos asfáltico.<sup>2</sup> Así mismo, inicialmente se definió como lechada asfáltica denominado hoy en día Slurry Seal que viene a ser una mezcla de emulsión asfáltica, agregado fino bien graduado, aditivos y agua. El micropavimento es

---

<sup>1</sup> (MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones., 2013 pág. 643)

<sup>2</sup> (INDECO Asociados SAS, 2012 pág. 2)

similar a este tratamiento solo con la diferencia que este tratamiento se incorpora el polímero.

Si bien con el avance de la tecnología se ha solucionado ciertos problemas de pavimento, en la actualidad hay problemas que prevalecen y que son temas de estudio, tales como aplicaciones en temperaturas extremas ya sean cálidos o fríos. El uso de polímeros en pavimentos es una alternativa que se estudia en la actualidad para dar soluciones a los problemas en zonas con temperaturas elevadas.

El instituto del Asfalto define al micropavimento como una mezcla de agregados bien graduados y triturados libres de contaminantes, emulsión asfáltica, filler (cemento), aditivos (casos excepcionales) y agua libre de impurezas, pero mediante la incorporación de polímeros en la emulsión asfáltica y el empleo de técnicas especializadas de diseño para el tipo de aplicación. El micropavimento ofrece protección al pavimento existente y mejora los valores de fricción superficial del pavimento.<sup>3</sup> Una de las características de la aplicación del micropavimento es de rápida rotura, en otras palabras es una aplicación de rápida apertura al tráfico.

El **micropavimento** es un sistema de tránsito rápido que permite que el tránsito se reactive poco tiempo después de su colocación. Por lo general, estos sistemas deben aceptar tránsito recto de rodadura sobre una superficie gruesa de 0,5 pulgadas (12.7 mm) dentro de 1 hora después de la colocación, en condiciones de aplicación específicas.<sup>4</sup>

Los componentes que comprenden para un diseño de micropavimentación son los agregados bien graduados provenientes de la trituración de roca, emulsión asfáltica de alta calidad incorporado polímero, agua libre de impurezas (Agua potable por lo general), relleno mineral (filler) o cemento Portland tipo 1 y aditivos (casos excepcionales) que mejoren la aceleración o retarden el fraguado.

---

<sup>3</sup> (ASPHALT Institute, 2008 pág. 45)

<sup>4</sup> (ISSA A-143, 2010 pág. 2)

Los **agregados** son los componentes principales del micropavimento, por tanto, el agregado mineral a utilizar será del tipo especificado (Tipo de Gradación) para los requisitos de aplicación particulares de la micropavimentación. El agregado será de piedra triturada libre de sustancias que pueden alterar la mezcla agregado-emulsión.<sup>5</sup> El agregado a emplearse para un diseño de micropavimento deberá cumplir ciertos parámetros que exige la especificación del Manual EG-2013.

**Tabla 1.** *Requerimientos de los agregados pétreos para Micropavimentos en frío*

Ensayo	Norma	Exigencia
Partículas fracturadas	MTC E-210	100%
Durabilidad al Sulfato de sodio	MTC E-209	Máx. 12%
Desgaste de los Ángeles	MTC E-207	Máx. 25%
Equivalente de Arena	MTC E-114	Mín. 60%
Azul de metileno	AASHTO TP-57	Máx. 8
Adherencia Riedel Weber	MTC E-220	Mín. 4
Adherencia Método Estático	ASTM D-1664	Mín. 95%

*Fuente: MINISTERIO de transporte y comunicaciones, 2013 pág. 644*

Teniendo el conocimiento de que el Micropavimento es un tratamiento superficial de alto rendimiento, el micropavimento tiene una clasificación de tres tipos de acuerdo a su gradación respecto al tamaño máximo del agregado según el manual International Slurry Surfacing Association con sus siglas ISSA.<sup>6</sup> El manual de la ISSA define tres tipos de granulometrías que se pueden emplear para un diseño de micropavimento, pero que cada tipo de granulometría se emplea de acuerdo a su aplicación y es el proyecto el que define el tipo de gradación a aplicar.

Tipo I: Este tipo de gradación se suele utilizar en vías de bajo tráfico, donde el propósito principal es el óptimo sellado de la superficie de un pavimento. Este tipo de gradación también se puede aplicar como tratamiento previo a un recabado asfáltico o sello de agregados. Este tipo de aplicación usualmente en el Perú no se suele aplicar, ya que hay otros tratamientos alternativos que se pueden aplicar tal como un tratamiento de sello de arena.

<sup>5</sup> (ISSA A-143, 2010 pág. 3)

<sup>6</sup> (ISSA A-143, 2010 pág. 4)

Tipo II: tipo de gradación más empleada en el país, protege la superficie subyacente previniendo el envejecimiento del pavimento estructural y de los daños ocasionados por efectos del agua, y mejora la fricción superficial de la vía. Como también, puede corregir las fallas presentes de la superficie del pavimento. Se emplea principalmente en pavimentos que están sometidos a un tráfico y carga moderado.

Tipo III: Este tipo de gradación se emplea en redes viales principales y de gran importancia que presentan un alto tráfico, donde las cargas aplicadas son elevados, además el empleo de esta gradación también sirve para conseguir un mejor performance de transitabilidad y serviciabilidad en una vía de alto rendimiento respecto a los otros tipos. Se aplican en niveles de alto rendimiento del tránsito como el de las autopistas de la Panamericana y tramos de gran importancia como son las vías Interoceánicas.

El Manual EG-2013 menciona que “Se entenderá por agregados pétreos limpios, aquellos agregados libres de materia orgánica, arcilla o materias extrañas.”<sup>7</sup> El tipo de granulometría a emplear será establecido por el proyecto, en la tabla siguiente se mostrará la gradación según el manual EG-2013.

**Tabla 2.** *Granulometría de los agregados pétreos para micropavimentos en frío*

Tamices		Bandas granulométricas			
(mm)	(ASTM)	Porcentaje en peso que pasa (%)			
		Tipo M-I	Tipo M-II	Tipo M-III	Tipo M-IV
12,5	(1/2")				100
10,0	(3/8")		100	100	85-95
5,0	(N° 4)	100	85-95	70-90	62-80
2,5	(N° 8)	85-95	62-80	45-70	41-61
1,25	(N° 16)	60-80	45-65	28-50	28-46
0,63	(N° 30)	40-60	30-50	18-34	18-34
0,315	(N° 50)	25-42	18-35	12-25	11-23
0,16	(N° 100)	15-30	10-24	7-17	6-15
0,08	(N° 200)	10-20	5-15	5-11	4-9

*Fuente:* MINISTERIO de transporte y comunicaciones, 2013 pág. 644

<sup>7</sup> (MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones., 2013 pág. 643)

El **relleno mineral o Filler** puede utilizarse para mejorar la consistencia de la mezcla agregado- emulsión y ajustar las propiedades de fractura u curado de la mezcla de un micropavimento. Se puede utilizar el cemento Portland, hidróxido de calcio y polvo de caliza, cenizas volantes y/u otros rellenos que cumplan lo exigido por la ASTM D-242.<sup>8</sup>

EL relleno mineral más usado en el Perú es el cemento Portland que viene a ser un conglomerante hidráulico, el cemento portland brinda propiedades en cuanto el aumento de la consistencia y la trabajabilidad de un micropavimento para su aplicación. El cemento es el relleno mineral que comúnmente se suele utilizar en el Perú para este tipo de aplicación.

El **aditivo** no siempre se suele utilizar en la aplicación del micropavimento salvo en casos esenciales donde se requiera acelerar o retardar el fraguado del micropavimento. Los aditivos adecuados y su campo de uso aplicable deben ser aprobados por el laboratorio como parte del diseño de mezcla.<sup>9</sup>

Otro de los componentes del micropavimento es el agua que debe estar libre de sales perjudiciales y contaminantes que pueden afectar el diseño de la aplicación del micropavimento. La especificación ISSA menciona que si la calidad del agua está en duda, se la debe entregar al laboratorio junto con la demás materia prima para el diseño de Mezcla.<sup>10</sup>

Las **emulsiones asfálticas** fueron empleadas por primera vez a comienzos del siglo XX. Fue recién en los años 20 cuando su uso se fue generalizando en las aplicaciones viales, pero que inicialmente se utilizaron escasas aplicaciones como riego de emulsión. Con el pasar del uso de las emulsiones asfálticas ha crecido de manera lenta, ya que en aquellos tiempos estaba limitado por el tipo de emulsiones disponibles, que mucho se debe por la falta de conocimientos sobre esta técnica y su correcta aplicación.<sup>11</sup>

---

<sup>8</sup> (ISSA A-143, 2010 pág. 6)

<sup>9</sup> (ISSA A-143, 2010 pág. 6)

<sup>10</sup> (ISSA A-143, 2010 pág. 6)

<sup>11</sup> (ASPHALT Institute, 2008 pág. 1)



En la actualidad el conocimiento sobre las emulsiones asfálticas es amplio y diverso en comparación a sus inicios, ya que a nivel mundial se continúan investigando para diversas aplicaciones.

Con el pasar del tiempo, en la actualidad el desarrollo de nuevos tipos de emulsiones según su carga (catiónicas y aniónicas), grados, practicas mejoradas y sumado equipo de construcción ahora ofrece una amplia gama de aplicación. Una de las aplicaciones más relevantes de la emulsión asfáltica de gran crecimiento es el uso en pavimentos, tales como tratamientos superficiales, estabilizaciones del suelo.

La especificación del Manual EG-2013 menciona que el material bituminoso a emplearse para un micropavimento será una emulsión asfáltica modificada con polímero que cumplan los parámetros establecidos en la especificación de la manual. El tipo de asfalto a emplearse para la emulsión asfáltica será indicado en el expediente del proyecto, basándose según el tipo de agregado pétreo a utilizarse en el proyecto, las características del tránsito y condiciones climatológicas del lugar en el cual se va aplicar el micropavimento.<sup>12</sup>

El **asfalto emulsionado (emulsión asfáltica)**, como indica la especificación ISSA debe ser modificado con polímeros para una aplicación del micropavimento. El material del polímero debe estar fresado o fusionado con el asfalto o la solución emulsionante (solución jabonosa) antes del proceso de mezclado del asfalto con solución emulsionante. Por lo general, se considera mínimo un tres por ciento (3%) de solidos de polímero, basados en el peso del asfalto.<sup>13</sup> La emulsión asfáltica deberá cumplir los requisitos de calidad según las exigencias del Manual EG-2013 para así garantizar su uso en la aplicación correspondiente tales como tratamientos superficiales.

---

<sup>12</sup> (MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones., 2013 pág. 645)

<sup>13</sup> (ISSA A-143, 2010 pág. 2)

**TABLA 3. Requerimiento para las emulsiones modificadas con polímeros**

Ensayo	Norma	Exigencias
Viscosidad Saybolt Furol (25°C) (sSf)	MTC E-403	20-100
Sedimentación (7 días)	MTC E-404	5% máx.
Prueba de tamiz	MTC E-405	0.1% máx.
Carga de partícula	MTC E-407	Positiva/Negativa
Determinación de residuo de evaporación	MTC E-411	62% mín.
Penetración 25°C. 100 g. 5s, 0,1mm	MTC E-304	50-90 100-150
Ductibilidad 5°C	MTC E-306	≥ 10 cm
Índice de fraass	MTC E-311	-17°C máx.
Recuperación elástica 25°C, 20cm, 1h	ASTM D6084	30% mín.

*Fuente:* MINISTERIO de transporte y comunicaciones, 2013 pág. 646

Los componentes para la preparación de la emulsión asfáltica consisten en tres ingredientes básico que son el cemento asfáltico (materia prima), agua y un agente emulsificante. En algunos casos la emulsión asfáltica puede contener aditivos que mejoren o ayuden las propiedades de la mezcla como los estabilizantes, mejoradores de recubrimiento, adherencia o agentes de rotura.<sup>14</sup>

El cemento asfáltico (materia prima o PEN) es el elemento básico para la elaboración de una emulsión asfáltica, puede constituir entre 50% a 75% de la emulsión. El segundo componente de la emulsión asfáltica es el agua la cual debe estar limpio de impurezas para la producción de la emulsión asfáltica. Por ultimo como el tercer componente es el agente emulsificante, dicho químico mantiene en suspensión estable a los glóbulos del asfalto y permite su rotura oportuna de la mezcla del micropavimento.<sup>15</sup> En el campo de los agentes emulsificantes hay un sin número de aditivos que se elaboran a nivel mundial, por tanto el tipo de agente emulsificante a emplearse para esta aplicación es determinado por las plantas o empresas de asfalto.

<sup>14</sup> (ASPHALT Institute, 2008 pág. 5)

<sup>15</sup> (UNIVERSIDAD Mayor de San Simón, 2004 pág. 40)

Para la realización de un micropavimento, inicialmente se realiza un pre-diseño teórico para la elaboración de la mezcla de agregado-emulsión la cual se basa en un contenido teórico de asfalto. El diseño de un micropavimento es esencial que se diseñe en laboratorios especializados, donde se realizan mezclas de prueba para determinar la compatibilidad del agregado con la emulsión asfáltica, como también las propiedades en cuanto a la trabajabilidad, estabilidad y resistencia de la mezcla del micropavimento.

El manual de carreteras sugiere que para la realización del diseño de un micropavimento y la obtención de la fórmula de trabajo que debe ser aplicado en el proyecto, deberá dosificarse de acuerdo a dos ensayos de acuerdo al manual de la ISSA. El ensayo de abrasión en húmeda se determinará el contenido mínimo de asfalto en la mezcla. Así mismo, para condiciones extremas de carga del pavimento como tránsito pesado se deberá verificar el diseño del micropavimento según la norma con el ensayo de rueda cargada. Para el tema de apertura al tráfico se deberá realizar ensayos de cohesión la cual determinara el rompimiento y curado de las mezclas para el micropavimento.<sup>16</sup>

El **ensayo de abrasión en húmedo** es un método de prueba que mide las cualidades de desgaste de los sistemas de revestimiento como el micropavimento en condiciones de abrasión en húmedo.<sup>17</sup> El ensayo consiste en la elaboración de moldes las cuales se incorporan en el equipo del ensayo, la cual proporciona valores específicos para los resultados de las pruebas de abrasión en pistas húmedas. Con el ensayo de abrasión en húmedo se determinará el contenido mínimo de asfalto en la mezcla de la aplicación del micropavimento.

El **ensayo de rueda cargada** es una prueba que destinada a compactar mezclas bituminosas de agregado fino, como el Slurry Seal o micropavimento, por medio de una rueda reciproca cargada que se apoya en llanta de goma. La carga y la llanta de goma deben estar normalizado para el ensayo. Con este ensayo se puede determinar ciertos parámetros como la exudación de asfalto, el desplazamiento

---

<sup>16</sup> (MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones., 2013 pág. 648)

<sup>17</sup> (ISSA -TB 100, Revised 2/2018)

vertical y lateral de la capa asfáltica.<sup>18</sup> El ensayo de Rueda cargada consiste en colocar un capa del micropavimento y realizar un simulación del paso del tráfico, esta prueba determina el contenido máximo de asfalto para evitar problemas de exudación de asfalto bajo cargas de tráfico pesado.

El **diseño de los micropavimentos** se basa en la determinación de los componentes necesarios para lograr la mejor solución desde el punto de vista técnico-económico. Para lograr el diseño se tiene que realizar pruebas de desempeño en base a un contenido teórico de asfalto, con ello someter a los ensayos de abrasión en húmedo y rueda cargada. El manual de la ISSA A-143 propone valores máximos y mínimos para estas pruebas de desempeño.

**Tabla 4.** Especificación de la norma ISSA para el diseño de Micropavimentos

ENSAYO	MÉTODO	UNID.	VALOR	ESPECIFIC.
Tiempo de mezclado	ISSA TB-113	Seg.	120	mínimo
Cohesión húmeda	ISSA TB-139	kg/cm	12.00	Mínimo 30 min.
		kg/cm	20.00	Mínimo 60 min.
WTAT	ISSA TB-100	g/m <sup>2</sup>	538.00	Máximo
LWT	ISSA TB-109	g/m <sup>2</sup>	538.00	Máximo

Fuente: (ISSA A-143, 2010)

Como se puede observar en la tabla del manual de la ISSA para la prueba de abrasión en húmedo (WTAT) permite como valor máximo una pérdida de peso 538 k/m<sup>2</sup> del agregado-emulsión. Por otro lado, la prueba de rueda cargada (LWT) nos permite determinar el contenido máximo de asfalto, así evitar excesos lo cual puede provocar la exudación en la mezcla. En la tabla se observa un máximo de adhesión de arena hasta 538 kg/m<sup>2</sup>, lo cual nos tendrá un rango seguro ante los problemas de exudación.

<sup>18</sup> (ISSA-TB 109, Revised 6/2018)

Los diseños que se encuentren dentro del rango las especificaciones dadas por la Norma ISSA A-143 se puede decir que son micropavimentos. Sin embargo, existe muchos valores para el contenido de asfalto dentro del rango que se pueden utilizar para diseñar el micropavimento. Es por ello que la norma recomienda dos criterios para optimizar la cantidad de residuo asfáltico, el criterio de la intersección de curvas y el criterio de las áreas equivalentes.<sup>19</sup>

El criterio de la intersección de curvas nos indica que la cantidad óptima de residuo asfáltico se encuentra en la intersección de las dos curvas formadas por los ensayos de abrasión en húmedo y la rueda cargada. El método consiste para determinar el contenido óptimo del residuo asfáltico en intersectar las curvas de abrasión en húmedo y la rueda cargada, trazar una perpendicular desde el punto de la intersección hasta el eje de las abscisas (eje del residuo asfáltico).

El criterio de las áreas equivalentes para calcular la cantidad óptima del residuo asfáltico se basa en intersectar las curvas de los ensayos de abrasión en húmedo y rueda cargada con los valores máximos de la especificación de la norma ISSA. Se traza una perpendicular hacia el eje de las abscisas de esta manera se forma un rectángulo con un área definida. El criterio de las áreas equivalentes indica que se debe trazar una recta vertical que divida el área del rectángulo en partes iguales, la intersección de la recta vertical con la abscisa determinara el porcentaje óptimo del residuo asfáltico.

---

<sup>19</sup> (ISSA A-143, 2010 pág. 7)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El diseño de esta investigación es experimental, porque se hace la evaluación de desempeño del diseño de un Micropavimento con Emulsión Asfáltica Altamente Modificada con Polímero. Según Arias “La investigación experimental es cuando observas una problemática, luego formulas una interrogante, hay hipótesis, recolectas datos necesarios para llevar a cabo la investigación, experimentas y obtienes resultados producto de la experimentación y concluyes afirmando el cumplimiento de las hipótesis o negando las hipótesis”<sup>20</sup>

La investigación es experimental porque existe relaciones de causa efecto entre las variables del proyecto de investigación y el tipo de investigación experimental es cuasi experimental.

El tipo de investigación es **explicativa** porque se pretende conocer cómo influye la incorporación de tasas de polímero en una emulsión asfáltica convencional para un micropavimento, con ello determinar si hay variaciones en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento.

Para Hernández, Fernández y Baptista, señalan que “Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por que se relaciona dos o más variables.”<sup>21</sup>

Por tanto, un estudio explicativo pretende establecer los causales de los fenómenos que el investigador estudia. En el caso de la investigación presentada busca

---

<sup>20</sup> (ARIAS, 2012 pág. 34)

<sup>21</sup> (HERNÁNDEZ, y otros, 2014 pág. 95)

establecer los efectos que se puede obtener al incrementar la tasa de polímero en una emulsión asfáltica convencional para micropavimento.

Por ende, es aplicado debido que se realiza mediante procesos tales son la recolección de datos, compra de muestra y su posterior experimentación en laboratorios especializados para la corroboración de las hipótesis mediante informaciones internacionales basadas en problemas similares.

El nivel es explicativo porque las variables de la investigación son usadas para determinar si las características físicas y mecánicas del micropavimento pueden mejorar de manera favorable con una emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado 2020.

Para este concepto Arias señala lo siguiente: “La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas, como de los efectos, mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos”<sup>22</sup>

El **enfoque** de la presente investigación es cuantitativo ya que se predice la hipótesis y se corrobora mediante la experimentación esa predicción y también porque hay una relación entre la variable independiente y la dependiente de la investigación.

Para Hernández, Fernández y Baptista “los enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto constituyen posibles elecciones para enfrentar problemas de investigación y resultan igualmente valiosos. Son, has ahora, las mejores formas diseñadas por la humanidad para investigar y generar conocimientos.”<sup>23</sup> Por lo tanto, se reitera que la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que presenta dos variables que son la emulsión asfáltica altamente modificada y el micropavimento.

---

<sup>22</sup> (ARIAS, 2012 pág. 26)

<sup>23</sup> (HERNÁNDEZ, y otros, 2014)

### **3.2. Variables y operacionalización**

Según Arias una variable es una característica, magnitud o cantidad, que puede sufrir cambio, y que es objeto de análisis, medición, manipulación o control es una investigación.<sup>24</sup> Para el presente trabajo de investigación está compuesto por dos variables, variable independiente y variable independiente.

Variable independiente: Emulsión Asfáltica Altamente Modificada con Polímero

Variable dependiente: Micropavimento

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

#### **Población.**

La población según Arias “(...) es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.”<sup>25</sup> En tal sentido una investigación tiene como propósito estudiar una agrupación o conjunto de individuos, objetos o elementos de características similares.

Para este proyecto de investigación la población que se definió está conformado por los diferentes ensayos de laboratorio especializado en mezclas asfálticas y emulsiones asfálticas para pavimentos, ensayos que comprenden para un diseño de Micropavimento.

#### **Muestra**

Definido la población de la investigación se debe definir un subgrupo de la población que viene a ser la muestra, por tanto, la muestra según Hernández, Fernández y Baptista “(...) es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población.”<sup>26</sup>

---

<sup>24</sup> (ARIAS, 2012 pág. 57)

<sup>25</sup> (ARIAS, 2012 pág. 81)

<sup>26</sup> (HERNÁNDEZ, y otros, 2014 pág. 173)



Entonces podemos reafirmar y decir que la muestra es un subgrupo o parte de la población que se extrae para ser evaluada y analizada, por ello es que en esta investigación se ha tomado las siguientes pruebas de laboratorio para un diseño de micropavimento como muestra, las cuales estarán conformadas por:

Ensayos de caracterización del agregado (Granulometría, EA, reactividad)

Ensayos de la mezcla agregado-emulsión (trabajabilidad, consistencia)

Ensayos de caracterización de la emulsión

Ensayos de desempeño (abrasión en húmedo y Rueda cargada)

### **Muestreo**

Para determinar las muestras necesarias para la investigación se basó a un muestreo que según Macassi y Mata sostiene que: “El muestreo consiste en un conjunto de reglas, procedimientos y criterios mediante los cuales se selecciona un conjunto de elementos de una población que representan lo que sucede en toda la población”.<sup>27</sup> Por tanto el muestreo consiste en seleccionar una muestra representativa de la población de estudio de la investigación. Para un muestreo se debe definir algunos parámetros o características que deben cumplir las muestras seleccionadas.

Para este proyecto de investigación el muestreo es no probabilístico por conveniencia por lo que se selecciona los ensayos de laboratorio que tienen mayor relevancia para la realización de un diseño de un micropavimento.

### **Unidad de Análisis**

Gaitán y Piñuel manifiestan que las unidades de análisis son aquellas unidades de observación que, seleccionadas de antemano, y reconocida por los observadores en el campo y durante el tiempo de observación, se constituyen en objeto de la codificación y/o de la categorización en los registros construidos a tal efecto.<sup>28</sup> Por tanto la unidad de análisis en esta investigación será el micropavimento diseñado con emulsión asfáltica con polímero.

---

<sup>27</sup> (MACASSI, y otros, 1997 pág. 19)

<sup>28</sup> (GAITÁN, y otros, 1998 pág. 60)

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Según Hernández, Fernández y Baptista una vez seleccionado el diseño de la investigación apropiado y la muestra adecuada de acuerdo con el problema de estudio e hipótesis planteado en la investigación, la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos o variables de las unidades de muestreo.<sup>29</sup> La recolección de datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico, para la recolección de datos es importante determinar la técnica de recolección y así mismo el instrumento que se aplicara para la recolección de datos

Para la recopilación de información hay diferentes maneras y formas de hacerlo, para recoger la información en este proyecto de investigación se escogió como técnica de recolección de datos la observación directa, esto es porque va ser importante ya que nos permitirá conocer los problemas que se pueden observar en el proceso del diseño de un micropavimento en laboratorio. Así mismo se podrá realizar una comparación entre las bases teóricas y prácticas, para luego ser analizados.

Según Arias la observación consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de los objetivos de la investigación.<sup>30</sup> El observador debe anotar cualquier hecho o situación en un cuaderno de campo, registros u otros que permitan hacer el análisis de la investigación, que vendrían a ser los instrumentos empleados en la observación.

Los instrumentos según Valderrama son los medios materiales que emplea el investigador para recoger y almacenar la información, pueden ser formularios, pruebas de conocimientos o escalas de actitudes, etc. Por tanto, se deben seleccionar coherentemente los instrumentos que se utilizaran en la recolección de

---

<sup>29</sup> (HERNÁNDEZ, y otros, 2014 pág. 198)

<sup>30</sup> (ARIAS, 2012 pág. 69)

datos.<sup>31</sup> Por tanto los instrumentos para la recolección de datos son medios donde se recopilara información para la investigación, así como también se almacenara los datos obtenidos en el campo.

Para este proyecto de investigación se requiere usar algunos instrumentos que vendrían a ser fichas de campo, en este caso fichas para la recopilación de datos en laboratorio. Instrumentos que serán necesarios para obtener las características del agregado tales como la granulometría, equivalente de arena (E.A), características de la emulsión asfáltica, fichas para recolectar datos para los ensayos de desempeño.

### **3.5. Procedimiento**

Para la realización de los ensayos de acuerdo a mis dimensiones lo que ese va hacer primero, es determinar el agregado a emplear para el diseño de micropavimento, este agregado debe ser proveniente del lugar, y que de acuerdo a la especificación del manual de Carretera EG-2013 deberá cumplir con los parámetros, estos parámetros serán verificados mediante los ensayos de laboratorio. Ensayos que se presentaran a continuación:

Se realizará la granulometría del agregado siguiendo el procedimiento del MTC y que esta granulometría deberá cumplir en el uso de acuerdo al tipo de gradación a emplear, gradación de acuerdo a la especificación ISSA y EG-2013. Seguido de este se realizará el ensayo de equivalente de Arena y Azul de metileno (Reactividad), para luego definir si se empleara el agregado de la fuente seleccionada.

Se realizará el ensayo de caracterización de la emulsión asfáltica de acuerdo a los procedimientos de la MTC Y ASTM, los ensayos se realizarán a las emulsiones asfálticas incorporados polímero de acuerdo a los porcentajes definido en esta investigación.

---

<sup>31</sup> (VALDERRAMA M., 2015 pág. 195)

Posteriormente a esto se realizará el ensayo de agregado-emulsión para determinar la compatibilidad entre el agregado de la fuente o cantera seleccionada y la emulsión asfáltica altamente modificada, los ensayos estarán comprendidas por ensayos de consistencia y trabajabilidad, estos ensayos se realizarán de acuerdo a los procedimientos de la MTC y que cumplan las exigencias de la ISSA y EG-2013.

Finalmente, la se realizarán las pruebas del ensayo a la abrasión en húmedo y el ensayo de rueda cargada a las muestras de micropavimento diseñados con el agregado y emulsión asfáltica. El ensayo de rueda cargada determinará el desgaste de la muestra en condiciones húmedas, así mismo definirá el contenido mínimo de asfalto, el ensayo se realizará de acuerdo a la especificación del manual ISSA TB-100.

El ensayo de rueda cargada consistirá en determinar el comportamiento del micropavimento ante las cargas aplicadas a una carpeta asfáltica, mediante una simulación del paso de tráfico al micropavimento. Mediante este ensayo de laboratorio se puede determinar problemas deformación lateral de la muestra, así como también problemas de exudación, con el ensayo también se puede determinar el contenido máximo de asfalto, el ensayo se realizará de acuerdo a la especificación del manual ISSA TB-109.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Hernández, Fernández y Baptista afirman que el análisis de datos obtenidos mediante las técnicas e instrumentos de recolección datos, corresponde a un proceso en donde los datos obtenidos son analizadas, estudiadas e interpretadas.<sup>32</sup> Los datos que se obtendrán mediante los ensayos de laboratorio tanto para el agregado, emulsión asfáltica y el diseño del micropavimento serán analizados mediante el empleo de software, en el caso del programa de Excel donde se introducirán los datos obtenidos para luego ser analizadas e interpretadas.

---

<sup>32</sup> (HERNÁNDEZ, y otros, 2014 pág. 271)

### **3.7. Aspectos éticos**

Este trabajo de investigación fue exclusivo de indagación de fuentes literarios, ya sean libros, trabajos de investigaciones respecto al tema, manuales y especificaciones actuales y disponibles, así mismo el trabajo de investigación se ha elaborado respetando normas como el ISO 690 y las referencias para evitar problemas de plagio y apreciar el esfuerzo de otras investigaciones que sirven como base para posteriores indagaciones que incentivan, tener en cuenta la autenticidad de esta investigación.

## IV. RESULTADOS

### Descripción de la zona

#### **Nombre del proyecto de investigación**

“Evaluación de Desempeño del Diseño de un Micropavimento con Emulsión Asfáltica Altamente Modificada con Polímero, Puerto Maldonado-2020”

#### **Acceso a la zona de muestreo del agregado**

Para el desarrollo del proyecto de investigación, el agregado a emplear se muestrea de la cantera Chorrillos, ubicado en el Km 600+300 de la carretera Interoceánica sur en el distrito de Iberia, de la provincia de Tahuamanu, departamento de Madre de Dios.

#### **Ubicación Política**

La zona de estudio para su aplicación del diseño es la localidad de Puerto Maldonado, el agregado a emplear para el diseño del micropavimento es proveniente de la cantera Chorrillos que esta ubicado en el departamento de Madre de Dios, provincia de Tahuamanu y distrito de Iberia.



Figura 1. Mapa de Madre de Dios



Figura 2. Mapa político de Perú

## Ubicación de la Cantera y zona de Estudio.

Provincia de Tahuamanu

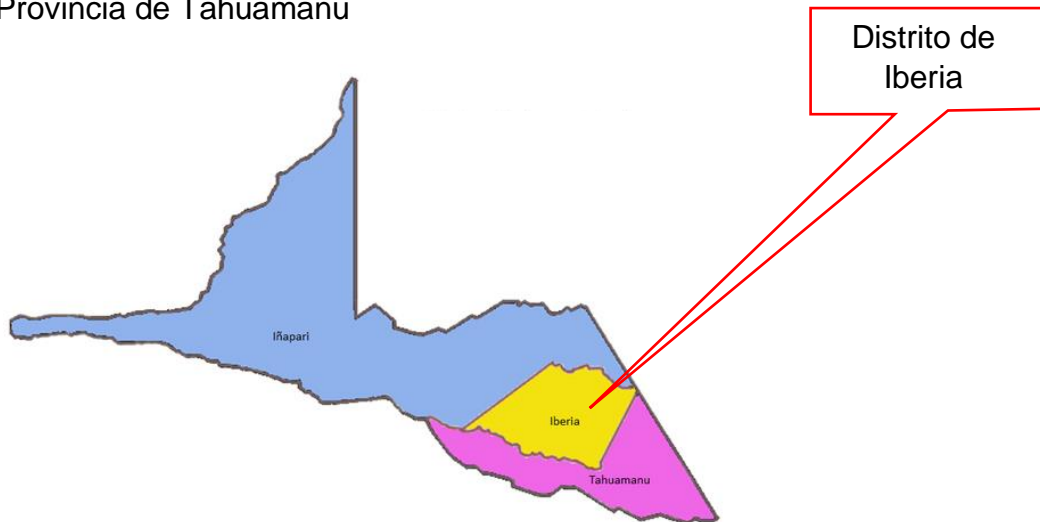


Figura 3. Mapa de los distritos de Tahuamanu

Provincia de Tambopata



Figura 4. Mapa de los distritos de Tahuamanu

La zona de estudio se determinó con la finalidad de que en algún proyecto posterior de mantenimiento de la carretera interoceánica sur se pueda aplicar o tomar como referencia el trabajo de investigación, por las condiciones climáticas que presenta el lugar como la localidad de Puerto Maldonado, ubicado en el distrito de tambopata, así mismo siendo la capital del Departamento de Madre de Dios. La condición climática, fundamentalmente las altas temperaturas son uno de los principales factores que se toma en cuenta para diseñar un micropavimento con

alto porcentaje de polímero, ya que el pavimento va estar sometida a cargas del transporte, como también a las altas temperaturas del lugar y siendo una carretera de alta importancia como la es la carretera interoceánica sur debe ser diseñada para esas condiciones, como lo es el micropavimento.

## Ubicación geográfica

De manera geográfica la localidad de Puerto Maldonado se ubica en el distrito de Tambopata, está en las coordenadas 12°36'00" S y 69°11'00" O, tiene un área de aproximadamente de 85183 km<sup>2</sup>, posee una altitud 139 m.s.n.m y hasta el 2017 contaba con una población 78 996 hab.

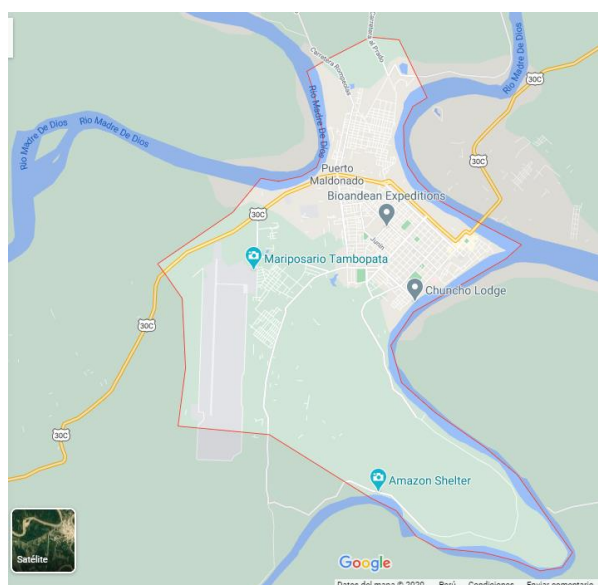


Figura 5: Mapa de la localidad de Puerto Maldonado

El diseño del micropavimento con una emulsión asfáltica altamente modificado con polímero se realizó para las condiciones climáticas predominantes del lugar. Por ello el material o agregado a emplear para el diseño de micropavimento fue proveniente del lugar o fuente de la zona.

## Clima

El clima de la localidad de Puerto Maldonado es tropical húmedo con altas temperaturas todo el año, en algunos casos la sensación térmica alcanza los 50°C.



En la mayoría de los meses del año en Puerto Maldonado hay precipitaciones importantes, siendo los meses de octubre hasta abril son mayor precipitaciones. La temperatura media anual en Puerto Maldonado se encuentra a 25.4°C, la temperatura durante la temporada de invierno ocasionalmente presenta temperaturas por debajo de los 10°C, la temperatura anual de Puerto Maldonado se encuentra entre 4.5°C a 42°C.

### **Muestreo del agregado**

El agregado a emplear en el diseño del micropavimento fue muestreado de la cantera Chorrillos ubicado en la localidad de Iberia, el agregado se encuentra acopiado en el Km 600+300 de la carretera Interoceánica Sur. Para la obtención del agregado, según la especificación de EG-2013 el material debe ser cien por ciento chancado, por ello la cantera o proyecto debe contar con maquinarias especializadas para la trituración de rocas las cuales deben estar limpias de impurezas o materiales contaminantes. La roca pasa a una máquina chancadora para la obtención de arena chancada, la cual se va utilizar para el diseño y luego su aplicación. El material triturado pasa a ser acopiado en lugar específico de la cual se obtuvo la cantidad necesaria de arena chancada para ensayos requeridos en laboratorio y de acuerdo a ello se procederá diseñar el micropavimento.



*Figura 6. Trituración de roca*



*Figura 7. Acopio del material*



*Figura 8. Recubrimiento del material*

Para los ensayos del agregado requeridos para el presente trabajo de investigación, se contó con el apoyo del laboratorio especializado para este tipo de aplicación, el laboratorio de TDM Asfaltos la cual está ubicado en el parque Industrial las Praderas, en el distrito de Lurín, Lima. El agregado fue enviado desde Puerto Maldonado hasta las instalaciones de laboratorio para los ensayos respectivos y diseño del micropavimento.

## Resultados de laboratorio:

### Caracterización del agregado.



Figura 9. Tamizado del agregado

En la figura 9 se realiza el tamizado de la muestra del agregado, con apoyo de un agitador mecánico. Se vertió el material en las mallas respectivas de acuerdo al huso granulométrico para un micropavimento, se procedió a agitar por 5 minutos y finalmente se pesó las muestras retenidas en cada maya, para luego analizar los datos.

**Tabla 5.** Granulometría del agregado de la cantera Chorrillos

MALLAS		PESO RET. g	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	GRADACIÓN TIPO M-III	
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.0	100	100
# 4	4.750	157.7	16.1	16.1	83.9	70	90
# 8	2.360	237.1	24.2	40.3	59.8	45	70
# 16	1.180	207.9	21.2	61.4	38.6	28	50
# 30	0.600	126.9	12.9	74.4	25.6	18	34
# 50	0.300	69.4	7.1	81.5	18.6	12	25
# 100	0.150	51.7	5.3	86.7	13.3	7	17
# 200	0.075	51.2	5.2	91.9	8.1	5	11
< # 200	(ASTM C-117)	79.1	8.1	100.0	0.0		

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5 se puede visualizar los pesos retenidos en una columna, como también los porcentajes retenidos parciales, acumulados y pasantes. Los porcentajes pasantes cumplen con el huso granulométrico exigido para este tipo de aplicación de micropavimento según la especificación de EG-2013.

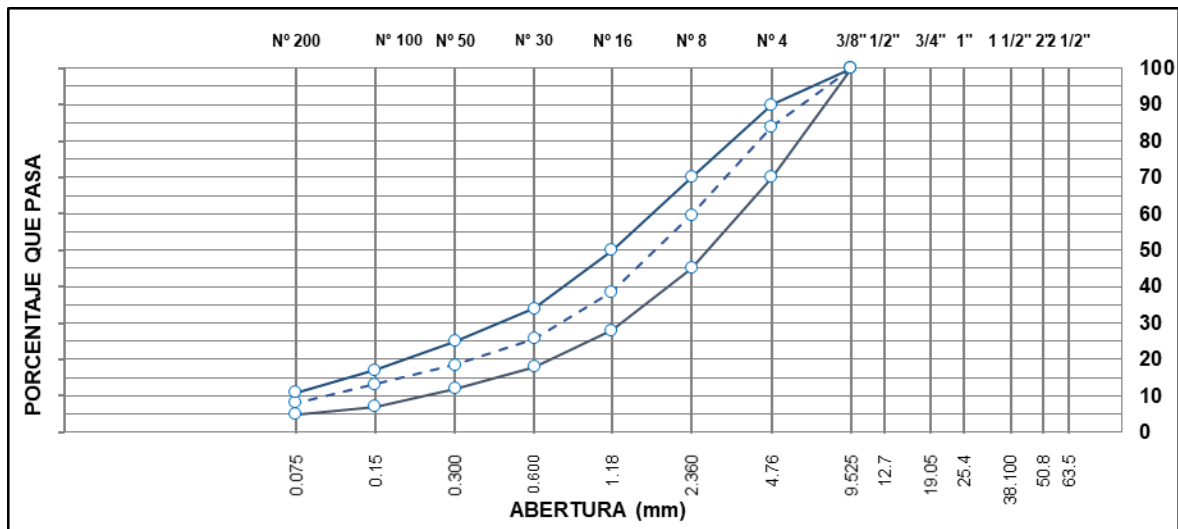


Figura 10. Curva granulométrica del agregado

En la figura 10 se puede visualizar el huso granulométrico para el micropavimento según la especificación EG-2013. La curva obtenida del agregado de la cantera Chorrillos cumple con el huso granulométrico tipo M-III de la especificación.

### Equivalente de Arena



Figura 11. Ensayo de equivalente de Arena

En la figura 11, se realizó el ensayo de equivalente de arena, el ensayo consiste en determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, como el material arcilloso presente en los suelos o agregados. Esta medición se realiza mediante un periodo de sedimentación, que después de tiempo determinado de ensayo se determinan las alturas de la arcilla floculada y de la arena en el cilindro.

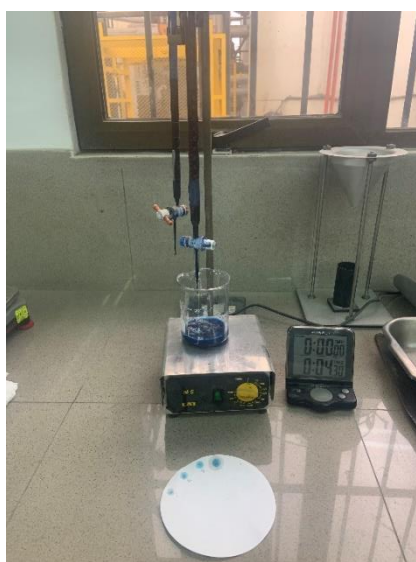
**Tabla 6. Equivalente de arena**

<b>N° DE ENSAYO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Hora de entrada a saturación	09:00:00	09:05:00	09:10:00
Hora de salida de saturación	09:10:00	09:15:00	09:20:00
Hora de entrada a decantación	09:13:00	09:18:00	09:23:00
Hora de salida de decantación	09:33:00	09:38:00	09:43:00
Altura máxima de material fino (pulg.)	5.2	5.3	5.2
Altura máxima de la arena (pulg.)	3.4	3.6	3.5
Equivalente de arena (%)	66	68	68
<b>Promedio Equivalente de Arena (%)</b>	<b>68</b>		

*Fuente:* elaboración propia

En la tabla 6 se puede ver el valor obtenido del equivalente de arena del agregado que viene a ser 68%, por tanto, en este ensayo se estaría cumpliendo lo que exige la especificación EG-2013 que como valor mínimo para esta aplicación de micropavimento es de 60%.

### **Azul de Metileno**



*Figura 12. Ensayo de Azul de Metileno*

En la figura 12, el ensayo de Azul de Metileno consiste en estimar el grado de reactividad de los materiales finos, material fino pasante de la malla N°200. La prueba consiste en añadir a los finos dosificaciones controladas de azul de Metileno.

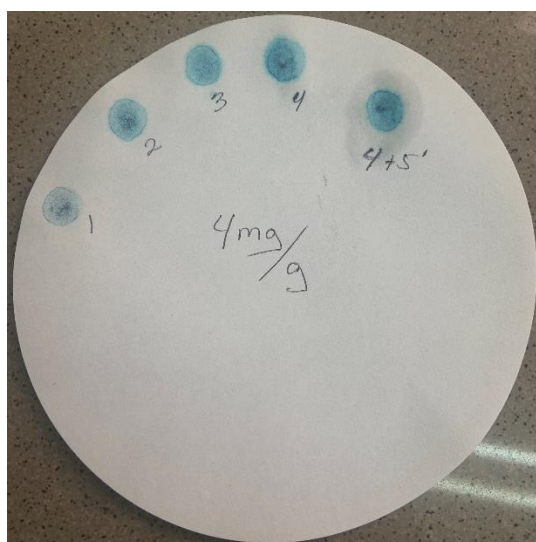


Figura 13. Valor de azul de Metileno

En la figura 13, el valor de azul de Metileno obtenido es de 4 mg/g cumpliendo con la especificación EG-2013, el cual da como máximo valor de azul de Metileno 8 mg/g de un agregado utilizado para la aplicación del micropavimento.

### Análisis de Agua

Tabla 7. Análisis de agua PH y Dureza

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
AGUA POTABLE	( 6 - 8 )	MAXIMO 380 ppm	7.70	204 ppm

Fuente: elaboración propia

La tabla 7, los resultados de Ph y Dureza cumplen con las exigencias de la especificación, el Ph del agua tiene un valor de 7.7 que se encuentra dentro de lo exigido. La dureza del agua es inferior al valor máximo que se exige para el uso en micropavimento con un valor de 204 ppm.



Figura 14. Dureza de Agua



Figura 15. PH de Agua

En la figura 14 y 15 se puede observar los ensayos realizados al agua, en este caso se empleó agua potable. En la dureza se obtiene la concentración de partículas de sales tales como magnesio y calcio. El Ph del agua es para determinar la calidad del agua, el Ph mide la acidez o alcalinidad del agua.

### Relleno Mineral



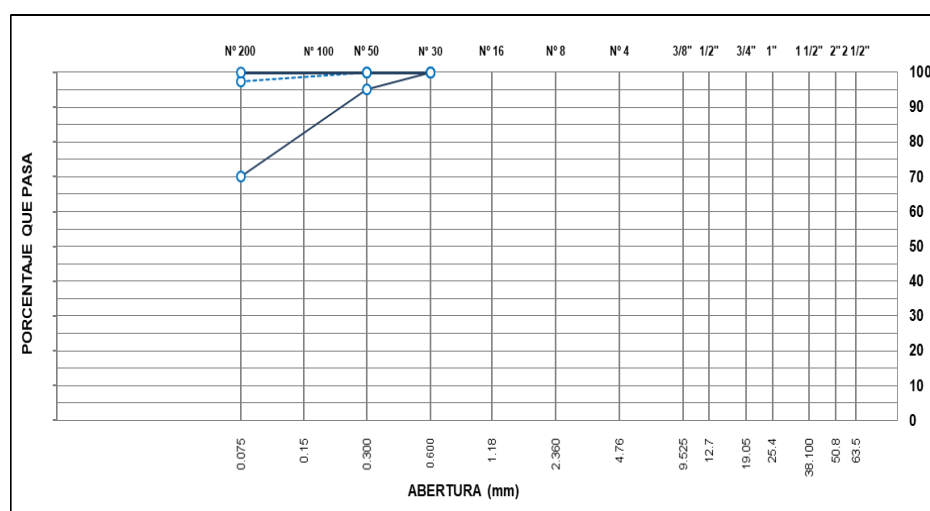
Figura 16. Cemento Portland Yura

El relleno Mineral empleado para el diseño de micropavimento, fue el cemento Portland Yura (figura 16), cuyo fin fue mejorar la consistencia de la mezcla y ajustar las propiedades de fractura y curado de la mezcla. El uso del relleno mineral puede variar entre un 0.0 y un 3.0 por ciento respecto al agregado. Parte del uso de material empleado de la investigación se realizó su gradación con la finalidad de comprobar que este dentro del huso según la especificación EG-2013.

**Tabla 8. Análisis granulométrico del relleno mineral.**

MALLAS		PESO RET. g	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	GRADACIÓN TIPO M-III	
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500						
# 4	4.750						
# 8	2.360						
# 16	1.180						
# 30	0.600	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
# 50	0.300	0.0	0.0	0.0	100.0	95	100
# 100	0.150						
# 200	0.075	3.1	2.6	2.6	97.4	70	100
< # 200	(ASTM C-117)	116.9	8.1	100.0	0.0		

Fuente: elaboración propia.



**Figura 17. Curva granulométrica del relleno mineral**

Como se puede observar en la tabla 8 y la figura 17, el relleno de mineral cumple con la gradación exigido por la especificación EG-2013. Para este caso el relleno mineral fue el cemento portland de marca Yura, dada a las condiciones, principalmente por su presencia y uso en el lugar más que otras marcas de cemento.

### **Ensayos de desempeño de micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero**

Para la realización de los ensayos de desempeño está conformada por dos ensayos determinantes. El ensayo de abrasión en húmeda (figura 18), la cual determina el desgaste de la carpeta y así mismo con ello determinamos el contenido mínimo de asfalto para el micropavimento. El ensayo de rueda carga (figura 19) se mide la



deformación de la mezcla, como también determinamos el contenido máximo de asfalto a tener en cuenta para el diseño de micropavimento.



Figura 18. Ensayo de Abrasión en húmedo



Figura 19. Ensayo de rueda cargada

**Tabla 9.** Rueda cargada con 5% de polímero

ESPÉCIMEN	UND	1	2	3
EMULSIÓN	%	10.2	12.2	14.2
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO	%	6.4	7.7	8.9
PESO DE ESPÉCIMEN INICIAL	g	635.2	642.3	624.8
PESO DE ESPÉCIMEN FINAL	g	639.1	647.1	630.9
ANCHO	cm	3.6	3.5	3.5
LARGO	cm	33.1	33.1	33.2
LWT	g/m <sup>2</sup>	327.3	414.3	525.0

Fuente: elaboración propia.

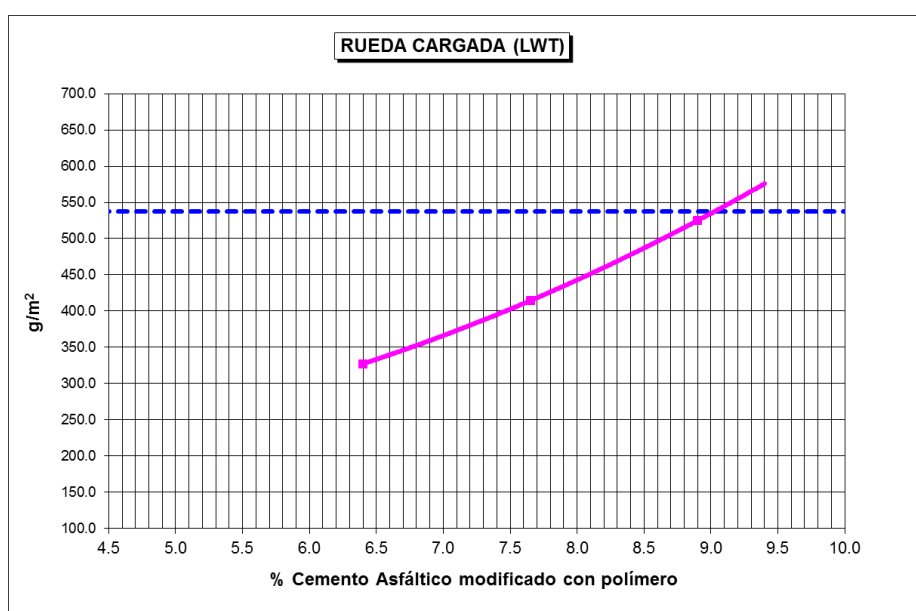


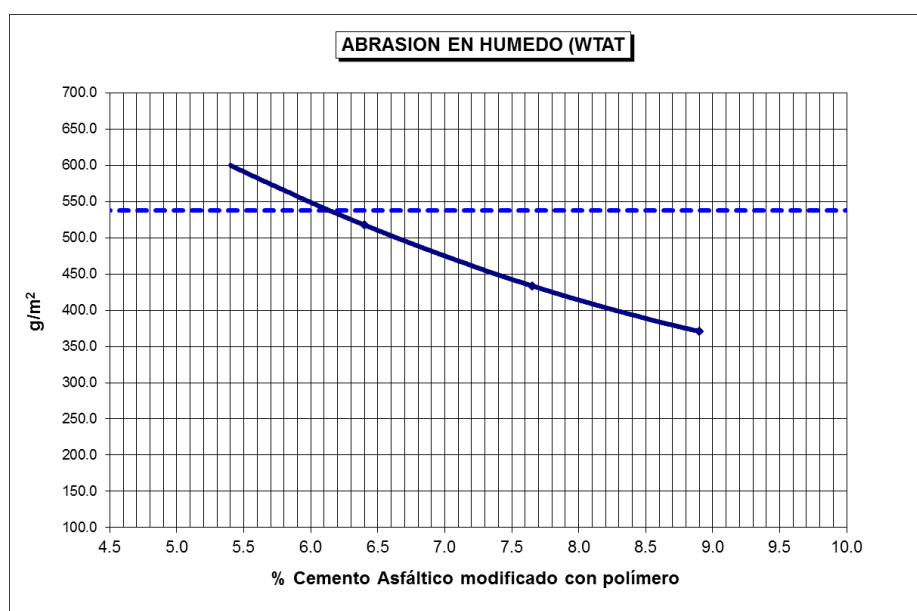
Figura 20. Curva de rueda cargada

En la tabla 9 se puede apreciar los resultados de desempeño del micropavimento en el ensayo de rueda cargada, en los 3 especímenes que se moldearon se obtuvieron resultados favorables y que están por debajo del límite de adherencia de arena, como también se puede apreciar en la figura 20 donde se graficó la curva de rueda cargada de acuerdo a los valores de la tabla, en la figura se puede apreciar claramente que el valor obtenido por la incorporación de polímero está próximo al límite máximo que permite la especificación ISSA el cual es 538 g/m<sup>2</sup> de adherencia de arena para el ensayo de rueda cargada.

**Tabla 10.** Abrasión en húmedo con 5% de polímero

ESPÉCIMEN	UND	1	2	3
EMULSIÓN	%	10.2	12.2	14.2
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO	%	6.4	7.7	8.9
PESO DE ESPÉCIMEN INICIAL	G	2104.4	2096.3	2138.7
PESO DE ESPÉCIMEN FINAL	G	2089.6	2083.9	2128.1
WTAT	g/m <sup>2</sup>	517.7	433.8	370.8

Fuente: elaboración propia.



*Figura 21.* Curva de abrasión en húmedo

En la tabla 10 y en la figura 21 se aprecia los resultados obtenidos del ensayo de desempeño de abrasión en húmedo, en la tabla como en la figura de la curva los valores que se obtienen es el desgaste de la carpeta por efectos de humedad y el impacto de los neumáticos.

Como valor máximo permisible por la especificación ISSA es 538 g/m<sup>2</sup> de desgaste de la carpeta para un micropavimento, en la figura se aprecia una línea horizontal discontinua que viene a ser el valor máximo y de acuerdo a ello por los porcentajes de residuo asfáltico dados para ensayo fueron de 6.4, 7.7, 8.9 por ciento y que en la figura se aprecia que los desgastes para esos valores de la curva están por debajo del valor máximo permitido para el ensayo de abrasión en húmedo.

**Tabla 11. Rueda cargada con 7% de polímero**

ESPÉCIMEN	UND	1	2	3
EMULSIÓN	%	10.2	12.2	14.2
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO	%	6.4	7.7	8.9
PESO DE ESPÉCIMEN INICIAL	g	612.8	614.5	616.9
PESO DE ESPÉCIMEN FINAL	g	616.1	618.8	622.9
ANCHO	cm	3.4	3.4	33.3
LARGO	cm	33.1	33.1	33.1
LWT	g/m <sup>2</sup>	302.1	392.5	516.4

Fuente: elaboración propia.

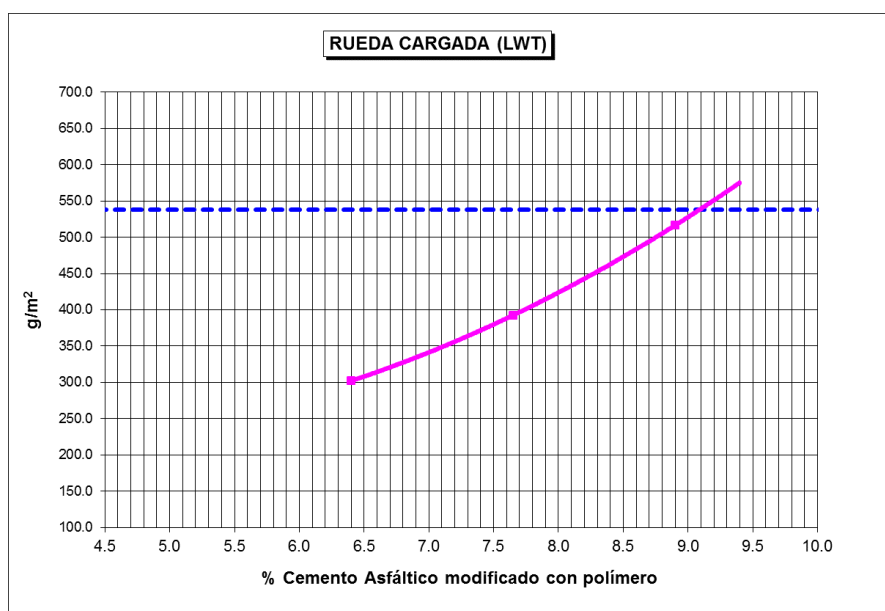


Figura 22. Curva de rueda cargada

En la tabla 11 se tiene los resultados de desempeño de la rueda cargada para un micropavimento con 7% de polímero, así como también en la figura 22 se aprecia la curva obtenida de acuerdo a los valores obtenidos en el ensayo y registrado en la tabla 11. Los resultados están por debajo de máximo valor exigido por la especificación ISSA.

**Tabla 12. Abrasión en húmedo con 7% de polímero**

ESPÉCIMEN	UND	1	2	3
EMULSIÓN	%	10.2	12.2	14.2
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO	%	6.4	7.7	8.9
PESO DE ESPÉCIMEN INICIAL	G	2120.4	2176.3	2188.7
PESO DE ESPÉCIMEN FINAL	G	2106.1	2164.7	2179.1
WTAT	g/m <sup>2</sup>	500.2	405.8	335.8

Fuente: elaboración propia.

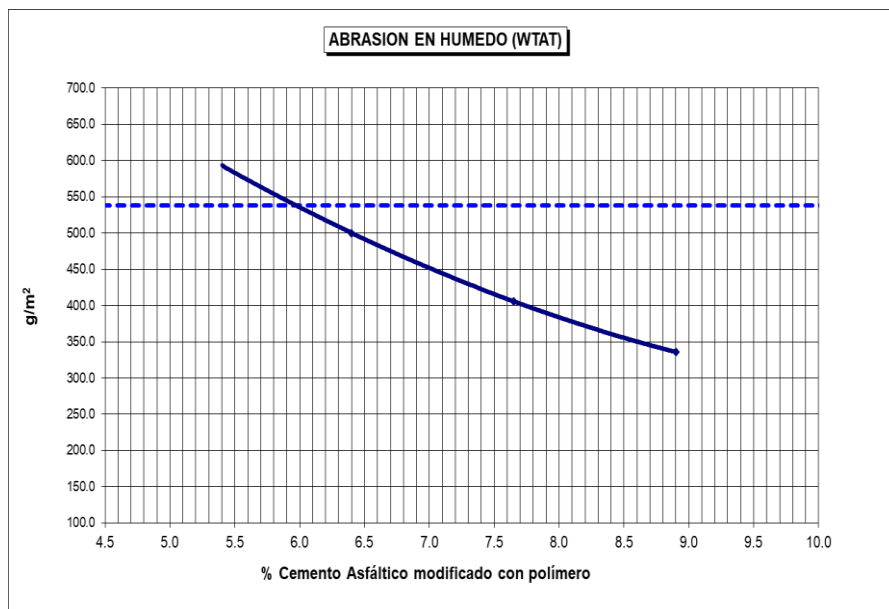


Figura 23. Curva de abrasión en húmedo.

En la tabla 12 y figura 23 se muestran los resultados obtenidos del ensayo de abrasión en húmedo. En la tabla se encuentran los resultados numéricos para cada variación de contenido asfáltico, en la figura se puede apreciar que los valores de la tabla están por debajo del límite de acuerdo a la especificación ISSA para el ensayo de abrasión en húmedo, que como valor máximo de desprendimiento de la carpeta en condiciones extremas por efectos de la humedad y del neumático de los vehículos es de 538 g/m<sup>2</sup>.

**Tabla 13.** Rueda cargada con 9% de polímero

ESPÉCIMEN	UND	1	2	3
EMULSIÓN	%	10.2	12.2	14.2
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO	%	6.4	7.7	8.9
PESO DE ESPÉCIMEN INICIAL	g	638.3	657.9	625.3
PESO DE ESPÉCIMEN FINAL	g	641.6	662.3	631.2
ANCHO	cm	3.3	3.2	33.2
LARGO	cm	33.2	33.1	33.1
LWT	g/m <sup>2</sup>	284.0	378.7	509.3

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 13 como último porcentaje de polímero de 9% se sometió al desempeño en rueda cargada del micropavimento, obteniendo los resultados presentados en la tabla superior. En la figura 24 se puede apreciar la curva de rueda cargada en la cual los valores se encuentran en la parte inferior del límite.

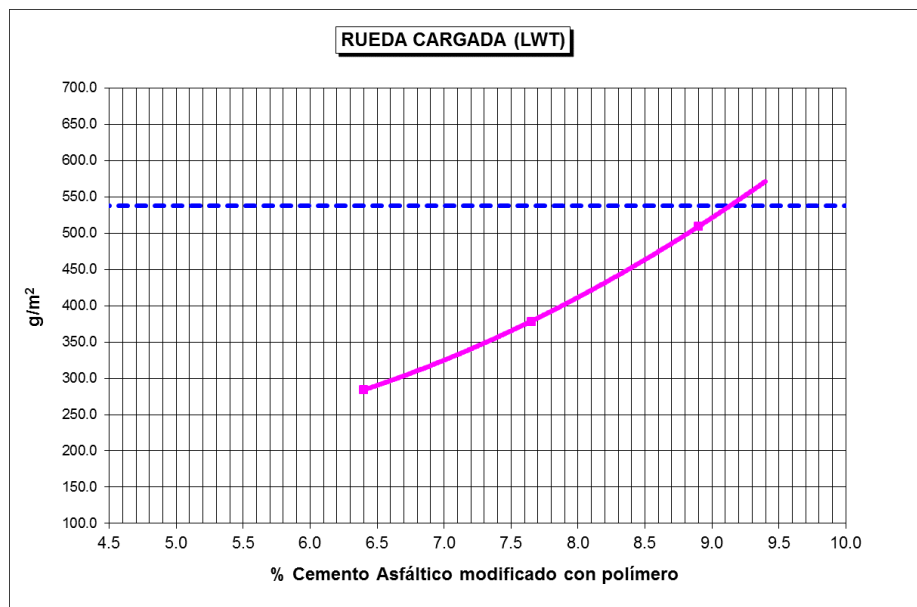


Figura 24. Curva de rueda cargada

Tabla 14. Abrasión en húmedo con 9% de polímero

ESPÉCIMEN	UND	1	2	3
EMULSIÓN	%	10.2	12.2	14.2
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO	%	6.4	7.7	8.9
PESO DE ESPÉCIMEN INICIAL	g	1978.6	1983.6	1963.1
PESO DE ESPÉCIMEN FINAL	g	1964.8	1972.9	1954.2
WTAT	g/m²	482.7	374.3	311.3

Fuente: elaboración propia.

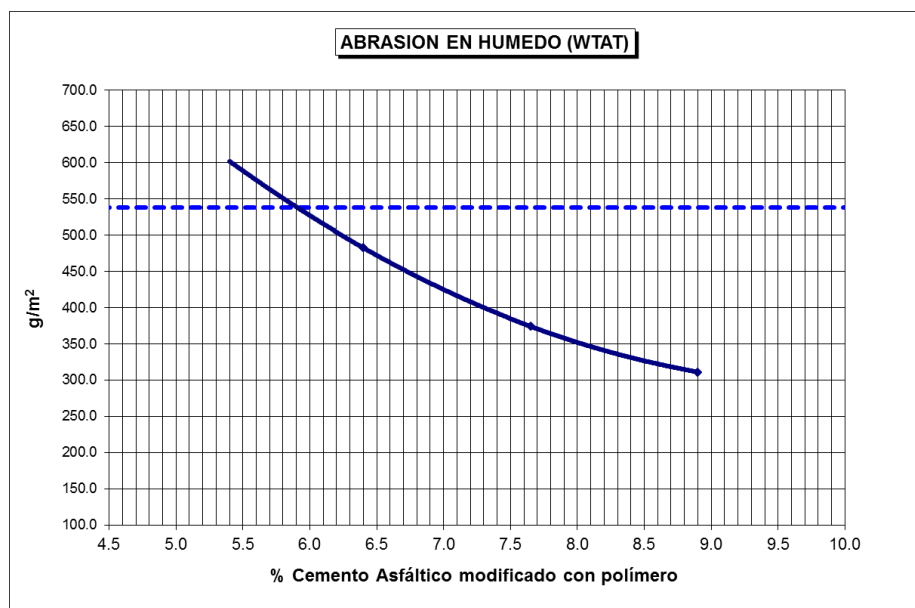


Figura 25. Curva de abrasión en húmedo

En la tabla 14 figura los valores obtenidos del ensayo de desempeño en abrasión en húmedo del micropavimento con 9 % de polímero, siendo este como valor máximo para este proyecto de investigación y en la figura 25 se graficó la curva de abrasión en húmedo de acuerdo a los valores obtenidos.

### Determinación del Contenido óptimo de asfalto

El contenido óptimo de asfalto es determinado en base a las pruebas ensayadas en laboratorio, que es ensayo de abrasión en húmedo y rueda cargada. El contenido óptimo de asfalto representa la cantidad que se requiere para la mezcla de micropavimento que se deberá emplear en la aplicación en campo. Para determinar el contenido óptimo de asfalto y el contenido óptimo de emulsión se basó en dos criterios; el criterio de áreas equivalentes y el criterio de intersecciones de curvas.

### Criterio de la intersección de la curva

En este criterio se basa la calculo del contenido optimo de asfalto en la inteseccion de las dos curvas formadas de los ensayos de abrasion en humedo y rueda cargada. A continuacion se presenta las figuras para cada porcentaje de polimero y de ella obtdener el contenido optimo de asfalto y el contenido optimo de emulsion.

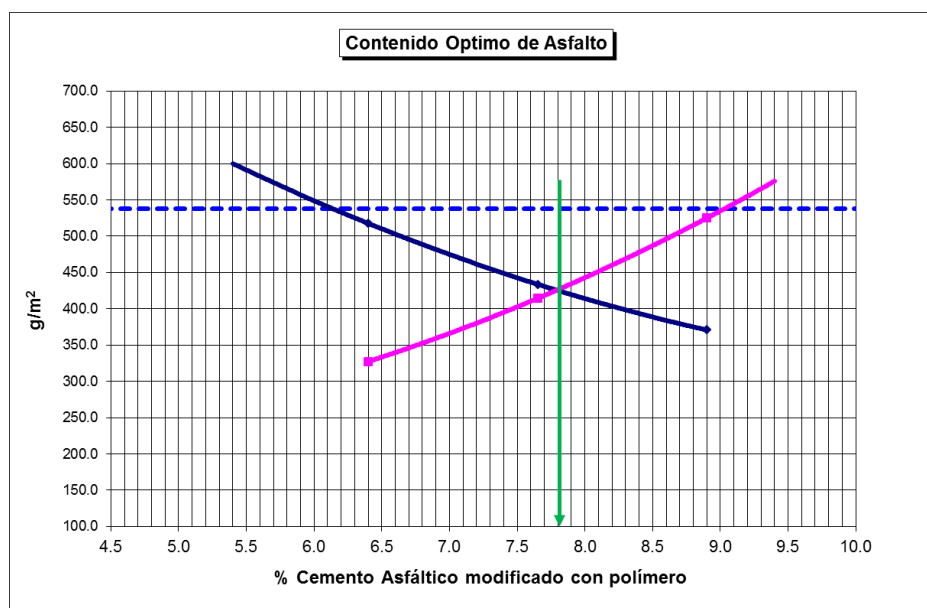


Figura 26. Contenido óptimo de asfalto para 5% de polímero, por criterio de intersección de curvas.

En la figura 26 se puede apreciar que el contenido óptimo de asfalto para un micropavimento con 5% de polímero es de 7.8%, dando como resultado el contenido óptimo emulsión de 12.8%.

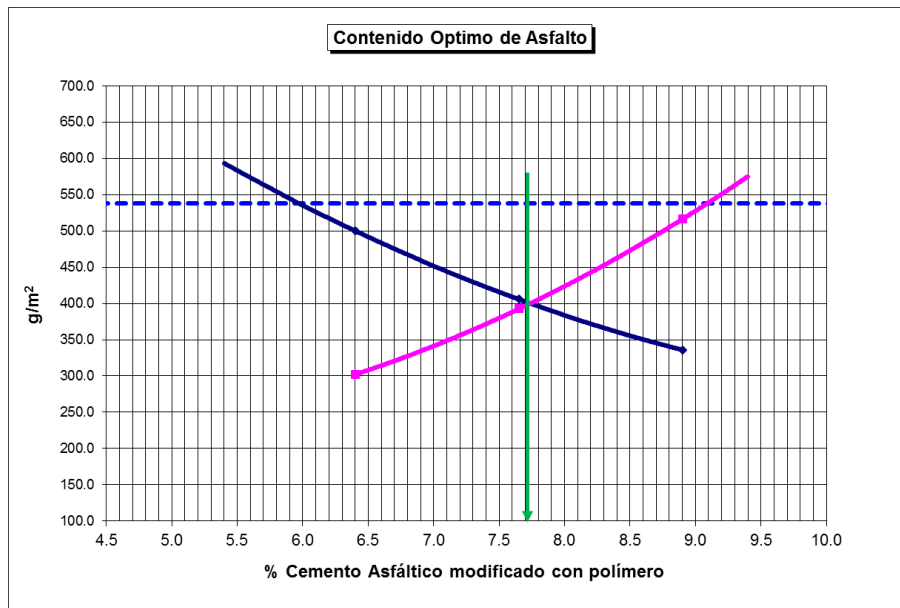


Figura 27. Contenido óptimo de asfalto para 7% de polímero, por criterio de intersección de curvas.

En la figura 27 se puede obtener que el contenido óptimo de asfalto para un micropavimento con 7% de polímero es de 7.7%, dando como resultado el contenido óptimo emulsión de 12.3%.

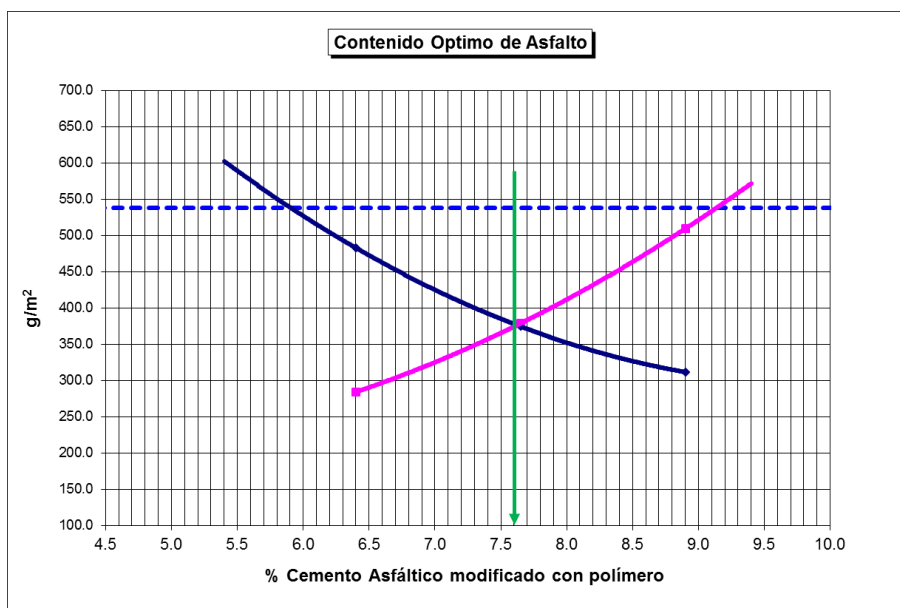


Figura 28. Contenido óptimo de asfalto para 9% de polímero, por criterio de intersección de curvas.



En la figura 28 de la intersección de curvas de abrasión en húmedo y rueda cargada para el micropavimento con 9% de polímero, el contenido óptimo de asfalto es de 7.6% y el contenido óptimo de emulsión es de 12.2%.

### Criterio de áreas equivalentes

El contenido óptimo de asfalto mediante el criterio de áreas equivalentes, se basa en intersectar las curvas de los ensayos de Rueda Cargada (LWT) y Abrasión en Húmedo (WTAT) de acuerdo con las especificaciones máximas de la norma ISSA. Obtenido los puntos de intersección, se traza una línea perpendicular hasta intersectar al eje de porcentaje de cemento asfáltico (abscisas), de esa manera se forma un rectángulo con un área definida. De acuerdo a ello el criterio indica que se debe trazar una recta vertical que divida dicha área obtenida en partes iguales, la recta intersecta con la abscisa, la cual la intersección determinará el porcentaje del contenido óptimo de asfalto.

A continuación, se presenta de manera gráfica para cada porcentaje de polímero propuesto para esta investigación el contenido óptimo de asfalto:

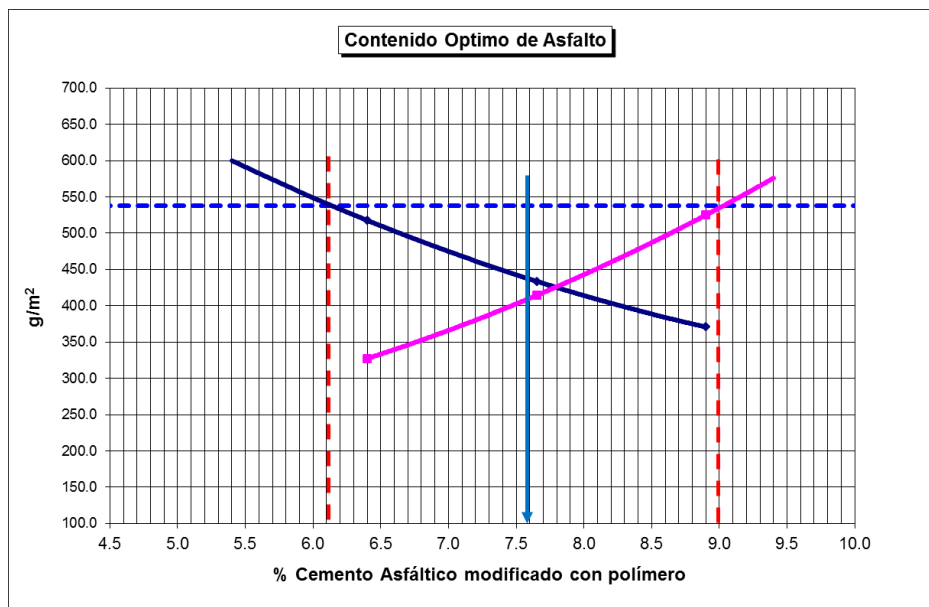


Figura 29. Contenido óptimo de asfalto para 5% de polímero, por criterio de áreas equivalentes.

En la figura 29 se aprecia que para un micropavimento con 5% de polímero, el contenido óptimo de asfalto es de 7.6% y como contenido óptimo de emulsión es de 12.1%.

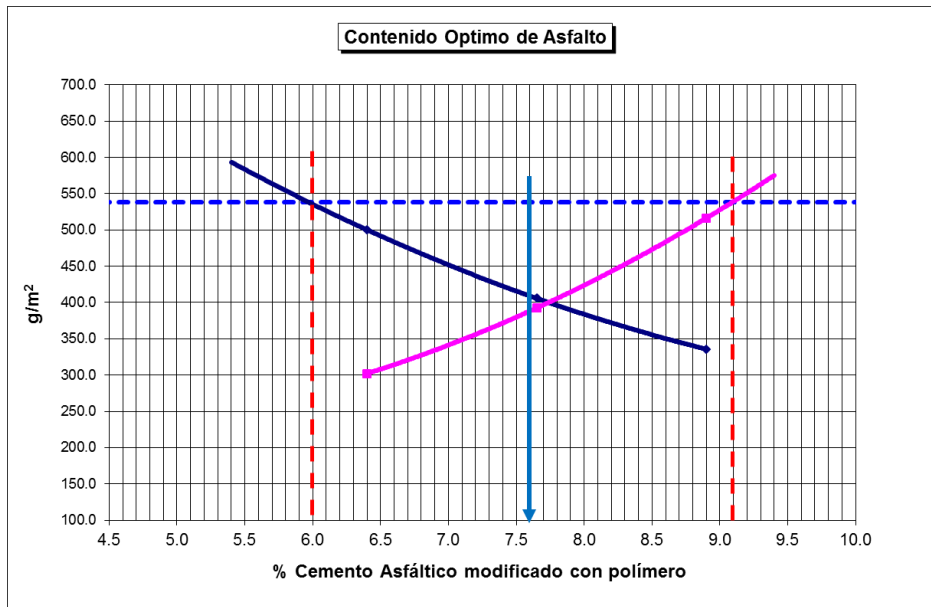


Figura 30. Contenido óptimo de asfalto para 7% de polímero, por criterio de áreas equivalentes.

En la figura 30 para un micropavimento con polímero de 7%, se puede obtener que el contenido óptimo de asfalto es 7.6% y de acuerdo a ello el contenido óptimo de emulsión es 12.6%.

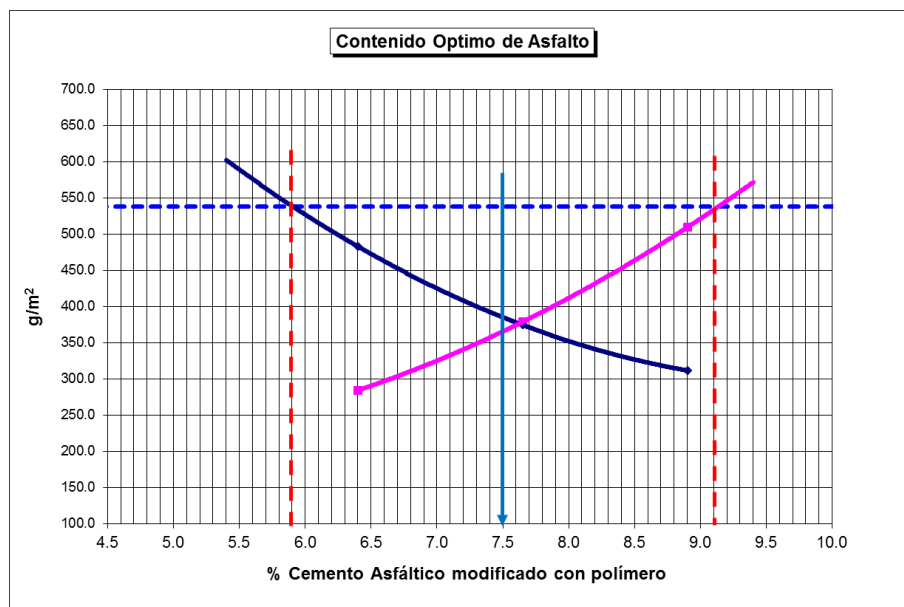


Figura 31. Contenido óptimo de asfalto para 9% de polímero, por criterio de áreas equivalentes

La figura 31 presenta el contenido óptimo de asfalto de 7.5% para un micropavimento con 9% de polímero, como también de acuerdo a ello el contenido óptimo de emulsión de 12.0%.

## Desempeño para cada criterio de evaluación de residuo asfáltico

En base a los resultados obtenidos sobre el contenido óptimo de residuo asfáltico para cada variación de polímero y de acuerdo para cada uno de los criterios analizados, se procedieron a realizar los ensayos de desempeño para luego ser comparados.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos que se obtuvieron en los ensayos de desempeño para cada criterio de diseño, el criterio de intersecciones de curvas (C.I.C.) y el criterio de áreas equivalentes (C.A.E.).

Para esta primera se presenta la comparación para un micropavimento diseñado con una emulsión asfáltica modificada con la incorporación de 5% de polímero.

**Tabla 15.** *Ensayo de abrasión en húmedo*

ABRASIÓN EN HUMEDO (WTAT)			
ESPÉCIMEN	UND	C.I.C.	C.A.E.
EMULSIÓN	%	12.5	12.2
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO	%	7.8	7.6
PESO DE ESPÉCIMEN INICIAL	g	1984.3	1967.4
PESO DE ESPÉCIMEN FINAL	g	1973.3	1971.9
WTAT	g/m <sup>2</sup>	416.3	447.7

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 14, se presenta los resultados del ensayo de abrasión en húmedo para los contenidos óptimos de residuo asfáltico: criterio de la intersección 7.8% y criterio de las áreas 7.6%, con contenido óptimo de emulsión para el criterio intersección de curvas 12.5% y para criterio de áreas equivalentes 12.2%.

**Tabla 16.** *Ensayo de rueda cargada*

RUEDA CARGADA (LWT)			
ESPÉCIMEN	UND	C.I.C.	C.A.E.
EMULSIÓN	%	12.5	12.2
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO	%	7.8	7.6
PESO DE ESPÉCIMEN INICIAL	g	689.1	654.4
PESO DE ESPÉCIMEN FINAL	g	694.2	659.2
ANCHO	cm	3.6	3.5
LARGO	cm	33.2	33.2
LWT	g/m <sup>2</sup>	426.7	401.6

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 15 se presenta los resultados del ensayo de rueda cargada en húmedo para los contenidos óptimos de residuo asfáltico: criterio de la intersección 7.8% y criterio de las áreas 7.6%, con contenido óptimo de emulsión para el criterio intersección de curvas 12.5% y para criterio de áreas equivalentes 12.2%.

Para mayor entendimiento de los resultados se presenta de manera gráfica los resultados descritos en las tablas anteriores.

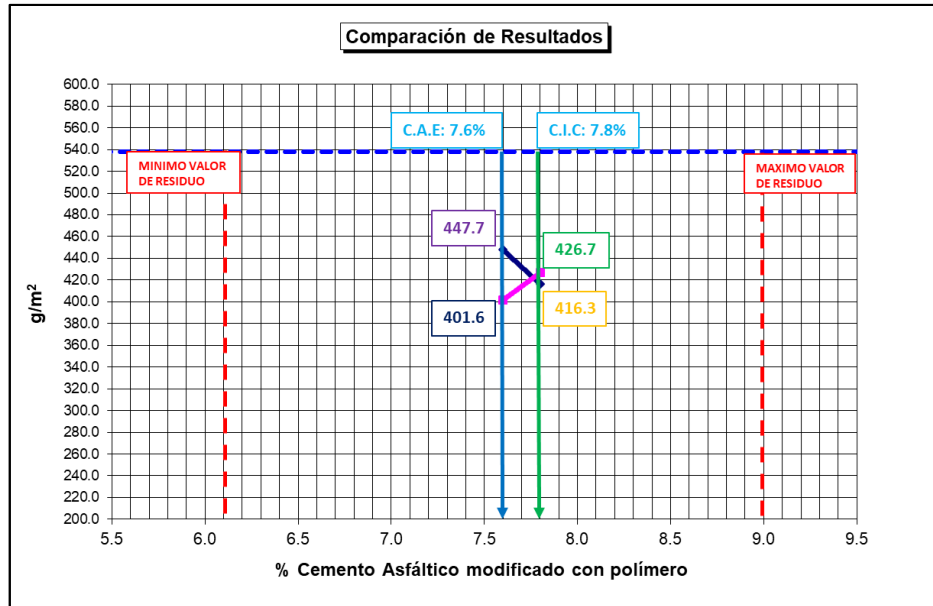


Figura 32. Comparación de resultados del contenido óptimo de asfalto.

En la figura 32, se analizó el Ensayo de Abrasión en Húmedo de acuerdo a la especificación ISSA TB 100, en donde se puede apreciar que al considerar el criterio de la intersección de curvas se obtiene una pérdida por abrasión en húmedo de 416.3 g/m<sup>2</sup>. Por otro lado, en el criterio de las áreas equivalentes se obtiene un resultado de 447.7 g/m<sup>2</sup> como pérdida de peso por la prueba de abrasión en húmedo. De esta manera se puede definir que el criterio de intersección tiene mejor comportamiento en cuanto al desgaste por humedad.

En segundo lugar, también se analizó el Ensayo de Rueda Cargada de acuerdo a la especificación ISSA TB 109, en donde se puede apreciar que al considerar el criterio de la intersección se obtiene como resultado de la adhesión de arena de 426.7 g/m<sup>2</sup> y en el criterio de las áreas se obtiene un resultado de 401.6 g/m<sup>2</sup> como resultado de la adhesión de arena debido a la prueba de Rueda Cargada. Para este

caso el criterio de áreas equivalentes tiene menor adhesión de arena que el de intersecciones de curvas.

Los resultados que se presentan a continuación fueron obtenidos de acuerdo a los ensayos de abrasión en húmedo y rueda cargada para un micropavimento con una emulsión asfáltica modificada con 7% de polímero.

**Tabla 17. Ensayo de abrasión en húmedo**

ABRASIÓN EN HÚMEDO (WTAT)			
ESPÉCIMEN	UND	C.I.C.	C.A.E.
EMULSIÓN	%	12.3	12.2
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO	%	7.7	7.6
PESO DE ESPÉCIMEN INICIAL	g	2103.5	2047.3
PESO DE ESPÉCIMEN FINAL	g	2091.1	2034.5
WTAT	g/m <sup>2</sup>	391.8	412.8

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 16, se presenta los resultados del ensayo de abrasión en húmedo para los contenidos óptimos de residuo asfáltico: criterio de la intersección 7.7% y criterio de las áreas 7.6%, con contenido óptimo de emulsión para el criterio intersección de curvas 12.3% y para criterio de áreas equivalentes 12.2%.

**Tabla 18. Ensayo de rueda cargada**

RUEDA CARGADA (LWT)			
ESPÉCIMEN	UND	C.I.C.	C.A.E.
EMULSIÓN	%	12.3	12.2
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO	%	7.7	7.6
PESO DE ESPÉCIMEN INICIAL	g	714.3	724.3
PESO DE ESPÉCIMEN FINAL	g	719.0	728.6
ANCHO	cm	3.4	3.4
LARGO	cm	33.2	33.1
LWT	g/m <sup>2</sup>	416.4	382.1

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 17, se presenta los resultados del ensayo de rueda cargada para los contenidos óptimos de residuo asfáltico: criterio de la intersección 7.7% y criterio de las áreas 7.6%, con contenido óptimo de emulsión para el criterio intersección de curvas 12.3% y para criterio de áreas equivalentes 12.2%.

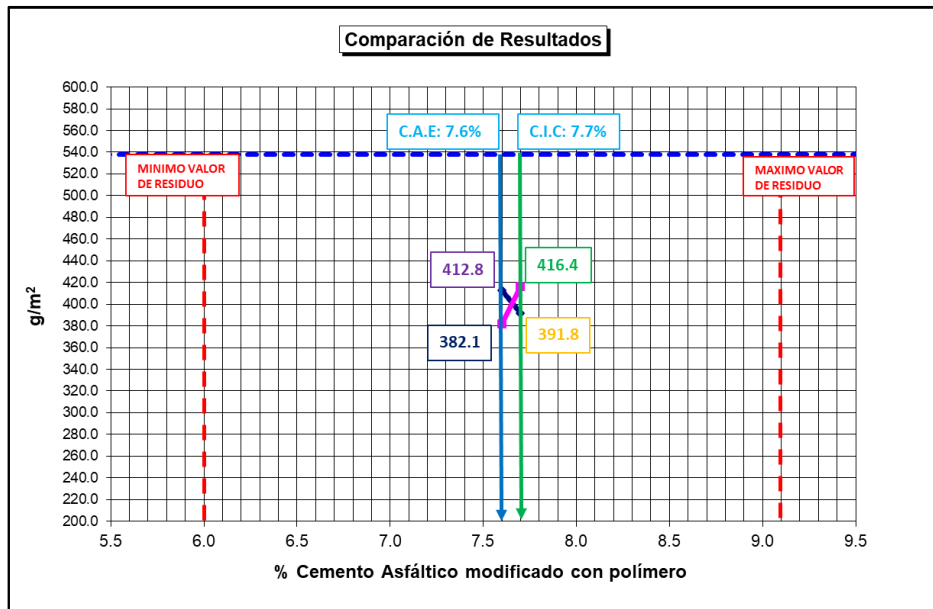


Figura 33. Comparación de resultados del contenido óptimo de asfalto.

En la figura 33, se analizó el Ensayo de Abrasión en Húmedo de acuerdo a la especificación ISSA TB 100 para un micropavimento con una emulsión asfáltica modificada con 7% de polímero, en donde se puede apreciar que al considerar el criterio de la intersección de curvas se obtiene una pérdida de 391.8 g/m<sup>2</sup> y en el criterio de las áreas equivalentes se obtuvo un resultado de 412.8 g/m<sup>2</sup> como pérdida de peso por la prueba de abrasión en húmedo. De esta manera se puede definir que el criterio de intersección tiene mejor comportamiento en cuanto al desgaste por el ensayo de abrasión en húmedo.

Así como también se analizó el Ensayo de Rueda Cargada de acuerdo a la especificación ISSA TB 109 para el micropavimento con una emulsión asfáltica modificada con 7% de polímero, en donde se puede apreciar que al considerar el criterio de la intersección se obtiene como resultado de la adhesión de arena de 416.4 g/m<sup>2</sup> y en el criterio de las áreas se obtiene un resultado de 382.1 g/m<sup>2</sup> como resultado de la adhesión de arena debido a la prueba de Rueda Cargada. Para este caso el criterio de áreas equivalentes tiene menor adhesión de arena que el de intersecciones de curvas.

Por último, se obtuvo resultados de la evaluación del micropavimento con emulsión asfáltica modificada, para este caso el porcentaje fue de 9% de polímero, siendo este último con mayor tasa de polímero propuesto para este proyecto de investigación. Los resultados se obtuvieron de los ensayos de desempeño de abrasión en húmedo y rueda cargada, cuyos resultados se muestran a continuación:

**Tabla 19. Ensayo de abrasión en húmedo**

ABRASIÓN EN HÚMEDO (WTAT)			
ESPÉCIMEN	UND	C.I.C.	C.A.E.
EMULSIÓN	%	12.2	12.0
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO	%	7.6	7.5
PESO DE ESPÉCIMEN INICIAL	g	1923.7	1898.2
PESO DE ESPÉCIMEN FINAL	g	1911.3	1887.1
WTAT	g/m2	363.8	388.3

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 18, se presenta los resultados del ensayo de abrasión en húmedo para los contenidos óptimos de residuo asfáltico: criterio de la intersección 7.6% y criterio de las áreas 7.5%, con contenido óptimo de emulsión para el criterio intersección de curvas 12.2% y para criterio de áreas equivalentes 12.0%.

**Tabla 20. Ensayo de rueda cargada**

RUEDA CARGADA (LWT)			
ESPÉCIMEN	UND	C.I.C.	C.A.E.
EMULSIÓN	%	12.2	12.0
ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO	%	7.6	7.5
PESO DE ESPÉCIMEN INICIAL	g	712.8	695.3
PESO DE ESPÉCIMEN FINAL	g	716.9	699.1
ANCHO	cm	3.1	3.2
LARGO	cm	33.1	33.1
LWT	g/m2	399.6	358.8

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 19, se presenta los resultados del ensayo de rueda cargada para los contenidos óptimos de residuo asfáltico: criterio de la intersección 7.6% y criterio de las áreas 7.5%, con contenido óptimo de emulsión para el criterio intersección de curvas 12.2% y para criterio de áreas equivalentes 12.0%.

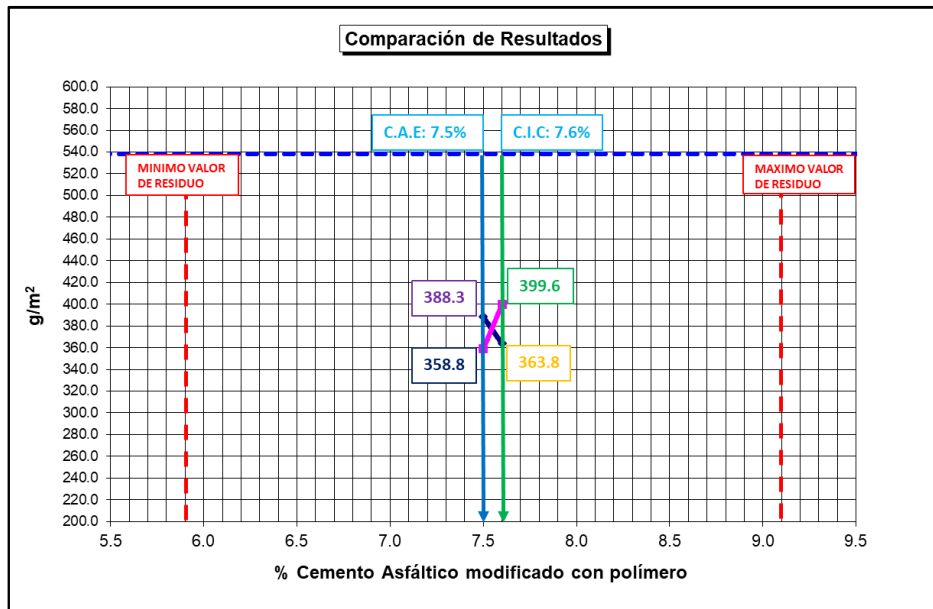


Figura 34. Comparación de resultados del contenido óptimo de asfalto.

En la figura 34, se analizó el Ensayo de Abrasión en Húmedo de acuerdo a la especificación ISSA TB 100 para un micropavimento con una emulsión asfáltica modificada con 9% de polímero, en donde se puede apreciar que al considerar el criterio de la intersección de curvas se obtiene una pérdida de 363.8 g/m<sup>2</sup> y en el criterio de las áreas equivalentes se obtuvo un resultado de 388.3 g/m<sup>2</sup> como pérdida de peso por la prueba de abrasión en húmedo. De esta manera se puede definir que el criterio de intersección tiene mejor comportamiento en cuanto al desgaste por el ensayo de abrasión en húmedo.

Así como también se analizó el Ensayo de Rueda Cargada de acuerdo a la especificación ISSA TB 109 para el micropavimento con una emulsión asfáltica modificada con 9% de polímero, en donde se puede apreciar que al considerar el criterio de la intersección se obtiene como resultado de la adhesión de arena de 399.6 g/m<sup>2</sup> y en el criterio de las áreas se obtiene un resultado de 358.8 g/m<sup>2</sup> como resultado de la adhesión de arena debido a la prueba de Rueda Cargada. Para este caso el criterio de áreas equivalentes tiene menor adhesión de arena que el de intersecciones de curvas.



## V. DISCUSIÓN

Según **Victoria, Ortiz, Avalos y Castañeda (2016)** el empleo de elastómeros (polímeros) en la pavimentación mejora las características físicas y mecánicas, ya que la modificación de asfaltos consiste en la incorporación de diversos polímeros a un asfalto convencional y emulsión asfáltica convencional, su uso en pavimentos de diversas formas de aplicación ayuda a mejorar en temas de desempeño y así alargar la vida útil de los mismos. El empleo de una variedad de polímeros como el SBR, SBS, SEBS y entre otros, asimismo menciona que el costo de aplicación varía según el tipo de aplicación y que pesar del alto costo en la preparación y las dificultades en la aplicación de un asfalto modificado con Polímero, el uso de éstos en pavimentación proporciona a las mezclas grandes beneficios en cuanto a ahuellamiento, resistencia a la fractura, variación térmica y permeabilidad, lo que conlleva a prolongar el tiempo de la vida útil del pavimento flexible.

En este proyecto de investigación se evidencio que, si efectivamente y se concuerda con lo propuesto por los autores en líneas arriba, que el empleo de polímero mejora las características en la pavimentación, para este caso el micropavimento siendo una aplicación de tratamiento superficial muy exigente respecto a otros tratamientos. Cabe precisar que el polímero empleado para esta investigación fue el SBR, ya que hasta el momento es el único en emplearse en una emulsión asfáltica para aplicación en frio y que esta incorporación de polímero mejoro las características mecánicas de acuerdo a los valores obtenidos en los ensayos de desempeño en los ensayos de rueda cargada y abrasión en húmedo para este tipo de aplicación.

Para **Ramírez (2016)** que realizo su investigación evaluando la compatibilidad de la mezcla del agregado de la cantera San Martin y una emulsión asfáltica modificada. Para esta investigación se evaluó determinando el contenido óptimo de asfalto en el diseño de una mezcla asfáltica en frio, mediante una investigación experimental, a través de ensayos de laboratorio especializados de mecánica de suelos y pavimentos. Como resultado de su investigación se determinó que los agregados de la cantera San Martin cumplían con los parámetros exigidos por el

manual de Carreteras de la MTC, la especificación EG-2013, Así como también menciona que el uso de las emulsiones asfálticas con polímero presenta ventajas técnicas, económicas, seguridad y ambiental para una aplicación de un tratamiento superficial.

En este proyecto de investigación se realizaron los diferentes ensayos para cada componente que se empleó en el diseño de un micropavimento con una emulsión asfáltica altamente modificada. Para cumplir con un buen diseño cada componente debe cumplir las exigencias de acuerdo al manual de carreteras como se realizó en la investigación descrita por Ramírez. Para el diseño de micropavimento se emplearon agregados provenientes de la cantera Chorrillos ubicado en la Puerto Maldonado las cuales tendría que cumplir en cuanto a la gradación, equivalente de arena y azul de metileno para un micropavimento. El empleo de filler (Cemento Portland), el agua proveniente del lugar, así mismo el empleo de la emulsión asfáltica modificada con polímero, este último proporcionado por la empresa TDM Asfaltos.

Para Hafezzadeh y Kavussi (2019), en su investigación realizó una evaluación de los efectos en los diferentes porcentajes de polímero SBR y también de la incorporación del cemento portland en las propiedades mecánicas del micropavimento. Para sus investigaciones se moldearon diferentes testigos para luego ser sometidos en los ensayos de desempeño como la rueda cargada y abrasión en húmedo. Los contenidos de asfalto residual variaron de 6.3 a 10% y los porcentajes de polímero empleados fueron de 3 a 5% de SBR. Basándose a los resultados obtenidos en su investigación determinaron que el mejor resultado fue la adición de 5% de polímero SBR en una emulsión con 8.2% de asfalto residual, ya que la mezcla mostro un aumento casi 50% tanto en la resistencia a la abrasión y la resistencia a la rueda cargada.

En el presente proyecto de investigación se concuerda con la investigación de Hafezzadeh y Kavussi que la incorporación de polímero mejora de manera significativa el comportamiento mecánico del micropavimento y este hace que la vida útil de la aplicación se incremente. Para este caso en la investigación los

porcentajes variaron en tres proporciones las cuales fueron de 5, 7 y 9 % de polímero SBR.

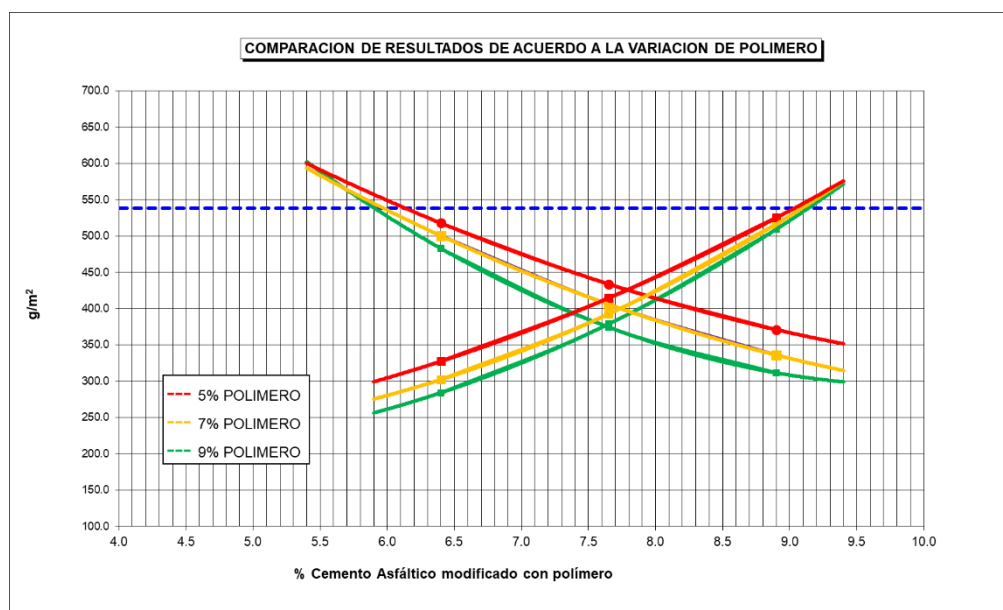


Figura 35. Comparación de resultados de acuerdo a la variación de polímero

Como se puede apreciar en la figura 35, se graficó las curvas obtenidas para cada porcentaje empleado en esta investigación, resultados de los ensayos de abrasión en húmedo y rueda cargada. Las curvas rojas representan los resultados para un micropavimento con una emulsión con 5% de polímero, y están próximos al límite máximo de la especificación ISSA para rueda cargada y abrasión húmedo. Las curvas amarillas son resultados del micropavimento con una emulsión con 7% de polímero, este diseño tiene mejor comportamiento que el de 5% de polímero, pero menor al de un 9% de polímero, acuerdo al grafico tiene mejor comportamiento. La curva verde respecto a las otras curvas tiene mejor comportamiento en los ensayos de desempeño de abrasión en húmedo y rueda cargada, esta curva son de acuerdo los resultados de un micropavimento con una emulsión de 9% de polímero.

Según **Palomino y Rodriguez** (2017) es de suma importancia la selección del criterio de diseño, estos criterios comprendidos entre el criterio de intersección de curvas y criterio de áreas equivalentes, ya que permitirá afinar el óptimo contenido de asfalto, el cual llevará a desarrollar un mejor desempeño del micropavimento, pues minimizará riesgos por déficit o exceso de ligante asfáltico. Como resultado

de sus investigaciones llegaron a la conclusión que el criterio de las áreas equivalentes es la mejor opción para determinar la cantidad de emulsión óptima que se utilizará en el micropavimento, respecto al otro criterio de intersección de curvas.

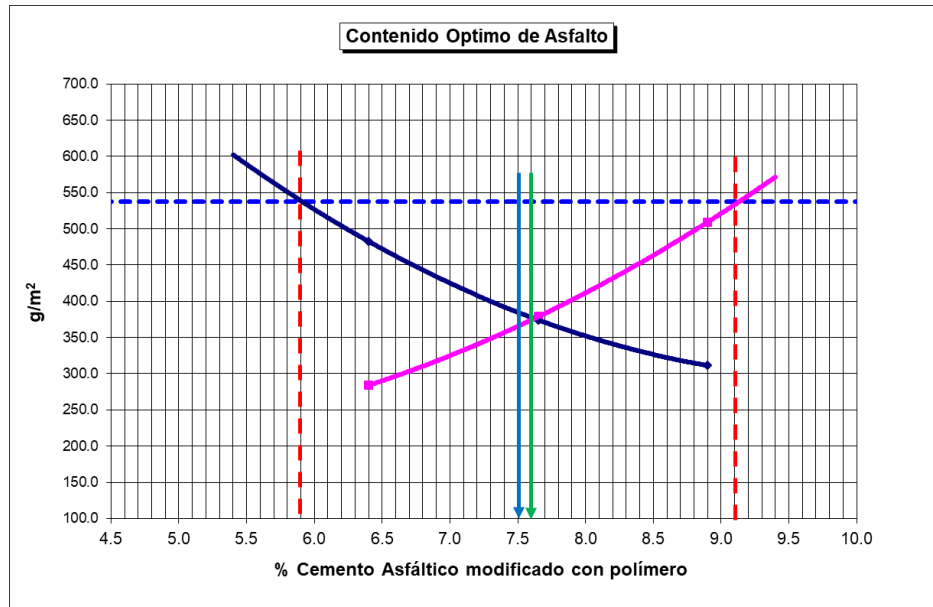


Figura 36. Comparación de contenido óptimo de asfalto de acuerdo a los criterios de diseño.

De acuerdo a los resultados y lo observado en la figura 36, en esta investigación que el criterio de intersección de curvas como el de criterio de áreas equivalentes son viables para esta aplicación con la cantera seleccionada, con los componentes empleados para este diseño. La variación del contenido óptimo de asfalto de un criterio respecto al otro criterio y de acuerdo a la figura 36 es de 0.1%. por tanto no es mucha la diferencia entre ambos criterios.

## VI. CONCLUSIONES

1. Las propiedades físicas y mecánicas del micropavimento mejoraron de manera muy favorable con el empleo de una emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, ya que como ventaja del empleo polímeros en una mezcla asfáltica y emulsión asfáltica para diferentes aplicaciones es de dar mayor tiempo de vida útil, mayor desempeño ante los diversos problemas que afectan al pavimento, como los agrietamientos, deformaciones, ahuellamientos y por diversos factores.
2. Los agregados son de mayor importancia para el diseño de un micropavimento, como también los demás componentes. Para este caso el agregado cumplió las exigencias de la especificación EG-2013 como la gradación tipo III, el equivalente de arena superior al mínimo de 60% con un valor de 68% y valor de 4 mg/g de azul de metileno. El agua empleada para el diseño fue agua potable de la zona de estudio que cumplió los valores de PH y dureza, el cemento en cuanto a la gradación y la emulsión que de acuerdo al reporte de calidad de empresa proporcionada de TDM Asfalto, todos cumpliendo los parámetros de la especificación EG-2013.
3. El desempeño de un micropavimento con una emulsión asfáltica altamente modificada con polímero mejor de manera muy favorable en los ensayos de desempeño de abrasión en húmedo y rueda cargada. Mayor incorporación de polímero en la emulsion asfaltica, mejor comportamiento y eso se vio reflejado en los ensayos sometidos. De acuerdo a la investigacion para el agregado de la cantera seleccionada, el diseño de micropavimento con la emulsion asfaltica con 9% de polímero tuvo mejor comportamiento respecto a los otros diseños con 5% y 7% de polímero.
4. En esta investigación y de acuerdo a los resultados obtenidos el criterio de Áreas equivalentes como el criterio de intersecciones son factibles a emplearse ya la variación de los contenidos óptimos es mínima. La variación para un diseño de micropavimento con emulsión asfáltica con 5% de

polímero es de 0.2%, para 7% de polímero es de 0.1% y para 9% de polímero es de 0.1%. Por tanto, en esta investigación para dicho agregado ambos criterios de diseño brindarían mayor seguridad ante los problemas que se pueden presentar para un micropavimento.

## VII. RECOMENDACIONES

1. En esta investigación se centró únicamente en la evaluación de desempeño del diseño de un micropavimento con la incorporación del polímero en la emulsión asfáltica a nivel de laboratorio para zonas cálidas como la de Puerto Maldonado, por tanto, se recomienda realizar la aplicación en esas zonas o de condiciones similares, y de acuerdo a ello ver el comportamiento de desempeño del micropavimento ya a condiciones reales, como las cargas vehiculares, y condiciones climatológicas.
2. El Perú siendo un país muy diverso con una variedad de ecosistema, variedad climática, variedad morfología, etc. Se recomienda realizar investigaciones con diferentes fuentes de agregado, agua ya que estas son muy variables y dependen mucho del lugar donde se puede aplicar, ya que la condición de lugar ubicado en la costa es diferente a otro ubicado en la sierra o selva peruana.
3. Así como hay una variedad de condiciones climáticas, también hay una variedad de recursos hoy en día gracias a la tecnología y la variedad de polímero no es la excepción, por tanto, se recomienda el empleo de otros polímeros para tratamientos como el micropavimento, muy aparte del polímero SBR que se empleó en esta investigación.
4. Si bien en la investigación y manuales como la especificación ISSA no se especifica que un criterio es más conveniente sobre la otra, ya que esta va estar definida de acuerdo a la experiencia del diseñador y además de acuerdo a los resultados de las pruebas de desempeño. Se recomienda realizar comparación empleando diversos agregados de diferentes lugares, condiciones ya que cada agregado es muy variable en cuanto a sus características físicas y químicas.

## REFERENCIAS

**AIMACAÑA, Juan. 2017.** *"Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimento asfáltico a base de polímero y pavimentos flexibles tradicionales"*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato : 2017.

**ARIAS, Fedias G. 2012.** *El proyecto de investigación*. 6° Ed. Caracas : Editorial Episteme, C.A., 2012. ISBN: 980-07-8529-9.

**ASPHALT Institute. 2008.** *Manual Básico de Emulsiones Asfálticas MS-19*. USA : s.n., 2008. ISBN: 9781934154564.

**AVALOS, Felipe, y otros. 2015.** *"Modificación de Asfalto con elastómeros para su uso en pavimentos"*. Universidad Autónoma de Coahuila, México : 2015.

**CARTER, Alan, PERRATON, Daniel y ROBATI, Masoud. 2015.** *"Evaluation of a modification of current microsurfacing mix design procedures"*. Canadian Journal of Civil Engineering, Montreal : 2015.

**CASTIBLANCO, John. 2015.** *"Uso de micropavimento para adecuación de vías municipales"*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá : 2015.

**CORONEL, Orlando. 2017.** *"Micropavimento: Alternativa técnico-económica para la pavimentación del Asentamiento Humano Lomas de Marchan-Pucusana/Lima, 2017"*. Universidad César Vallejo, Lima : 2017.

**GAITÁN, J.A. y PIÑUEL, J.L. 1998.** *Técnicas en una Investigación en Comunicación Social*. Madrid : Editorial Síntesis, 1998.

**HAFEZZADEH, Rahed y KAVUSSI, Amir. 2019.** *"Application of microsurfacing in repairing pavement surface rutting"*. Road Materials and Pavement Design, s.l. : 2019.

**HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. 2014.** *Metodología de la Investigación 6°ed*. México : Interamericana Editores, S.A., 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

**INDECO Asociados SAS. 2012.** *Mantenimiento Vial Preventivo*. Bogotá : s.n., 2012.

**ISSA A-143. 2010.** *Norma de Rendimiento Recomendada para Micropavimentación*. 2010.

**ISSA -TB 100. Revised 2/2018.** *Laboratory Test Method for Wet Track Abrasion of Slurry Surfacing Systems*. USA : s.n., Revised 2/2018.

**ISSA-TB 109. Revised 6/2018.** *Test Method for Measurement of Excess Asphalt In Bituminous Mixtures by Use of a Loaded Wheel Tester and Sand Adhesion*. USA : s.n., Revised 6/2018.



**MACASSI, Sandro y MATA, María Cristina. 1997.** *Como elaborar muestras para los sondeos de audiencia.* Quito : ALER, 1997.

**MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. 2013.** *Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas Generales para la Construcción EG-2013.* Lima : s.n., 2013.

**ORTIZ, Lorena. 2014.** *"Evaluación en laboratorio del desempeño de Mortero Asfáltico y Micropavimento con los agregados naturales del proyecto: Mantenimiento de carretera Interoceánica Norte".* Universidad Nacional de Ingeniería, Lima : 2014.

**PUIGGENE, Jordi, TAKAMURA, Koichi y TORRES-LLOSA, José. 2013.** *"Efectos del empleo latex de SBR en la modificación de cemento asfáltico y de emulsiones bituminosas de uso vial".* BASF Corporation, Estados Unidos de America : 2013.

**RAMÍREZ, Marco. 2015.** *"Evaluación de compatibilidad de mezclas asfálticas, utilizando agregados de la cantera San Martín con cemento asfáltico PEN 60/70 y emulsión asfáltica CSS-1HP".* Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo : 2015.

**ROBATI, Masoud. 2014.** *"Evaluation and improvement of micro-surfacing mix design method and modelling of asphalt emulsion mastic in terms of filler-emulsion interaction".* Université Du Québec, Montreal : 2014.

**RUJEL, Carlos y SOLÓRZANO, Karol. 2018.** *"Importancia de la determinación de un Micropavimento en frío como capa de rodadura de alta performance para el Proyecto Conococha-Recuay".* Universidad Ricaldo Palma, Lima : 2018.

**TOSCANO, Luis. 2014.** *"Diseño de Micro-pavimento aplicado como tratamiento superficial para el control de la Variación Térmica en el pavimento flexible de la vía Pifo-Cusubamba, como parte del mantenimiento preventivo" .* Universidad Internacional del Ecuador, Quito : 2014.

**UNIVERSIDAD Mayor de San Simón. 2004.** *PAVIMENTOS.* Cochabamba : s.n., 2004.

**VALDERRAMA M., Santiago. 2015.** *Pasos para elaborar proyectos de Investigación Científica: Cuantitativa, Cualitativa Y Mixta.* 5° ed. Lima : San Marcos E.I.R.L., 2015. ISBN: 978-612-302-878-7.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1: Matriz de operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Micropavimento	<p>Sistema de pavimentación superficial compuesto por la mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímeros, agregado mineral triturado, filler, agua, y otros aditivos según sea necesario.</p> <p>MANUAL DE CARRETERAS (EG-2013)</p>	<p>La evaluación del micropavimento se realizara mediante la caracterización de sus componentes, pruebas de desempeño y finalmente se planteara la propuesta de diseño, según las exigencias del manual EG-2013.</p>	Componentes	Agregados	Ordinal
				Agua	Ordinal
				Aditivos y Filler	Ordinal
			Desempeño	Rueda cargada	Razón
				Abrasión en húmedo	Razón
Diseño	Contenido Optimo de Asfalto	Razón			
Emulsión asfáltica altamente modificada con polímero	<p>La emulsión asfáltica es la dispersión de pequeñas partículas de cemento asfáltico dentro de otro líquido, que lo mantenga en condiciones estables, según el manual básico de emulsiones MS 19 del ASPHALT INSTITUTE (AEMA, 2001).</p>	<p>La evaluación de la emulsión asfáltica altamente modificado con polímero se realizara aplicando las normativas que rigen para la emulsión como las normas de ISSA y ASFHALT INSTUTITE.</p>	Contenido de emulsión asfáltica	% de contenido de emulsión asfáltica (5%-7%-9%)	Razón

Matriz de Consistencia

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DEL DISEÑO DE UN MICROPAVIMENTO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA ALTAMENTE MODIFICADA CON POLÍMERO, PUERTO MALDONADO 2020							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	MEDICIÓN	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN
<b>Problema general:</b> ¿De qué manera influye una emulsión asfáltica altamente modificada con polímero a las características físicas y mecánicas del micropavimento, Puerto Maldonado 2020.?	<b>Objetivo general</b> Conocer las características físicas y mecánicas del micropavimento con una emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado 2020.	<b>Hipótesis general</b> Las características físicas y mecánicas del micropavimento mejoran de manera favorable con una emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado 2020.	Emulsión asfáltica altamente modificada con polímero	Contenido de emulsión asfáltica	% de contenido de emulsión asfáltica	MANUAL EG-2013	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Tipo:</b> Explicativo <b>Diseño:</b> Experimental <b>Poblacion:</b> Ensayos de laboratorio para micropavimentos. <b>Muestra:</b> Ensayos específicos de laboratorio. <b>Tecnica:</b> Observacion <b>Instrumento:</b> Ficha de recoleccion de datos.
<b>Problemas específicos</b> 1. ¿El empleo adecuado de los agregados, mezclas asfálticas, agua y aditivos cumple con las exigencias para un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado 2020?	<b>Objetivos específicos</b> 1. Evaluar mediante ensayos de laboratorio los agregados, mezclas asfálticas, agua y aditivos para micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con Polímero, Puerto Maldonado 2020.	<b>Hipótesis específicos</b> 1. Los agregados, mezcla asfáltica, agua y aditivos cumplen con las exigencias del Manual EG-2013 para un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado 2020?	Componentes	Agregados	MANUAL EG-2013	MANUAL EG-2013	
				Agua	MANUAL EG-2013		
				Aditivos y Filler	MANUAL EG-2013		
2. ¿De qué manera mejora el desempeño de un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado 2020?	2. Determinar mediante ensayos de laboratorio el desempeño de un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado 2020.	2. La emulsión asfáltica altamente modificada con polímero influye de manera favorable en el desempeño de un micropavimento, Lima 2020.	Micropavimento	Desempeño	Abrasión en húmedo	g/m2 ISSA TB109	
					Rueda cargada	g/m2 ISSA TB109	
3. ¿Qué criterios se deben tomar para obtener el contenido óptimo de asfalto en un diseño de micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado 2020?	3. Analizar y comparar los criterios de diseño para obtener el contenido óptimo de asfalto para un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado 2020.	3. El criterio de Áreas equivalentes brinda mayor seguridad para evitar problemas en el asfaltado respecto al criterio de intersecciones en el diseño de un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado 2020.		Diseño	Contenido óptimo de asfalto.	% de contenido de emulsión asfáltica	

## ANEXO 2: Instrumento de Recolección de Datos

Instrumento de recoleccion de datos	
AUTOR:	José Chilipio Mormontoy
PROYECTO:	Evaluación de Desempeño del Diseño de un Micropavimento con Emulsión Asfáltica Altamente Modificada con Polímero, Puerto Maldonado-2020.
Caracterización del agregado	
<b>REFERENCIA DE LA MUESTRA</b>	
IDENTIFICACIÓN:	.....
DESCRIPCIÓN:	.....

### 1.- GRANULOMETRIA (MTC E-204)

Tamices		PESO RETENIDO (gr.)	RETENIDO %	RET.ACUM %	PASA %
ASTM	mm				
1/2"	12.7				
3/8"	9.5				
# 4	4.8				
# 8	2.4				
# 16	1.2				
# 30	0.6				
# 50	0.3				
# 100	0.2				
# 200	0.1				
< # 200					

$W_{Humedo} =$                       Humedad =                       $W_{Seco} =$

### 4.- AZUL DE METILENO (ASTHO TP-57)

DESCRIPCION	ENSAYO		PROMEDIO
	1	2	
Valor del Azul de Metileno (mg/g)			

### 2.- CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108)

DESCRIPCION	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
		1	2	3	
A) Tara	gr.				
B) Tara + Mat.Humedo.	gr.				
C) Tara + Mat.Seco	gr.				
D) Contenido de Humedad	%				

### 3.- EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E-114)

DESCRIPCION	UNID.	ENSAYO		PROMEDIO
		1	2	
Hora de Inicio de Saturación	min.			
Hora de Final de Saturación	min.			
Hora de Inicio de Decantación	min.			
Hora de Final de Decantación	min.			
A) Lectura inicial	pulg.			
B) Lectura Final	pulg.			
Equivalente de Arena ((B / A)*100)	%			

DATOS DEL ESPECIALISTA	FIRMA Y SELLO
APELLIDOS Y NOMBRE : ESPECIALIDAD: C.I.P. N°:	

Instrumento de recolección de datos	
AUTOR:	José Chilipio Mormontoy
PROYECTO:	Evaluación de Desempeño del Diseño de un Micropavimento con Emulsión Asfáltica Altamente Modificada con Polímero, Puerto Maldonado-2020.
Diseño de micropavimento	
REFERENCIA DE LA MUESTRA	
IDENTIFICACIÓN:	_____ Porcentaje de Polímero: _____
DESCRIPCIÓN:	_____

**1.- TIEMPO DE MEZCLADO (ISSA TB-103)**

DESCRIPCION	UND.	ENSAYO			
		1	2	3	4
AGREGADO	g.				
CEMENTO	%				
AGUA	%				
EMULSION	%				
ADITIVO	%				
TIEMPO	min.				

**2.- COHESION (ISSA TB-139)**

DESCRIPCION	TIEMPO			
	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
ENSAYO (kg-cm/min)				

**3. PRUEBA DE ABRASION EN HUMEDO (ISSA TB-100)**

DESCRIPCION	UND.	1	2	3
Emulsion	%			
Residuo asfaltico	%			
Peso inicial	g.			
Peso final	g.			
WTAT	g/m <sup>2</sup>			

**4. PRUEBA DE RUEDA CARGADA (ISSA TB-109)**

DESCRIPCION	UND.	1	2	3
Emulsion	%			
Residuo asfaltico	%			
Peso inicial	g.			
Peso final	g.			
Ancho	cm			
Largo	cm			
LWT	g/m <sup>2</sup>			

DATOS DEL ESPECIALISTA	FIRMA Y SELLO
APELLIDOS Y NOMBRE : ESPECIALIDAD: C.I.P. N°:	

## REVISIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS - PI Recibidos x



**José Chilipio Mormontoy**

12:22 (hace 3 horas)



Buenas tardes Ing. Benites, soy José Chilipio Mormontoy, estudiante del IX ciclo del curso de Proyecto de Inves...



**JOSE LUIS**

15:35 (hace 28 minutos)



para mí ▾

**Estimado (a).** José Chilipio Mormontoy

Habiendo revisado tus instrumentos para a recolección de datos, de tu PI titulado "Evaluación de Desempeño del Diseño de un Micropavimento con Emulsión Asfáltica Altamente Modificada con Polímero, Puerto Maldonado-2020", doy por **VALIDADO** para que pueda aplicar en su desarrollo de tesis.

**Atte. Mg. Jose Luis Benites Zuñiga**  
**Ingeniero Civil**  
**CIP 126769**



--

Atte.

Ing. Jose Luis Benites Zuñiga

Instrumento de recolección de datos	
AUTOR:	José Chilipio Mormontoy
PROYECTO:	Evaluación de Desempeño del Diseño de un Micropavimento con Emulsión Asfáltica Altamente Modificada con Polímero, Puerto Maldonado-2020.
Caracterización del agregado	
REFERENCIA DE LA MUESTRA	
IDENTIFICACIÓN:	_____
DESCRIPCIÓN:	_____

1.- GRANULOMETRIA (MTC E-204)

Tamices		PESO RETENIDO (gr.)	RETENIDO %	RET.ACUM %	PASA %
ASTM	mm				
1/2"	12.7				
3/8"	9.5				
# 4	4.8				
# 8	2.4				
# 16	1.2				
# 30	0.6				
# 50	0.3				
# 100	0.2				
# 200	0.1				
< # 200					

4.- AZUL DE METILENO (AASHTO TP-67)

DESCRIPCION	ENSAYO		PROMEDIO
	1	2	
Valor del Azul de Metileno (mg/g)			

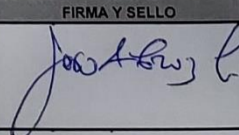
W<sub>humedo</sub> =                      Humedad =                      W<sub>seco</sub> =

2.- CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108)

DESCRIPCION	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
		1	2	3	
A) Tara	gr.				
B) Tara + Mat.Humedo.	gr.				
C) Tara + Mat.Seco	gr.				
D) Contenido de Humedad	%				

3.- EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E-114)

DESCRIPCION	UNID.	ENSAYO		PROMEDIO
		1	2	
Hora de Inicio de Saturación	min.			
Hora de Final de Saturación	min.			
Hora de Inicio de Decantación	min.			
Hora de Final de Decantación	min.			
A) Lectura Inicial	pulg.			
B) Lectura Final	pulg.			
Equivalente de Arena ((B/A)*100)	%			

DATOS DEL ESPECIALISTA	FIRMA Y SELLO
APELLIDOS Y NOMBRE: <u>César Vega, JESON ALEJANDRO</u> ESPECIALIDAD: <u>ING. CIVIL / EXP. SUELOS Y PAVIMENTOS</u> C.I.P. N°: <u>196237</u>	



Instrumento de recolección de datos	
AUTOR:	José Chilipio Mormontoy
PROYECTO:	Evaluación de Desempeño del Diseño de un Micropavimento con Emulsión Asfáltica Altamente Modificada con Polímero, Puerto Maldonado-2020.
Diseño de micropavimento	
REFERENCIA DE LA MUESTRA	
IDENTIFICACIÓN :	Porcentaje de Polímero: _____
DESCRIPCIÓN :	_____

**1.- TIEMPO DE MEZCLADO (ISSA TB-103)**

DESCRIPCION	UND.	ENSAYO			
		1	2	3	4
AGREGADO	g.				
CEMENTO	%				
AGUA	%				
EMULSION	%				
ADITIVO	%				
TIEMPO	min.				

**2.- COHESION (ISSA TB-139)**

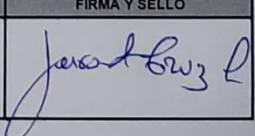
DESCRIPCION	TIEMPO			
	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
ENSAYO (kg-cm/min)				

**3. PRUEBA DE ABRASION EN HUMEDO (ISSA TB-100)**

DESCRIPCION	UND.	1	2	3
Emulsion	%			
Residuo asfaltico	%			
Peso inicial	g.			
Peso final	g.			
WTAT	g/m2			

**4. PRUEBA DE RUEDA CARGADA (ISSA TB-109)**

DESCRIPCION	UND.	1	2	3
Emulsion	%			
Residuo asfaltico	%			
Peso inicial	g.			
Peso final	g.			
Ancho	cm			
Largo	cm			
LWT	g/m2			

DATOS DEL ESPECIALISTA	FIRMA Y SELLO
APELLIDOS Y NOMBRE: <i>CRUZ UCERA JASON ALEJANDRO</i> ESPECIALIDAD: <i>ING. CIVIL JUEGOS Y PAVIMENTOS</i> C.I.P. N°: <i>1916737</i>	

Instrumento de recolección de datos	
AUTOR:	José Chilipio Mormontoy
PROYECTO:	Evaluación de Desempeño del Diseño de un Micropavimento con Emulsión Asfáltica Altamente Modificada con Polímero, Puerto Maldonado-2020.
Caracterización del agregado	
REFERENCIA DE LA MUESTRA	
IDENTIFICACIÓN:	_____
DESCRIPCIÓN:	_____

**1.- GRANULOMETRIA (MTC E-204)**

Tamices		PESO RETENIDO (gr.)	RETENIDO %	RET.ACUM %	PASA %
ASTM	mm				
1/2"	12.7				
3/8"	9.5				
# 4	4.8				
# 8	2.4				
# 16	1.2				
# 30	0.6				
# 50	0.3				
# 100	0.2				
# 200	0.1				
< # 200					

**4.- AZUL DE METILENO (AASTHO TP-57)**

DESCRIPCION	ENSAYO		PROMEDIO
	1	2	
Valor del Azul de Metileno (mg/g)			

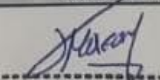
W<sub>humida</sub> =                      Humedad =                      W<sub>seco</sub> =

**2.- CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108)**

DESCRIPCION	UNID.	ENSAYO			PROMEDIO
		1	2	3	
A) Tara	gr.				
B) Tara + Mat.Humedo.	gr.				
C) Tara + Mat.Seco	gr.				
D) Contenido de Humedad	%				

**3.- EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E-114)**

DESCRIPCION	UNID.	ENSAYO		PROMEDIO
		1	2	
Hora de Inicio de Saturación	min.			
Hora de Final de Saturación	min.			
Hora de Inicio de Decantación	min.			
Hora de Final de Decantación	min.			
A) Lectura inicial	pulg.			
B) Lectura Final	pulg.			
Equivalente de Arena ((B / A)*100)	%			

DATOS DEL ESPECIALISTA	FIRMA Y SÉLLO
APELLIDOS Y NOMBRE : <i>Victor Hugo Moreno Roldan</i> ESPECIALIDAD: <i>Suelos y Pavimentos</i> C.I.P. N°: <i>196867</i>	 ----- <b>VICTOR HUGO MOREANO ROLDAN</b> <b>INGENIERO CIVIL</b> <b>Reg. CIP N° 196867</b>

Instrumento de recolección de datos	
AUTOR:	José Chilipio Mormontoy
PROYECTO:	Evaluación de Desempeño del Diseño de un Micropavimento con Emulsión Asfáltica Altamente Modificada con Polímero, Puerto Maldonado-2020.
Diseño de micropavimento	
REFERENCIA DE LA MUESTRA	
IDENTIFICACIÓN:	Porcentaje de Polímero: _____
DESCRIPCIÓN:	_____

**1.- TIEMPO DE MEZCLADO (ISSA TB-103)**

DESCRIPCION	UND.	ENSAYO			
		1	2	3	4
AGREGADO	g.				
CEMENTO	%				
AGUA	%				
EMULSION	%				
ADITIVO	%				
TIEMPO	min.				

**2.- COHESION (ISSA TB-139)**

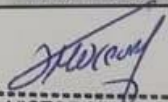
DESCRIPCION	TIEMPO			
	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
ENSAYO (kg-cm/min)				

**3. PRUEBA DE ABRASION EN HUMEDO (ISSA TB-100)**

DESCRIPCION	UND.	1	2	3
Emulsion	%			
Residuo asfáltico	%			
Peso inicial	g.			
Peso final	g.			
WTAT	g/m <sup>2</sup>			

**4. PRUEBA DE RUEDA CARGADA (ISSA TB-109)**

DESCRIPCION	UND.	1	2	3
Emulsion	%			
Residuo asfáltico	%			
Peso inicial	g.			
Peso final	g.			
Ancho	cm			
Largo	cm			
LWT	g/m <sup>2</sup>			

DATOS DEL ESPECIALISTA	FIRMA Y SELLO
APELLIDOS Y NOMBRE: <u>Victor Hugo Moreano Roldan</u> ESPECIALIDAD: <u>Suelos y Pavimentos</u> C.I.P. N°: <u>196 867</u>	 ----- <b>VICTOR HUGO MOREANO ROLDAN</b> <b>INGENIERO CIVIL</b> <b>Reg. CIP N° 196867</b>

## ANEXO 5: HOJAS DE CALCULO

### Calculo para 5% de polímero

(%) de Asfalto	(%) de Emulsión	(%) de Agua	(%) de Aditivo	(%) de Filler	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )
6.4	10.2	7		0.5	517.7	327.3
7.7	12.2	6		0.5	433.8	414.3
<b>8.9</b>	14.2	5		0.5	370.8	525.0

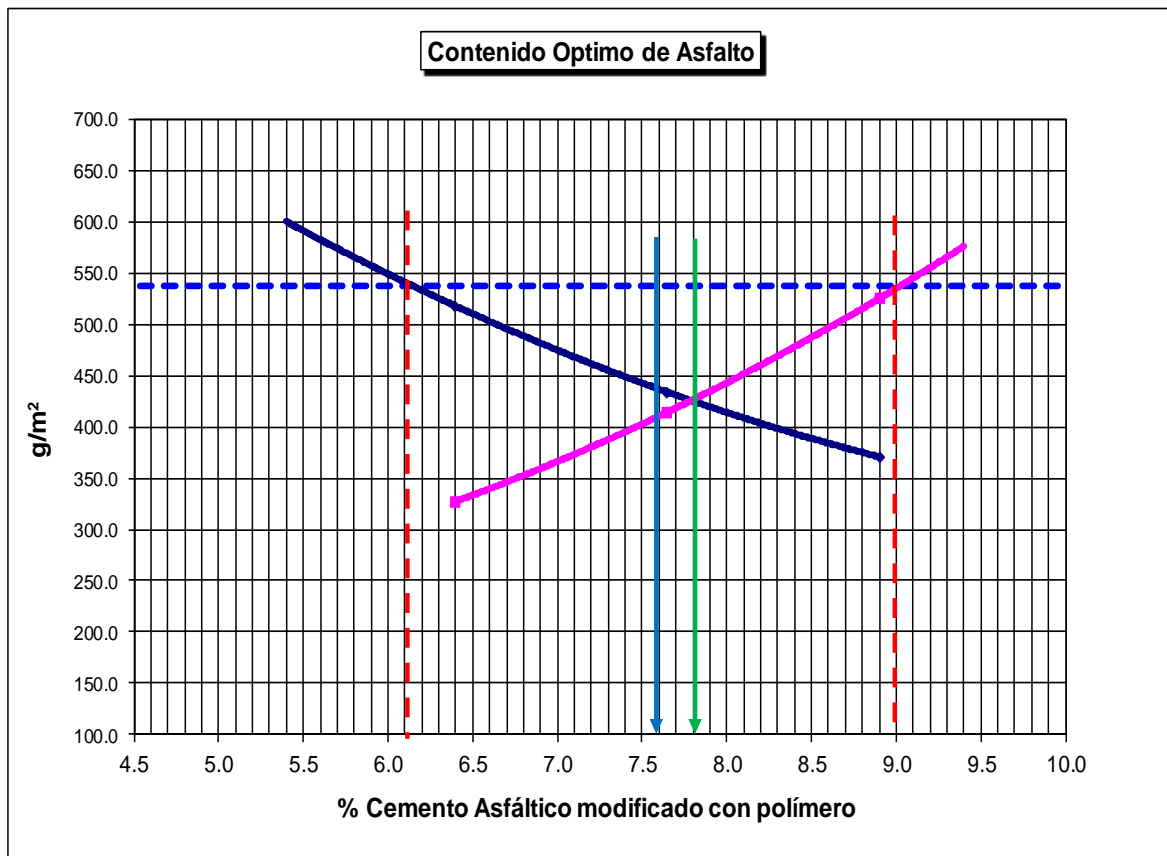
$$WTAT = (PI - PF) * K$$

$$K = 34.98$$

PESO INICIAL	PESO FINAL
2104.4	2089.6
2096.3	2083.9
2138.7	2128.1

$$LWT = (PF - PI) / \text{AREA RODADURA} * 10000$$

AREA ROD. A x L		AREA ROD.	
PESO INICIAL	PESO FINAL	ANCHO	LARGO
635.2	639.1	3.6	33.1
642.3	647.1	3.5	33.1
624.8	630.9	3.5	33.2



## Calculo para 7% de polímero

(%) de Asfalto	(%) de Emulsión	(%) de Agua	(%) de Aditivo	(%) de Filler	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )
6.4	10.2	7		0.5	500.2	302.1
7.7	12.2	6		0.5	405.8	392.5
<b>8.9</b>	14.2	5		0.5	335.8	516.4

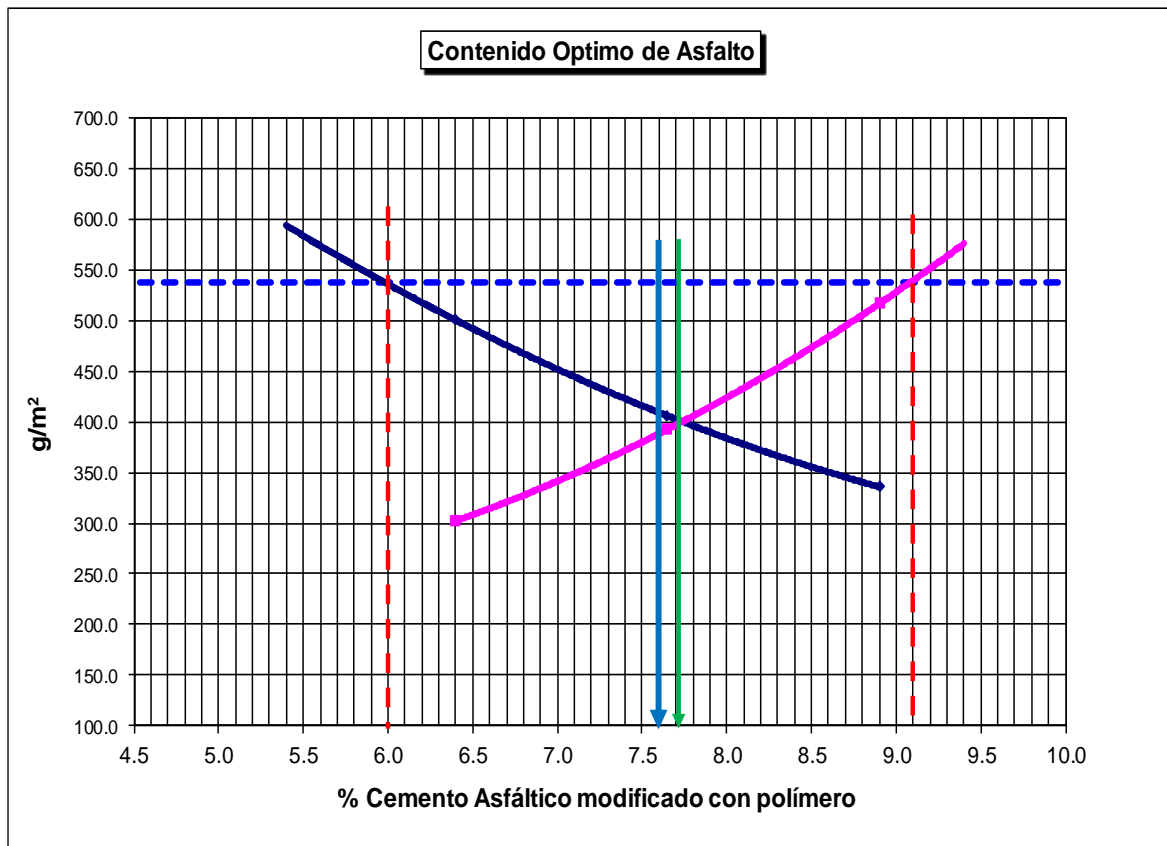
$$WTAT = (PI - PF) * K$$

$$K = 34.98$$

PESO INICIAL	PESO FINAL
2120.4	2106.1
2176.3	2164.7
2188.7	2179.1

$$LWT = ((PF - PI) / \text{AREA RODADURA}) * 10000$$

AREA ROD. A x L		AREA ROD.	
PESO INICIAL	PESO FINAL	ANCHO	LARGO
612.8	616.1	3.3	33.1
614.5	618.8	3.3	33.2
616.9	622.9	3.5	33.2



## Calculo para 9% de polímero

(%) de Asfalto	(%) de Emulsión	(%) de Agua	(%) de Aditivo	(%) de Filler	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )
6.4	10.2	7		0.5	482.7	284.0
7.7	12.2	6		0.5	374.3	378.7
8.9	14.2	5		0.5	311.3	509.3

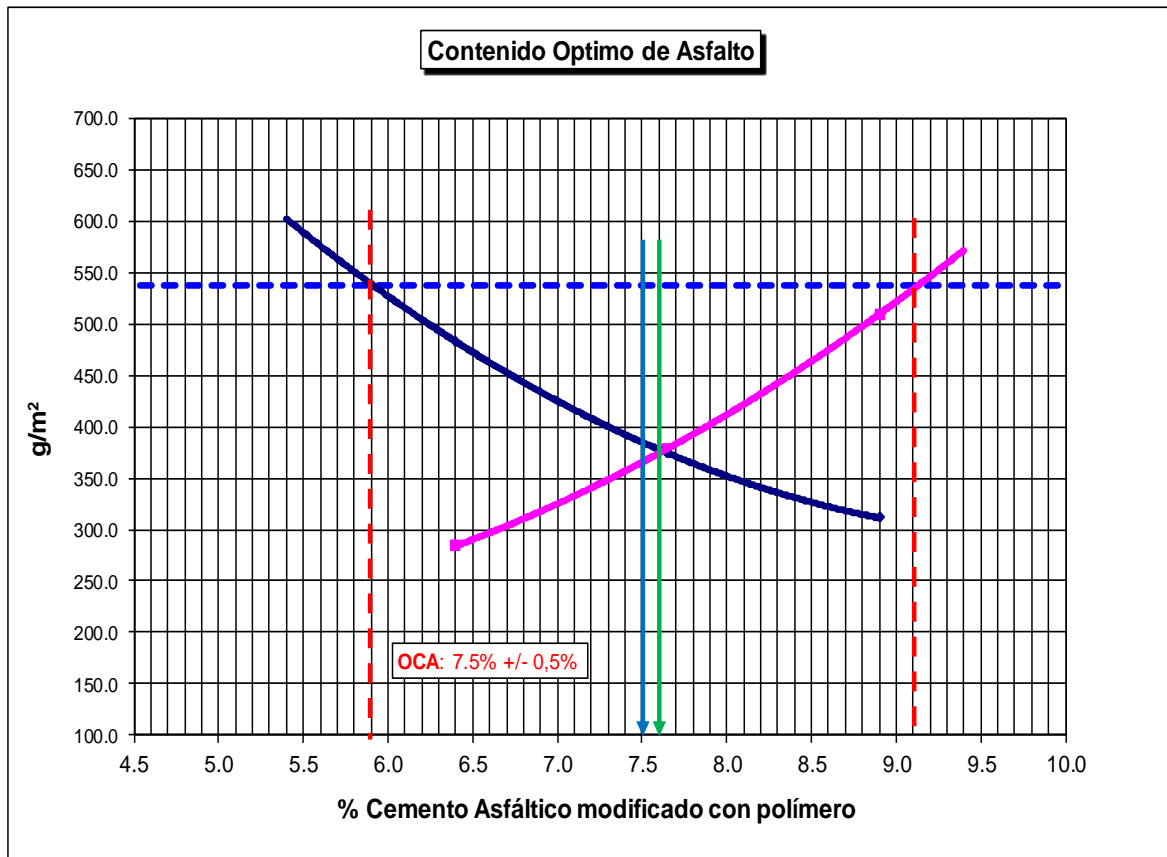
$$WTAT = (PI - PF) * K$$

$$K = 34.98$$

PESO INICIAL	PESO FINAL
1978.6	1964.8
1983.6	1972.9
1963.1	1954.2

$$LWT = ((PF - PI) / \text{AREA RODADURA}) * 10000$$

AREA ROD.		AREA ROD.	
PESO INICIAL	PESO FINAL	ANCHO	LARGO
638.3	641.6	3.5	33.2
657.9	662.3	3.5	33.2
625.3	631.2	3.5	33.1



## ANEXO 6: Panel Fotográfico



Arena chancada



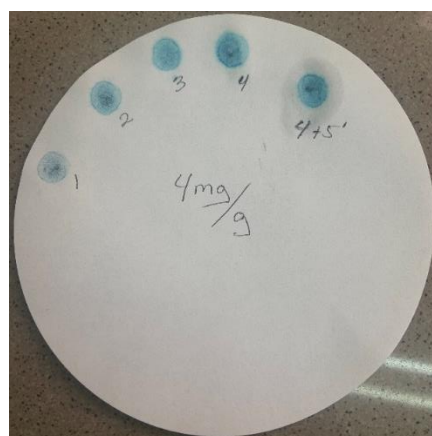
tamizado de la arena



Muestra para E.A.



Determinación de E.A



**Ensayo de azul de metileno**



**Azul de Metileno de la arena**



**Dureza del Agua**



**PH del Agua**

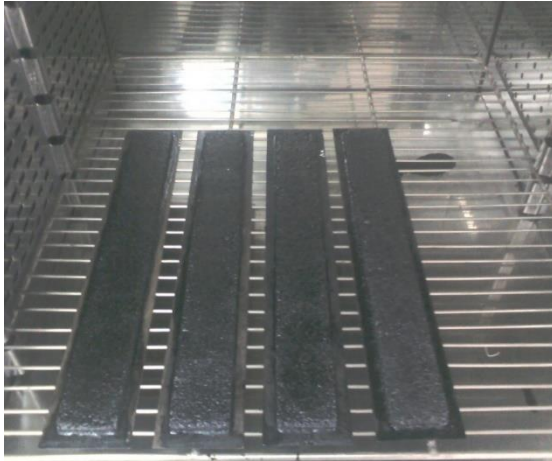


**Tiempo de mezclado**



**Ensayo de consistencia**





Moldeo para Rueda cargada y Abrasión en Húmedo



Ensayo de Rueda Cargada de los moldes



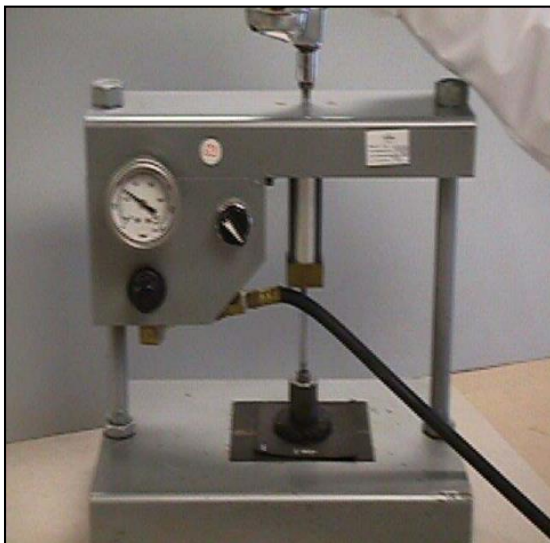
Determinacion de la adhesión de arena



Ensayo de Abrasion en Humedo



Desgaste de los moldes por Abrasion



Ensayo de cohesion

## ANEXO 7: Certificados de Laboratorio



<b>EXPEDIENTE MP.</b>
<b>221-2020-LAB TDM ASFALTOS</b>

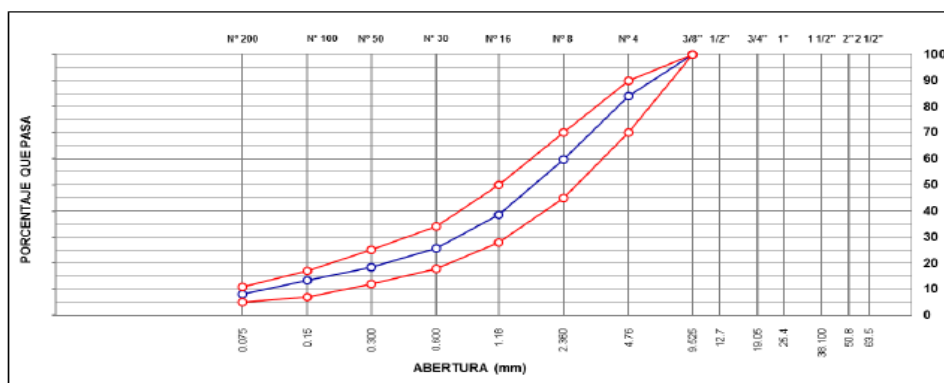
### INFORME DE DISEÑO

Proyecto : Evaluación de desempeño del diseño de un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020.  
 Solicitante : José Chilipio Mormontoy  
 Ubicación : Madre de Dios.  
 Referencia : Tratamiento Superficial Micropavimento(5%SBR) – Especificación EG-2013.  
 F. Ingreso : Lima 01 de septiembre del 2020.

#### I. Caracterización de Agregados

Procedencia de la muestra : Arena Chancada – Cantera Chorrillos.  
 Referencia : Micropavimento Tipo III.  
 Observaciones : Agregado muestreado por el solicitante.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RET. g	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	GRADACIÓN TIPO M-II
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	100 100
# 4	4.750	157.7	16.1	16.1	83.9	70 90
# 8	2.360	237.1	24.2	40.3	59.8	45 70
# 16	1.180	207.9	21.2	61.4	38.6	28 50
# 30	0.600	126.9	12.9	74.4	25.6	18 34
# 50	0.300	69.4	7.1	81.5	18.6	12 25
# 100	0.150	51.7	5.3	86.7	13.3	7 17
# 200	0.075	51.2	5.2	91.9	8.1	5 11
<# 200	(ASTM C-117)	79.1	8.1	100.0	0.0	



ENSAYO		ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS
EQUIVALENTE DE ARENA	(ASTM D 2419)	MÍN. 65%	68%
PARTICULAS FRACTURADAS	(ASTM D 5821)	100%	100%
AZUL DE METILENO	(ISSA TB 145)	REPORTAR	4.0 mg/g
INDICE DE PLASTICIDAD	(ASTM D 4318)	NP	NP
ADHERENCIA MÉTODO ESTÁTICO	(ASTM D 1664)	MÍN. 95%	+95



## II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión : Emulsión de Rotura Controlada modificada con polimero CQS-1hp.

Referencia : Miniplanta-Laboratorio- CQS-1hp

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 6934	%	63.5	Mínimo 62%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	60	40 - 90 dmm

## III. Análisis de agua

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
AGUA POTABLE	( 5.5 - 8 )	MAXIMO 380 ppm	7.7	204 ppm

## IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 8.9 %  
Emulsión asfáltica teórica calculada : 14.2%

## V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:

Rueda cargada (ISSA TB 109)

Abrasión en humedo (ISSA TB 100)

Asfalto Teorico (%)	Emulsion Teorica (%)	Agua (%)	Aditivo (%)	Cemento (%)
8.9	14.2	5.0	-	0.5

- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler : Cemento Yura Portland tipo I.
- Tiempo de mezclado >120 segundos.
- Porcentajes en peso del agregado seco.

## VI. Especificaciones:

ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 120 s
Consistencia	ISSA TB 106	2-3 cm
Cohesión húmeda	ISSA TB 139	Mínimo 30 min., 12 kg-cm
		Mínimo 60 min., 20 kg-cm
Recubrimiento	ISSA TB 114	Mínimo 90%
Desplazamiento Lateral	ISSA TB -147	5% Máximo
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 538 g/m2
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m2

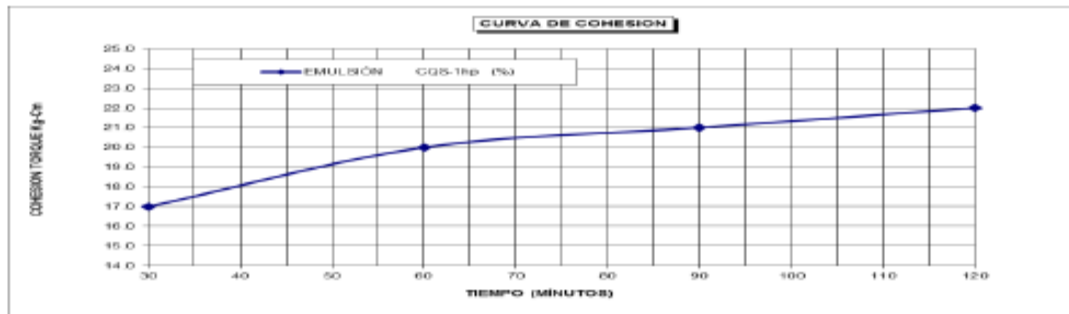


VII. Tiempo de mezclado: Mayor a 120 seg.

VIII. Consistencia : La mezcla tiene una consistencia de 3.0 cm.

IX. Cohesión:

TEMPERATURA LABORATORIO	% ASFALTO	% EMULSIÓN	% AGUA	% ADITIVO	% CEMENTO	TIEMPO DE MEZCLADO (Segundos)	COHESIÓN (kg-cm)	
							30 min	60 min
26°C aprox.	7.6	12.2	6.0	-	0.5	>120	17.0	20.0

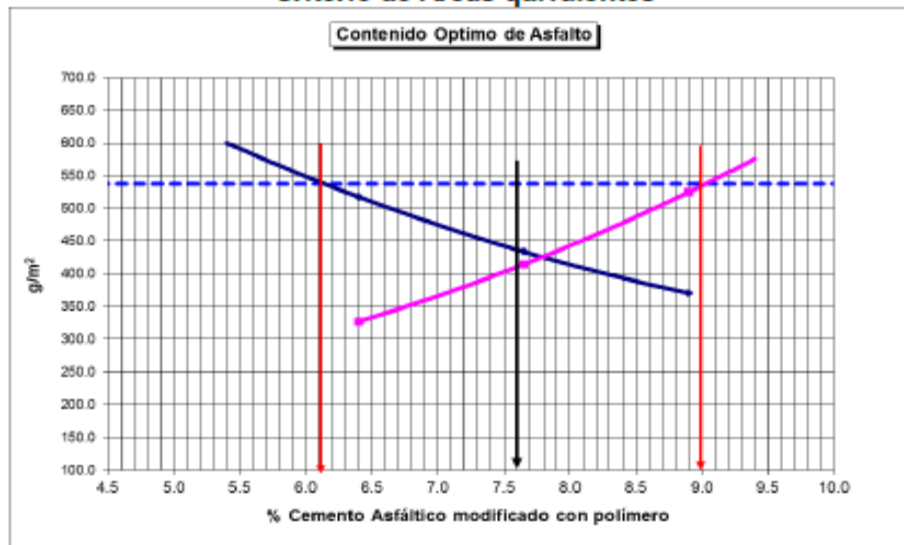


X. Recubrimiento : Mayor a 95%.

XI. Resultados

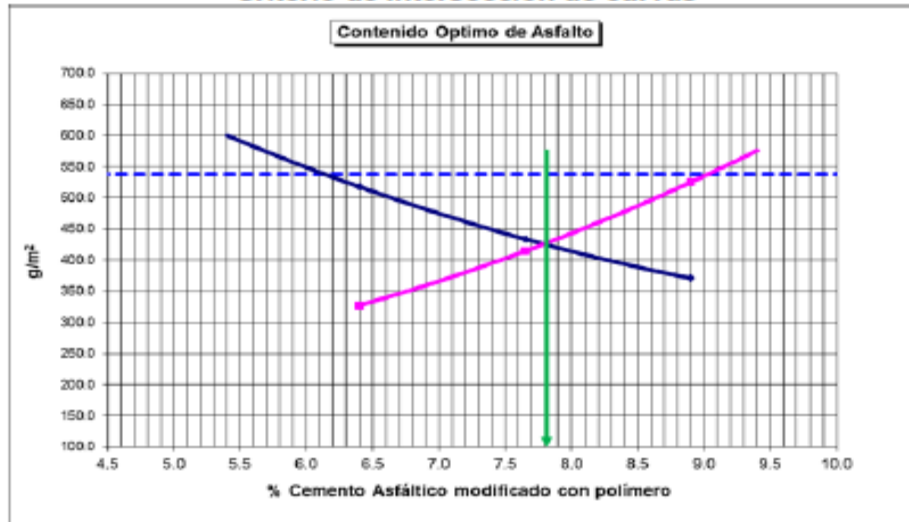
Cemento Asfáltico Mod. con Polímero	Emulsión (%)	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )
6.4	10.2	517.7	327.3
7.7	12.2	433.8	414.3
8.9	14.2	370.8	525.0

### Criterio de Areas equivalentes





### Criterio de Interseccion de curvas



## XII. Resultados con el Óptimo Contenido de Asfalto Residual

### Criterio de Areas Equivalentes

Cemento Asfáltico Mod. con Polímero (%)	Emulsión (%)	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )	Desplazamiento Lateral (%)
7.6	12.2	447.7	401.6	3.2

### Criterio de Interseccion de curvas

Cemento Asfáltico Mod. con Polímero (%)	Emulsión (%)	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )	Desplazamiento Lateral (%)
7.8	12.5	416.3	426.7	3.3

## XIII. Dosificación de materiales

Diseño de Micropavimento TIPO III, para el criterio de areas equivalentes

- Cantidad optima de emulsión asfáltica CQS-1hp : 12.2%  
(Rango de tasa de aplicación: 11.2 % a 12.8 %)
- Cantidad de agua . : 6.0%
- Cantidad de filler (Cemento Yura Portland tipo I) : 0.5%

Diseño de Micropavimento TIPO III, para el criterio de interseccion de curvas

- Cantidad optima de emulsión asfáltica CQS-1hp : 12.5%  
(Rango de tasa de aplicación: 11.2 % a 12.8 %)
- Cantidad de agua . : 6.0%
- Cantidad de filler (Cemento Yura Portland tipo I) : 0.5%



#### **XIV. Observaciones**

- a) El agregado fue muestreado e indetificando por el solicitante.
- b) Los resultados obtenidos es de acuerdo a los requerimientos por el solicitante.
- c) Los porcentajes de cemento, agua y emulsión es con respecto al peso del agregado seco.

#### **XV. Recomendaciones**

- a) Se recomienda utilizar la emulsión a una temperatura menor a 35°C.
- b) En caso que la emulsión se encuentre a una temperatura mayor a 35°C, se deberá de verificar la trabajabilidad de la mezcla y trabajar hasta la temperatura que permita un tiempo de mezclado adecuado.
- c) Este diseño podrá sufrir cambios de acuerdo a las condiciones climatológicas y al proceso constructivo al momento de la ejecución de obra, el cual será ajustado en la primera semana de ejecución de los trabajos.
- d) Se recomienda emplear el criterio de areas equivalentes respecto al criterio de interseccion de curvas, ya que va tener un mejor comportamiento en el campo.

Hector Huapaya  
Laboratorista

Wendy Herencia  
Jefe del Area Técnica

Fecha de emisión: Lurín 15 de octubre del 2020.



# EMULTEC CQS-1HP

EMULSIÓN CATIONICA DE ROTURA CONTROLADA CON POLIMERO

INFORME DE ENSAYO N° 156-2020 EMULTEC CQS-1HP

GUIA TDM ASFALTOS :

CLIENTE: JOSE CHELIPO MORMONTOY (5% POLIMERO) - EG-2013

TANQUE:

CINTILLO DE SEGURIDAD N°:

LOTE DE PRODUCCIÓN:

CANTIDAD: 2 GALONES

FECHA DE PRODUCCIÓN: 10/10/2020

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	D 7496	ssf	20	100	40
RESIDUO POR EVAPORACION	D 6934	%	62	-	63.5
SEDIMENTACION A LOS 7 DIAS	D 6930	%	-	5	1.2
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%	-	0.1	0.01
CARGA DE PARTÍCULA	D 7402		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	50	90	60
DUCTILIDAD, 5°C, 5 cm/min	D 113	cm	10	-	24
RECUPERACION ELASTICA LINEAL, 25°C, 20 cm	D 6084	%	30	-	35

- OBSERVACIONES:
1. El producto cumple especificaciones de calidad, en concordancia con MTC - EG 2013
  2. Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada
  3. PE:1.00
  4. Se adjunta Hoja de Seguridad del Producto y Hoja Resumen Art. 54 D.S. N°021-2008-MTC

CÓDIGO DE CONTRAMUESTRA: 156

Hector Huapaya  
Laboratorista

Wendy Herencia  
Jefe del Area Técnica

Fecha de Emisión : Lima, 12 de Octubre del 2020

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

MZ. A Lote 12 Zona Industrial Las Praderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

REG-01-TEC-120.REV2019-V002013





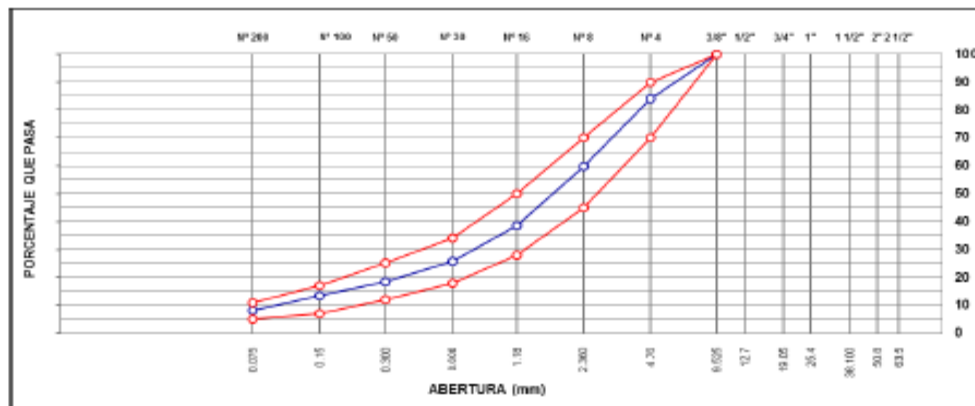
## INFORME DE DISEÑO

**Proyecto** : Evaluación de desempeño del diseño de un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020.  
**Solicitante** : José Chilipio Mormontoy  
**Ubicación** : Madre de Dios.  
**Referencia** : Tratamiento Superficial Micropavimento (7%SBR) – Especificación EG-2013.  
**F. Ingreso** : Lima 01 de septiembre del 2020.

### I. Caracterización de Agregados

**Procedencia de la muestra** : Arena Chancada – Cantera Chorrillos.  
**Referencia** : Micropavimento Tipo III.  
**Observaciones** : Agregado muestreado por el solicitante.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)							
MALLAS							
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RET. g	RET. PAR. %	RET. AC. %	PASA %	GRADACIÓN TIPO M-III	
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.0	100	100
#4	4.750	157.7	16.1	16.1	83.9	70	90
#8	2.360	237.1	24.2	40.3	59.8	45	70
#16	1.180	207.9	21.2	61.4	38.6	28	50
#30	0.600	126.9	12.9	74.4	25.6	18	34
#50	0.300	69.4	7.1	81.5	18.6	12	25
#100	0.150	51.7	5.3	86.7	13.3	7	17
#200	0.075	51.2	5.2	91.9	8.1	5	11
<#200	(ASTM C-117)	79.1	8.1	100.0	0.0		



ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	MÍN. 65%	68%
PARTICULAS FRACTURADAS (ASTM D 5821)	100%	100%
AZUL DE METILENO (ISSA TB 145)	REPORTAR	4.0 mg/g
INDICE DE PLASTICIDAD (ASTM D 4318)	NP	NP
ADHERENCIA MÉTODO ESTÁTICO (ASTM D 1664)	MÍN. 95%	+95



## II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión : Emulsión de Rotura Controlada modificada con polímero CQS-1hp.

Referencia : Miniplanta-Laboratorio- CQS-1hp

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 6934	%	63.2	Mínimo 62%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	57	40 - 90 dmm

## III. Análisis de agua

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
Agua Potable	( 5.5 - 8 )	MAXIMO 380 ppm	7.7	204 ppm

## IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 8.9 %  
Emulsión asfáltica teórica calculada : 14.2%

## V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:

Rueda cargada (ISSA TB 109)  
Abrasión en húmedo (ISSA TB 100)

Asfalto Teorico (%)	Emulsion Teorica (%)	Agua (%)	Aditivo (%)	Cemento (%)
8.9	14.2	5.0	-	0.5

- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler : Cemento Yura Portland tipo I.
- Tiempo de mezclado >120 segundos.
- Porcentajes en peso del agregado seco.

## VI. Especificaciones:

ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 120 s
Consistencia	ISSA TB 106	2-3 cm
Cohesión húmeda	ISSA TB 139	Mínimo 30 min., 12 kg-cm
		Mínimo 60 min., 20 kg-cm
Recubrimiento	ISSA TB 114	Mínimo 90%
Desplazamiento Lateral	ISSA TB -147	5% Máximo
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 538 g/m <sup>2</sup>
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m <sup>2</sup>

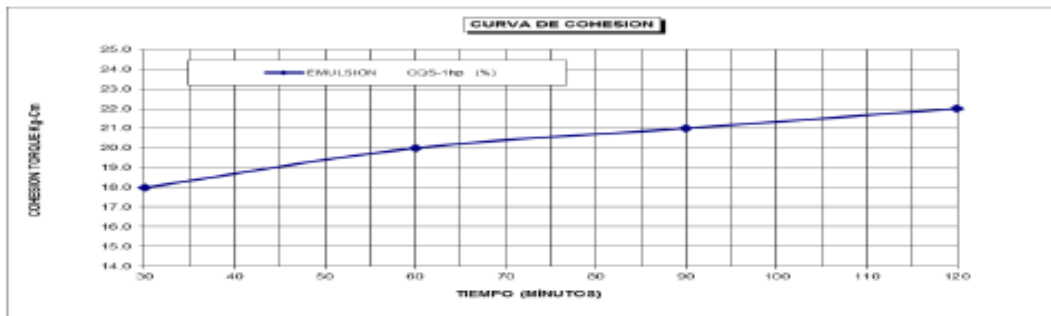


VII. Tiempo de mezclado: Mayor a 120 seg.

VIII. Consistencia : La mezcla tiene una consistencia de 3.0 cm.

IX. Cohesión:

TEMPERATURA LABORATORIO	% ASFALTO	% EMULSIÓN	% AGUA	% ADITIVO	% CEMENTO	TIEMPO DE MEZCLADO (Segundos)	COHESIÓN (kg-cm)	
							30 min	60 min
26°C aprox.	7.6	12.2	6.0	-	0.5	>120	18.0	20.0

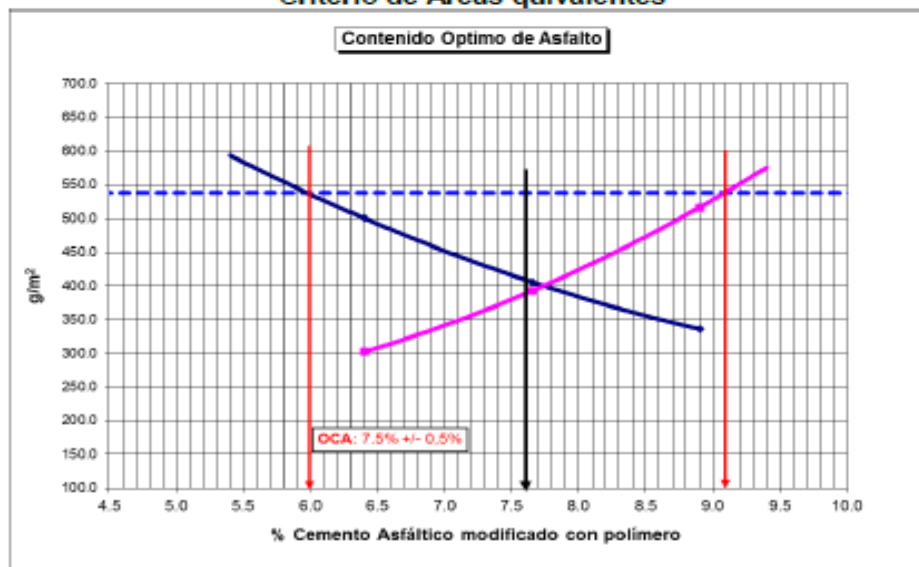


X. Recubrimiento : Mayor a 95%.

XI. Resultados

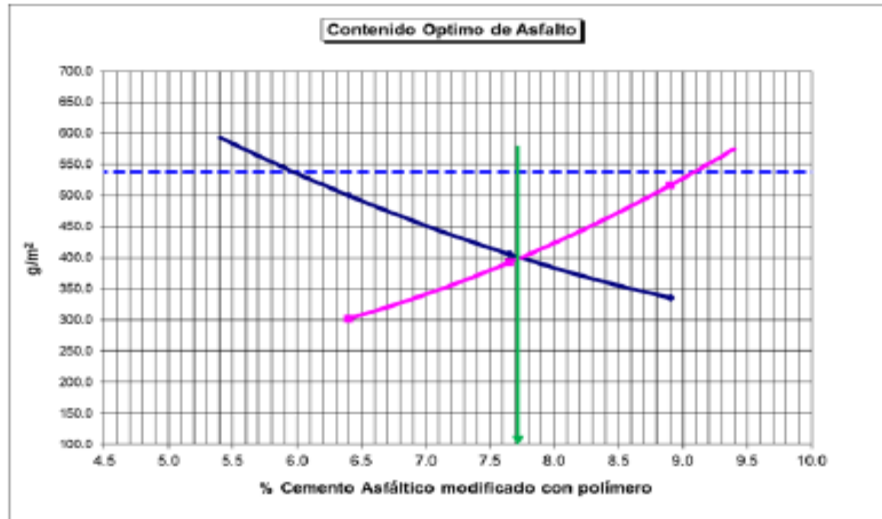
Cemento Asfáltico Mod. con Polímero	Emulsión (%)	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )
6.4	10.2	500.2	302.1
7.7	12.2	405.8	392.5
8.9	14.2	335.8	516.4

### Criterio de Areas equivalentes





### Criterio de Interseccion de curvas



## XII. Resultados con el Óptimo Contenido de Asfalto Residual

### Criterio de Areas Equivalentes

Cemento Asfáltico Mod. con Polímero (%)	Emulsión (%)	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )	Desplazamiento Lateral (%)
7.6	12.2	412.8	382.1	2.5

### Criterio de Interseccion de curvas

Cemento Asfáltico Mod. con Polímero (%)	Emulsión (%)	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )	Desplazamiento Lateral (%)
7.7	12.3	391.8	416.4	2.6

## XIII. Dosificación de materiales

Diseño de Micropavimento TIPO III, para el criterio de areas equivalentes

- Cantidad optima de emulsión asfáltica CQS-1hp : 12.2%  
(Rango de tasa de aplicación: 11.2 % a 12.8 %)
- Cantidad de agua . : 6.0%
- Cantidad de filler (Cemento Yura Portland tipo I) : 0.5%

Diseño de Micropavimento TIPO III, para el criterio de interseccion de curvas

- Cantidad optima de emulsión asfáltica CQS-1hp : 12.3%  
(Rango de tasa de aplicación: 11.2 % a 12.8 %)
- Cantidad de agua . : 6.0%
- Cantidad de filler (Cemento Yura Portland tipo I) : 0.5%



#### **XIV. Observaciones**

- a) El agregado fue muestreado e indentificando por el solicitante.
- b) Los resultados obtenidos es de acuerdo a los requerimientos por el solicitante.
- c) Los porcentajes de cemento, agua y emulsión es con respecto al peso del agregado seco.

#### **XV. Recomendaciones**

- a) Se recomienda utilizar la emulsión a una temperatura menor a 35°C.
- b) En caso que la emulsión se encuentre a una temperatura mayor a 35°C, se deberá de verificar la trabajabilidad de la mezcla y trabajar hasta la temperatura que permita un tiempo de mezclado adecuado.
- c) Este diseño podrá sufrir cambios de acuerdo a las condiciones climatológicas y al proceso constructivo al momento de la ejecución de obra, el cual será ajustado en la primera semana de ejecución de los trabajos.
- d) Se recomienda emplear el criterio de areas equivalentes respecto al criterio de interseccion de curvas, ya que va tener un mejor comportamiento en el campo.

Hector Huapaya  
Laboratorista

Wendy Herencia  
Jefe del Area Técnica

Fecha de emisión: Lurín 15 de octubre del 2020.



# EMULTEC CQS-1HP

EMULSIÓN CATIONICA DE ROTURA CONTROLADA CON POLIMERO

INFORME DE ENSAYO N° 157-2020 EMULTEC CQS-1HP

GUIA TDM ASFALTOS :

CLIENTE: JOSE CHUQUI MORMONTOY (7% POLIMERO) - EG-2013

TANQUE: \_\_\_\_\_

CINTILLO DE SEGURIDAD N°: \_\_\_\_\_

LOTE DE PRODUCCIÓN: \_\_\_\_\_

CANTIDAD: 2 GALONES

FECHA DE PRODUCCIÓN: 19/10/2020

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	D 7496	ssf	20	100	38
RESIDUO POR EVAPORACIÓN	D 6934	%	62	-	63.1
SEDIMENTACION A LOS 7 DIAS	D 6930	%	-	5	1.4
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%	-	0.1	0.01
CARGA DE PARTÍCULA	D 7402		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	50	90	58
DUCTILIDAD, 5°C, 5 cm/min	D 113	cm	10	-	22
RECUPERACION ELASTICA LINEAL, 25°C, 20 cm	D 6084	%	30	-	33

- OBSERVACIONES:
1. El producto cumple especificaciones de calidad, en concordancia con MTC - EG 2013
  2. Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada
  3. PE:1.00
  4. Se adjunta Hoja de Seguridad del Producto y Hoja Resumen Art. 54 D.S. N°021-2008-MTC

CÓDIGO DE CONTRAMUESTRA: 157

Hector Huapaya  
Laboratorista

Wendy Herencia  
Jefe del Area Técnica

Fecha de Emisión : Lima, 12 de Octubre del 2020

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

Mz. A Lote 12 Zona Industrial Las Fraderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

REG-B-TEC-120.REV0019-VEG2013



**EXPEDIENTE MP.**  
**221-2020-LAB TDM ASFALTOS**

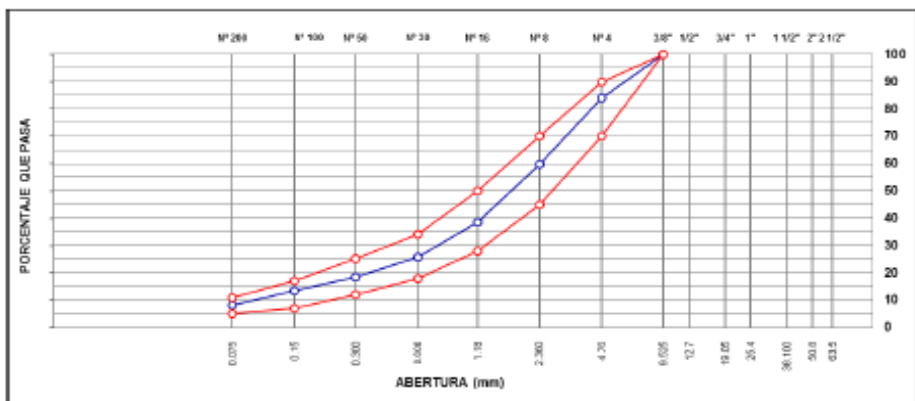
### INFORME DE DISEÑO

**Proyecto** : Evaluación de desempeño del diseño de un micropavimento con emulsión asfáltica altamente modificada con polímero, Puerto Maldonado-2020.  
**Solicitante** : José Chilipio Mormontoy  
**Ubicación** : Madre de Dios.  
**Referencia** : Tratamiento Superficial Micropavimento (9%SBR)– Especificación EG-2013.  
**F. Ingreso** : Lima 01 de septiembre del 2020.

#### I. Caracterización de Agregados

**Procedencia de la muestra** : Arena Chancada – Cantera Chorrillos.  
**Referencia** : Micropavimento Tipo III.  
**Observaciones** : Agregado muestreado por el solicitante.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)						
MALLAS						
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PESO RET. g	RET. PAR. %	RET. A.C. %	PASA %	GRADACIÓN TIPO III
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	100 100
# 4	4.750	157.7	16.1	16.1	83.9	70 90
# 8	2.360	237.1	24.2	40.3	59.8	45 70
# 16	1.180	207.9	21.2	61.4	38.6	28 50
# 30	0.600	126.9	12.9	74.4	25.6	18 34
# 50	0.300	69.4	7.1	81.5	18.5	12 25
# 100	0.150	51.7	5.3	86.7	13.3	7 17
# 200	0.075	51.2	5.2	91.9	8.1	5 11
<# 200	(ASTM C-117)	79.1	8.1	100.0	0.0	



ENSAYO		ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS
EQUIVALENTE DE ARENA	(ASTM D 2419)	MÍN. 65%	68%
PARTICULAS FRACTURADAS	(ASTM D 5821)	100%	100%
AZUL DE METILENO	(ISSA TB 145)	REPORTAR	4.0 mg/g
INDICE DE PLASTICIDAD	(ASTM D 4318)	NP	NP
ADHERENCIA MÉTODO ESTÁTICO	(ASTM D 1664)	MÍN. 95%	+95



## II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión : Emulsión de Rotura Controlada modificada con polímero CQS-1hp.

Referencia : Miniplanta-Laboratorio- CQS-1hp

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 6934	%	62.9	Mínimo 62%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	53	40 - 90 dmm

## III. Análisis de agua

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
AGUA POTABLE	( 5.5 - 8 )	MAXIMO 380 ppm	7.7	204 ppm

## IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 8.9 %  
Emulsión asfáltica teórica calculada : 14.2%

## V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:

Rueda cargada (ISSA TB 109)

Abrasión en humedo (ISSA TB 100)

Asfalto Teorico (%)	Emulsion Teorica (%)	Agua (%)	Aditivo (%)	Cemento (%)
8.9	14.2	5.0	-	0.5

- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler : Cemento Yura Portland tipo I.
- Tiempo de mezclado >120 segundos.
- Porcentajes en peso del agregado seco.

## VI. Especificaciones:

ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 120 s
Consistencia	ISSA TB 106	2-3 cm
Cohesión húmeda	ISSA TB 139	Mínimo 30 min., 12 kg-cm Mínimo 60 min., 20 kg-cm
Recubrimiento	ISSA TB 114	Mínimo 90%
Desplazamiento Lateral	ISSA TB -147	5% Máximo
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 538 g/m2
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m2



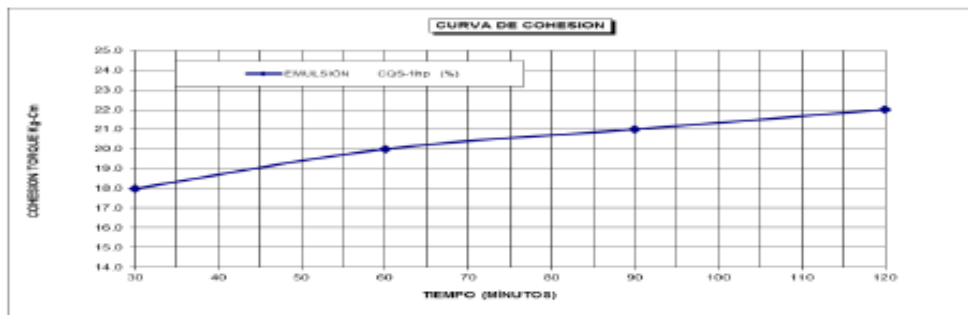


VII. Tiempo de mezclado: Mayor a 120 seg.

VIII. Consistencia : La mezcla tiene una consistencia de 3.0 cm.

IX. Cohesión:

TEMPERATURA LABORATORIO	% ASFALTO	% EMULSIÓN	% AGUA	% ADITIVO	% CEMENTO	TIEMPO DE MEZCLADO (Segundos)	COHESIÓN (kg-cm)	
							30 min	60 min
26°C aprox.	7.5	12.0	6.0	-	0.5	>120	18.0	20.0

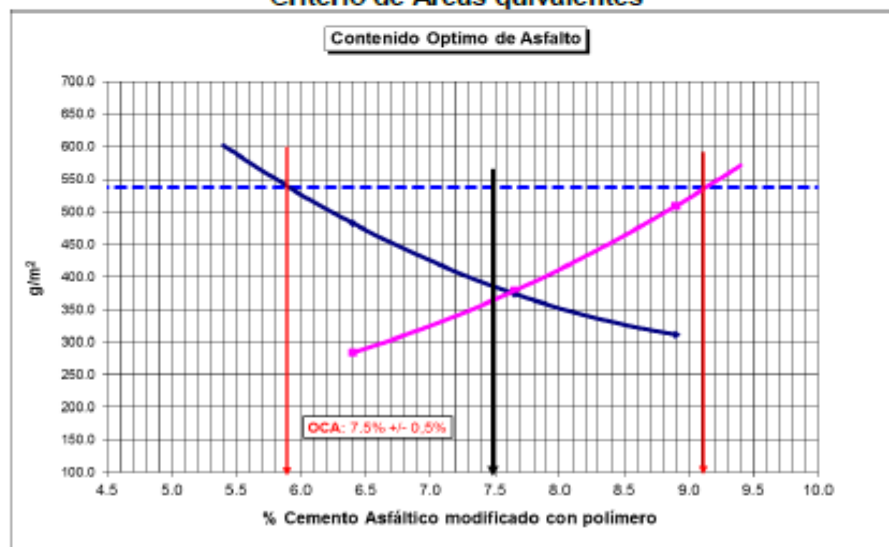


X. Recubrimiento : Mayor a 95%.

XI. Resultados

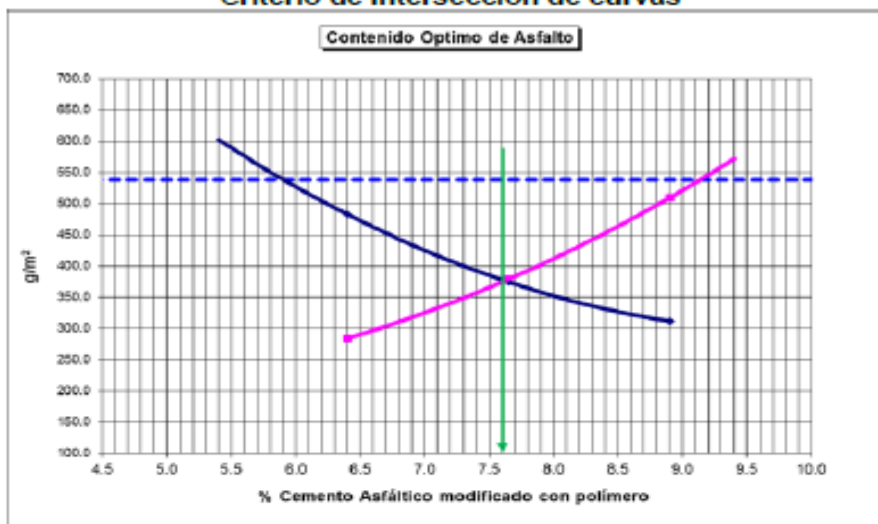
Cemento Asfáltico Mod. con Polímero	Emulsión (%)	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )
6.4	10.2	482.7	284.0
7.7	12.2	374.3	378.7
8.9	14.2	311.3	509.3

### Criterio de Areas equivalentes





### Criterio de Interseccion de curvas



## XII. Resultados con el Óptimo Contenido de Asfalto Residual

### Criterio de Areas Equivalentes

Cemento Asfáltico Mod. con Polímero (%)	Emulsión (%)	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )	Desplazamiento Lateral (%)
7.5	12.0	388.3	358.8	1.9

### Criterio de Interseccion de curvas

Cemento Asfáltico Mod. con Polímero (%)	Emulsión (%)	WTAT (g/m <sup>2</sup> )	LWT (g/m <sup>2</sup> )	Desplazamiento Lateral (%)
7.6	12.2	363.8	399.6	2.0

## XIII. Dosificación de materiales

Diseño de Micropavimento TIPO III, para el criterio de areas equivalentes

- Cantidad optima de emulsión asfáltica CQS-1hp : 12.0%  
(Rango de tasa de aplicación: 11.2 % a 12.8 %)
- Cantidad de agua . : 6.0%
- Cantidad de filler (Cemento Yura Portland tipo I) : 0.5%

Diseño de Micropavimento TIPO III, para el criterio de interseccion de curvas

- Cantidad optima de emulsión asfáltica CQS-1hp : 12.2%  
(Rango de tasa de aplicación: 11.2 % a 12.8 %)
- Cantidad de agua . : 6.0%
- Cantidad de filler (Cemento Yura Portland tipo I) : 0.5%



#### XIV. Observaciones

- a) El agregado fue muestreado e indentificando por el solicitante.
- b) Los resultados obtenidos es de acuerdo a los requerimientos por el solicitante.
- c) Los porcentajes de cemento, agua y emulsión es con respecto al peso del agregado seco.

#### XV. Recomendaciones

- a) Se recomienda utilizar la emulsión a una temperatura menor a 35°C.
- b) En caso que la emulsión se encuentre a una temperatura mayor a 35°C, se deberá de verificar la trabajabilidad de la mezcla y trabajar hasta la temperatura que permita un tiempo de mezclado adecuado.
- c) Este diseño podrá sufrir cambios de acuerdo a las condiciones climatológicas y al proceso constructivo al momento de la ejecución de obra, el cual será ajustado en la primera semana de ejecución de los trabajos.
- d) Se recomienda emplear el criterio de areas equivalentes respecto al criterio de interseccion de curvas, ya que va tener un mejor comportamiento en el campo.

Hector Huapaya  
Laboratorista

Wendy Herencia  
Jefe del Área Técnica

Fecha de emisión: Lurín 15 de octubre del 2020.



# EMULTEC CQS-1HP

EMULSIÓN CATIONICA DE ROTURA CONTROLADA CON POLIMERO

INFORME DE ENSAYO N° 158-2020 EMULTEC CQS-1HP

GUIA TDM ASFALTOS :

CLIENTE: JOSE CHUPIO MORMONTOY (9% POLIMERO) - EG-2013

TANQUE:

CINTILLO DE SEGURIDAD N°:

LOTE DE PRODUCCIÓN:

CANTIDAD: 2 GALONES

FECHA DE PRODUCCIÓN: 10/10/2020

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	D 7496	ssf	20	100	35
RESIDUO POR EVAPORACION	D 6934	%	62	--	62.7
SEDIMENTACION A LOS 7 DIAS	D 6930	%	--	5	1.6
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%	--	0.1	0.01
CARGA DE PARTICULA	D 7402		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	50	90	53
DUCTILIDAD, 5°C, 5 cm/min	D 113	cm	10	--	22
RECUPERACION ELASTICA LINEAL, 25°C, 20 cm	D 6084	%	30	--	33

- OBSERVACIONES:
1. El producto cumple especificaciones de calidad, en concordancia con MTC - EG 2013
  2. Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada
  3. PE:1.00
  4. Se adjunta Hoja de Seguridad del Producto y Hoja Resumen Art. 54 D.S. N°021-2008-MTC

CÓDIGO DE CONTRAMUESTRA: 158

Hector Huapaya  
Laboratorista

Wendy Herencia  
Jefe del Area Técnica

Fecha de Emisión : Lima, 12 de Octubre del 2020

1

La información contenida en este documento se basa en ensayos adecuados, seguros y correctos. Las recomendaciones, rendimientos y sugerencias no constituyen garantías ya que, al estar fuera de nuestro alcance controlar las condiciones de aplicación, no nos responsabilizamos por daños, perjuicios o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado de los productos.

TDM ASFALTOS se reserva el derecho de efectuar cambios con el objeto de adaptar este producto a las más modernas tecnologías.

MZ. A Lote 12 Zona Industrial Las Fraderas de Lurin - Lurin. Teléfono (511) 6169311 Fax: 6169313

REG-II-TEC-120.REV2019-V022010

## ANEXO 8: Certificados de Calibración de los equipos



Nº 131576

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 0015-CLM-2020

Página 1 de 3

FECHA DE EMISION	: 2020-02-10	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 %.
EXPEDIENTE	: 01191	
1. SOLICITANTE	: TDM ASFALTO S.A.C.	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 de reglamentaciones vigentes. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  CADENT 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.
DIRECCIÓN	: MZ. A LT. 12 Z.I. LAS PRADERAS DE LURIN - LURIN - LIMA - LIMA.	
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	: BALANZA	
MARCA	: OHAUS	
MODELO	: AX8201E	
NÚMERO DE SERIE	: B432886068	
ALCANCE DE INDICACIÓN	: 8200 g	
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN	: 0,1 g	
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e)	: 0,1 g (*)	
PROCEDENCIA	: CHINA	
IDENTIFICACIÓN	: NO INDICA	
TIPO	: ELECTRÓNICA	
UBICACIÓN	: LABORATORIO DE DISEÑO	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2020-02-07	

#### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOP, 4ta edición Abril 2010.

#### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LABORATORIO DE DISEÑO de TDM ASFALTO S.A.C.  
MZ. A LT. 12 Z.I. LAS PRADERAS DE LURIN - LURIN - LIMA - LIMA.



Jana R. Meléndez Barida  
Jefe de Metrología

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO**

010-0000000

Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología  
Laboratorio: Jr. Llumpa Nº 1352 Urb. Pq. Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-6601  
Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chorrillos Telf.: 627-6600

Fecha 2020/02/07

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Mínima	Máxima
Temperatura	27,4 °C	27,7 °C
Humedad Relativa	64 %	65 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL	pesas (exactitud E <sub>2</sub> )	LM - C - 113 - 2019
	pesas (exactitud F <sub>1</sub> )	LM - 080 - 2019
		LM - 739 - 2018

7. OBSERVACIONES

(\*) Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003. 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 TIENE
COLOCACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1 <sup>m</sup> E(g)	Temp. (°C)		Carga L2 <sup>m</sup> E(g)	Diferencia Máxima
		Inici	Final		
		27,4	27,4		
		4 000,0	g	4 200,0	g
		Δ L(mg)	E(mg)	Δ L(mg)	E(mg)
1	4 000,0	50	0	4 200,1	60
2	4 000,0	40	10	4 200,1	60
3	4 000,0	50	0	4 200,0	60
4	4 000,0	40	10	4 200,0	60
5	4 000,0	30	20	4 200,0	60
6	4 000,0	00	-10	4 200,0	60
7	4 000,0	50	0	4 200,0	60
8	4 000,0	50	0	4 200,1	60
9	4 000,0	00	-10	4 200,0	60
10	4 000,0	50	0	4 200,0	60
Diferencia Máxima				30	60
Error máximo permitido		± 300 mg		± 300 mg	



2	1	5
3		4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Definición de $F_0$				Definición del Error corregido				
	Carga Máxima (kg)	kg	Δ L (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	%0	Δ L (mg)	E (mg)	E (mg)
1	1,0	1,0	60	0	2 500,0	2 500,0	60	0	0
2		1,0	40	10		2 500,0	40	10	0
3		1,0	60	0		2 500,0	60	-10	-10
4		1,0	40	10		2 500,1	70	80	70
5		1,0	60	0		2 500,1	70	80	80

(\*) error máximo permitido

Error máximo permitido: ± 300 mg

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CROCIENTES				DECRECIENTES				mg (*)
	kg	Δ L (mg)	E (mg)	E (mg)	kg	Δ L (mg)	E (mg)	E (mg)	
1,0	1,0	60	0	0					100
5,0	5,0	60	0	0	5,0	60	0	0	100
500,0	500,0	60	-10	-10	500,0	30	20	20	100
1 000,0	1 000,0	70	-20	-20	1 000,1	70	60	60	200
1 500,0	1 500,0	70	-20	-20	1 500,1	30	120	120	200
2 000,0	2 000,0	60	-10	-10	2 000,1	40	110	110	200
3 000,0	3 000,0	70	-20	-20	3 000,1	30	120	120	200
4 000,0	4 000,0	80	-30	-30	4 000,1	50	100	100	300
5 000,0	5 000,0	60	-10	-10	5 000,2	60	190	190	200
6 000,0	6 000,0	70	-20	-20	6 000,1	70	80	80	200
8 200,0	8 200,0	70	-20	-20	8 200,0	30	20	20	200

(\*) error máximo permitido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	=	$R + 4,735 \cdot 06 \times R$
Incetidumbre Expandida	=	$2 \times (6,276 \cdot 43 \text{ g}^2 + 5,106 \cdot 10 \times R^2)^{1/2}$

donde el símbolo E-ex significa potencia de 10. Ejemplo: E-03 = 10<sup>-3</sup>

- E.R.: Indicación de la balanza
- M: Carga Inmensurable
- E: Error absoluto
- F<sub>0</sub>: Error en cero
- E<sub>c</sub>: Error corregido



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO

WELLBAC 001

Forma 2006004

Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología  
 Laboratorio: Jr. Umpa Nº 1352 Urb. Pq. Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-6601  
 Ventas: Av. Defensoras del Marro 2435 - Chorrillos Telf.: 627-6600

ventas@cadentsac.com.pe / cadentsacperu@hotmail.com / operaciones@cadentsac.com.pe / web: www.cadentsac.com.pe



**INACAL**  
 Instituto Nacional  
 de Calidad  
 Metrología

Laboratorio de Masas

## Certificado de Calibración

**LM - 080 - 2019**

Página 1 de 4

Expediente	1032091
Solicitante	CAPACITACION Y DESARROLLO DE NUEVA TECNOLOGIA S.A.C.
Dirección	Jr. Luján N° 1362 Urb. Parque El Naranjal Los Olivos Lima
Patrón de Medición	PESA
Valor Nominal	2 kg
Clase de Exactitud	F1
Material	ACERO INOXIDABLE
Marca	METTLER TOLEDO
Procedencia	NO INDICA
Número de Serie	11118465
Cantidad	1
Fecha de Calibración	2019-03-05

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).

La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).

La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las intercomparaciones que éste realiza en la región.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Área de Métrica	Laboratorio de Masas
2019-03-05	ALDO GUERRA ROJAS Dirección de Metrología	LUZ MARCO COLO HERRERA Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
 Dirección de Metrología  
 Calle Las Cañaditas N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
 Telf: 011 849-8600 Anexo 1001  
 Email: metrologia@inacal.gob.pe  
 Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:  
<http://publicaciones.inacal.gob.pe/publicaciones/>



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

009-00209-CR-OFILAB-20

### 1. SOLICITANTE

Razón Social : TDM Asfalto S.A.  
 Dirección : Mz. A, Lote 12, E.I. Las Praderas de Lurin - Lurin - Lima  
 Fecha de emisión : Lima, 07 de Setiembre del 2020

### 2. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO / INSTRUMENTO

Equipo / Instrumento : Agitador de Probetas  
 Marca : Solitest  
 Procedencia : U.S.A.  
 Modelo : 1051220  
 Serie : 3409  
 Código / ID : No indica  
 Ubicación : Laboratorio de Diseño  
 Fecha de calibración : Lima, 07 de Setiembre del 2020  
 Lugar de calibración : Instalaciones - TDM Asfalto S.A.

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realiza por comparación directa con un tacómetro como instrumento patrón

### 4. PATRÓN DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
INACAL	Tacómetro Fisher Científico L418842	LTF - C - 007 - 2019
INACAL	CRONÓMETRO CASIO HS-80TW	LTF - C - 131 - 2019

### 5. CONCLUSIONES

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $K=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la Medición", 3da Ed. julio 2001.

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

### 6. OBSERVACIONES

Con fines de identificación se colocó una etiqueta adhesiva con la indicación de CALIBRADO

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario está en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.

OFILAB 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.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito del laboratorio que lo emite.

Ofilab Peru S.A.C.

  
Ing. Rosario Valente V.  
Dep. Gerencia de Proyectos

Ofilab Perú S.A.C.

  
Ing. José Torres Flores  
Dep. Técnico



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

009-00209-CR-OFILAB-20

### 7. CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura °C	<u>25°C ± 1°C</u>
Humedad Relativa %HR	<u>50%HR ± 1 %HR</u>

### 8. DESARROLLO

#### Ensayo de la velocidad de fricción

Distancia (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Conteo	130	130	130	131	130	131	130	131	130	131	130.4
Tiempo (s)	44.14	44.30	44.10	44.30	44.44	44.38	44.40	44.30	44.34	44.42	44.33

RANGO	Mín.	Máx.
Conteo	129.75	132.75
Tiempo (s)	44.00	46.00





**INACAL**  
 Instituto Nacional  
 de Calidad  
 Metrología

## Certificado de Calibración

### LTF - C - 097 - 2019

Laboratorio de Tiempo y Frecuencia

Consistente con las capacidades de medida y  
 Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 4

Expediente	88885	<p>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)</p> <p>Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver <a href="http://www.bipm.org">http://www.bipm.org</a>).</p> <p><i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see <a href="http://www.bipm.org">http://www.bipm.org</a>).</i></p>
Solicitante	OFILAB PERU S.A.G.	
Dirección	Jr. San Luis N° 341 Urb. San Carlos Et. Uno - Comas - Lima	
Instrumento de Medición	TACÓMETRO	
Marca	Fisher Científico	
Modelo	NO INDICA	
Procedencia	TAIWAN	
Alcance	10,0 rpm a 99 999 rpm	
Resolución	0,1 rpm (< 1000 rpm); 1 rpm (≥ 1000 rpm)	
Exactitud	± (0,05% of reading + 1 digit) ( + )	
Número de Serie	L418842	
Fecha de Calibración	2018-10-08	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.

Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Área de Electricidad y Termometría	Laboratorio de Tiempo y Frecuencia
 2018-10-08	 GALIA STYLA TICONA CANAZA Dirección de Metrología	 LUIS PALMA PERALTA Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
 Dirección de Metrología  
 Calle Las Cañeñas N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
 Telf: (01) 640-8020 Anexo 1001  
 Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
 Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)



**PATRÓN DE REFERENCIA**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
BALANZA CLASE III TOTAL WEIGHT	PESAS CLASE M2	CN-0209-2020
Contador de Frecuencias DM - INACAL	Generador de Formas de Onda ± 100 ppm	LTF-C-085-2019

**RESULTADOS DE CALIBRACIÓN**

Valor Nominal del Instrumento (*) (rpm)	Valor Patrón (rpm)	Error (rpm)	Incertidumbre (rpm)
45,0	45,40	-0,4	0,2

(\*) Promedio de 10 repeticiones.

Valor Nominal del Instrumento (*) (kg)	Valor Patrón (kg)	Error (kg)	Incertidumbre (kg)
55,7	55,70	0,00	0,03

(\*) Promedio de 5 repeticiones.

Valor Nominal del Instrumento (*) (rpm)	Valor Patrón (rpm)	Error (rpm)	Incertidumbre (rpm)
720,0	721,20	-1,2	0,2

(\*) Promedio de 10 repeticiones.

Indicación del patrón = Indicación del instrumento - error

**OBSERVACIONES**

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

**INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida de medida (U) se ha obtenido multiplicación la incertidumbre Estándar Combinada (U) por el Factor de Cobertura (k = 2) que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 11198 - 2020

PROFORMA : 3050A Fecha de emisión : 2020-09-29 Página : 1 de 2

SOLICITANTE : TDM ASFALTOS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - TDM ASFALTOS S.A.C.  
Dirección : Mza. A Lote. 12 Z.I. Las Praderas De Lurin Lima-Lima-Lurin

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN :** EQUIPO DE RUEDA DE CARGADA  
Marca : BENEDICT  
Modelo : No Indica  
N° de serie : 0220-81207-214  
Alcance : 720 rpm / 56,7 kg / 45 rpm  
Resolución : No Aplica  
Identificación : No Indica  
Procedencia : No Indica  
Ubicación : LABORATORIO DE DISEÑO  
Fecha de Calibración : 2020-10-05

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISOMET 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de TDM ASFALTOS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - TDM ASFALTOS S.A.C

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

### PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa, con un patrón de revolución calibrado por el DM-INACAL.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

### CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA (°C)	22,6	22,6
HUMEDAD RELATIVA (%HR)	62,0	62,0

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de la calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, si de una incorrecta interpretación de los resultados de calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico.  
CFP: 039



**PATRÓN DE REFERENCIA**

Tracabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
BALANZA CLASE III TOTAL WEIGHT	PESAS CLASE M2	CN-0209-2020
Contador de Frecuencias DM - INACAL	Generador de Formas de Onda ± 100 ppm	LTF-C-085-2019

**RESULTADOS DE CALIBRACIÓN**

Valor Nominal del Instrumento (*) (rpm)	Valor Patrón (rpm)	Error (rpm)	Incertidumbre (rpm)
45,0	45,40	-0,4	0,2

(\*) Promedio de 10 repeticiones.

Valor Nominal del Instrumento (*) (kg)	Valor Patrón (kg)	Error (kg)	Incertidumbre (kg)
58,7	58,70	0,03	0,03

(\*) Promedio de 5 repeticiones.

Valor Nominal del Instrumento (*) (rpm)	Valor Patrón (rpm)	Error (rpm)	Incertidumbre (rpm)
720,0	721,20	-1,2	0,2

(\*) Promedio de 10 repeticiones.

Indicación del patrón = Indicación del instrumento - error

**OBSERVACIONES**

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

**INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre de medición reportado se denomina Incertidumbre Expandida de medida (U) se ha obtenido multiplicación la incertidumbre (Estándar Combinada (u)) por el Factor de Cobertura (k = 2) que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-0209-2020

Requerimiento  
5687-2019

Fecha de Emisión  
2020-02-03

**1. SOLICITANTE** : TEST & CONTROL S.A.C.  
Dirección : Jr. Condesa De Lemco Nro. 117 Urb. San Miguelito Lims - Lima - San Miguel

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA  
Clasificación : NO AUTOMÁTICA  
Marca : EXCELL  
Modelo : LAP-300K  
Número de serie : A18107158  
Identificación : LMV-047  
Procedencia : NO INDICA  
Capacidad máxima : 300 kg  
Div. de escala (f) : 0,05 kg  
Div. de verificación (e) : 0,05 kg  
Clase de exactitud : III

**3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**

Calibrado el 2020-01-28 en LABORATORIO 1

**4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIIF del SNM/INDECOPI.

**5. TRAZABILIDAD**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Patrones Utilizados	Certificado
Pesa (exactitud M2)	CM-1803-2019
Pesa (exactitud M2)	CM-0009-2020
Pesa (exactitud M2)	CM-0008-2020

**6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Temperatura Ambiental : De 20,4 °C a 20,7 °C  
Humedad Relativa : De 50,0% H.R. a 55,0% H.R.

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el instrumento calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro instrumento que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no es responsable por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo puede ser utilizado completamente y sin modificaciones. Las lecturas o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin la firma y sellos de Total Weight & Systems S.A.C.



*Ricardo*  
Ricardo Sotomayor Jaime  
Gerente BILCO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-0209-2020

7. RESULTADOS

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OCULACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABAJO	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,6	20,7
Humedad (%)	54,0	55,0

Carga L1 = 100,00 kg		
I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)
100,05	0,045	0,030
100,06	0,040	0,035
100,05	0,045	0,030
100,06	0,045	0,030
100,06	0,045	0,030
100,06	0,045	0,030
100,06	0,040	0,035
100,06	0,040	0,035
100,06	0,045	0,030
100,00	0,015	0,010
100,05	0,045	0,030
Enlace - Enlace =	0,025 kg	
emp =	0,15 kg	

Carga L2 = 300,00 kg		
I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)
300,05	0,040	0,035
300,05	0,035	0,040
300,05	0,040	0,035
300,05	0,045	0,030
300,05	0,030	0,045
300,05	0,040	0,035
300,05	0,035	0,040
300,05	0,040	0,035
300,05	0,040	0,035
300,05	0,040	0,035
Enlace - Enlace =	0,015 kg	
emp =	0,15 kg	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,6	20,6
Humedad (%)	54,0	53,0

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

Posición de la carga	Determinación de Eo				Determinación del error corregido Ec				
	Carga mínima (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	Eo (kg)	Carga L (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)
1	0,50	0,50	0,025	0,000	100,00	100,00	0,010	1,015	0,015
2		0,50	0,050	-0,005		100,05	0,045	1,030	0,025
3		0,50	0,030	-0,005		100,00	0,010	1,015	0,020
4		0,50	0,025	0,000		100,00	0,015	1,010	0,010
5		0,50	0,025	0,000		100,05	0,040	1,035	0,035
Error Máximo Permisible			0,05 kg		Error Máximo Permisible			0,1 kg	



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CM-0209-2020

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,6	20,4
Humedad (%)	53,0	50,0

Carga L (kg)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				E resp (kg)
	I (kg)	ΔI (kg)	E (kg)	Eo (kg)	I (kg)	ΔI (kg)	E (kg)	Eo (kg)	
0,500	0,50	0,025	0,030	0,000	0,50	0,040	-0,015	-0,015	0,05
1,000	1,00	0,025	0,030	0,000	1,00	0,035	-0,010	-0,010	0,05
10,000	10,00	0,030	-0,005	-0,005	10,00	0,035	-0,010	-0,010	0,05
25,001	25,00	0,025	-0,001	-0,001	25,00	0,035	-0,011	-0,011	0,05
50,002	50,00	0,025	-0,002	-0,002	50,00	0,030	-0,007	-0,007	0,1
90,004	90,00	0,015	0,008	0,008	90,00	0,025	-0,004	-0,004	0,1
100,004	100,00	0,010	0,011	0,011	100,00	0,020	0,001	0,001	0,1
150,007	150,00	0,045	0,025	0,025	150,00	0,010	0,006	0,006	0,15
180,008	180,00	0,045	0,022	0,022	180,00	0,045	0,022	0,022	0,15
200,009	200,00	0,040	0,020	0,020	200,00	0,045	0,021	0,021	0,15
250,011	250,00	0,045	0,019	0,019	250,00	0,040	0,024	0,024	0,15
290,013	290,00	0,040	0,023	0,023	290,00	0,035	0,020	0,020	0,15
300,014	300,00	0,040	0,021	0,022	300,00	0,040	0,021	0,021	0,15

L : Carga aplicada sobre la balanza (Pesa patrón).

I : Indicación de la balanza.

E : Grand del valor de indicación.

Eo : Error en cero.

Eo : Error corregido.

ΔI : Invariante de pesas patrón.

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE LA BALANZA

LECTURA CORREGIDA :  $R_{\text{corregida}} = R - 1,01 \times 10^{-4} \times R$

INCERTIDUMBRE :  $U_R = 2 \times \sqrt{4,88 \times 10^{-8} \text{ kg}^2 + 4,22 \times 10^{-7} \times R^2}$

R : Es la lectura de la balanza obtenida después de la calibración expresada en kg

La incertidumbre reportada en el presente certificado,  $U_R$ , es la incertidumbre expandida de la medición que resultó de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . Generalmente, el valor de la magnitud de medición 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 de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

8. OBSERVACIONES

Ajustar el nivel de la balanza y la indicación de cero antes de cada medición.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

De acuerdo a la NMP-003-2009, el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 1 kg

No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

Fin del Documento

LABORATORIO DE CALIBRACION LO JUSTO S.A.C.  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código del certificado

IMN - 813 - 2020

Pág. 1 de 1

Laboratorio de Presión

**Expediente:** E1432-1747C-2020  
**Fecha de calibración:** 2020-09-19  
**Solicitante:** TDM ASFALTOS S.A.C.  
**Dirección:** Mza. A Lote. 12 Z.I. Las Praderas de Lurin, Lurin - Lima  
**Instrumento de medida:** Manómetro de Deformación Elástica  
**Marca:** No indica  
**Modelo:** No indica  
**Serie:** No indica  
**Díametro de caja:** 60 mm  
**Clase de exactitud:** No indica  
**Procedencia:** No indica  
**Intervalo de indicación:** 0 psi a 100 psi  
**Resolución:** 2 psi  
**Identificación:** MFP-20339  
**Fluido de ensayo:** Aceite  
**Conexión / Rosca:** Posterior de 1/4"  
**Glicerina:** No contiene  
**Número de páginas:** 03 Págs.  
**Lugar de calibración:** Laboratorio Móvil de Presión de LO JUSTO S.A.C.

Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos solo para el instrumento de medida u objeto calibrado, no pudiendo extender sus resultados a ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Este certificado de calibración es trazable a los patrones de referencia del INACAL.

Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del equipo.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO 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.

El certificado de Calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección del consumidor y las que regula la libre competencia.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del Gerente General, Gerente de Operaciones o Supervisor de Operaciones de LO JUSTO S.A.C y responsable de Laboratorio. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.

Revisado:

Arequipa, 26 de Setiembre de 2020

José Carlos Acosta R.  
Responsable Laboratorio de Presión

José Luis Rosales Saavedra  
Supervisor de Operaciones  
LO JUSTO S.A.C.



FTO-0065/M 04.4

Etiqueta de Calibración N° 53919

LABORATORIO DE CALIBRACION LO JUSTO S.A.C.

Código del certificado  
IMN - 011 - 2020

Pág. 2 de 3

**Procedimiento de medida:**

- Procedimiento ME-003, Ed. 1, para la calibración de manómetros, vacuómetros y manovacómetros del CEM-España - Método de medición por comparación directa utilizando un manómetro patrón.

**Instrumento Patrón:**

Patrón empleado	Alcance	Certificado	Trasabilidad
Indicador de Presión LP-1-010	100 psi	IMN-684-2020	INACAL

**Instrumentos Auxiliares:**

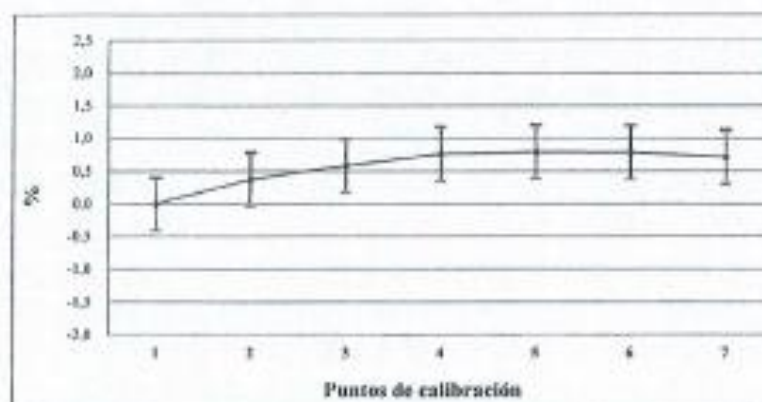
- Termohigrómetro Digital con certificado de calibración TE-2617-2019.
- Manómetro de presión absoluta con certificado de calibración LFP-113-2020.
- Comparador de presión.

**Condiciones Ambientales:**

- Temperatura Ambiente promedio : 19,7 °C ± 0,5 °C
- Humedad Relativa promedio : 70,7 % ± 1,9 %
- Presión Atmosférica promedio : 1 010,2 mbar ± 1,1 mbar

**RESULTADOS DE CALIBRACIÓN**

PRESIÓN DE EQUIPO		INDICACIÓN DEL PATRÓN		CORRECCIÓN	Factor cobertura k	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN U
Pa	psi	psi	---			
0	0,0	0,00	---	0,00	2,00	0,41
137895	20,0	19,62	---	-0,38	2,00	0,41
275790	40,0	39,41	---	-0,59	2,00	0,41
344738	50,0	49,24	---	-0,76	2,00	0,41
413686	60,0	59,21	---	-0,79	2,00	0,41
551581	80,0	79,21	---	-0,79	2,00	0,41
689476	100,0	99,28	---	-0,72	2,00	0,41



FTO-008-CM 04.4

LO JUSTO S.A.C.  
382049-28

LABORATORIO DE CALIBRACION LO JUSTO S.A.C.

Código del certificado
INEN - 813 - 2020

Fig. 3 de 3

**Notas y aclaraciones:**

- La incertidumbre expandida de medición reportada en el presente certificado de calibración resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde a un nivel de confianza del 95,45 %. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición", segunda edición, Julio del 2001.  
La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre estimada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.
- El periodo de validez de este certificado de calibración dependerá del uso y cuidado que se de a este instrumento.
- Se colocó una etiqueta de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. identificada con el N° 53919 en señal de su calibración.
- La Unidad de presión en el Sistema Internacional de Unidades es el Pascal.
- Los valores reportados son el promedio de las mediciones realizadas.
- La calibración se realizó con el instrumento en posición VERTICAL.

\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO\*\*\*

FT02-0002-01	Ed. 4
--------------	-------

LO JUSTO S.A.C.  
2020-09-26

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**TC-10926-2020**

**PROFORMA** : Z2824 Fecha de emisión: 2020-08-11

**SOLICITANTE** : TDM ASFALTOS SOCIEDAD ANONIMA CERRADA  
Dirección : MZA. A LOTE 12 Z.L LAS PRADERAS DE LURIN LIMA-LIMA-LURIN

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : TORQUIMETRO  
Tipo : 1  
Clase : B  
Marca : PRECISION INSTRUMENTS  
Modelo : DS1F30CHRM  
N° de Serie : 1007  
Intervalo de Indicación : 0 kgf-cm a 35 kgf-cm  
Resolución : 1 kgf-cm  
N° de Pinta : No Indica  
Identificación : No Indica  
Utilización : No Indica  
Fecha de Calibración : 2020-08-07

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Laboratorio de TEST & CONTROL S.A.C.

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**  
Método de comparación directa según norma internacional ISO 8788 "Assembly tools for screws and nuts - Head torque tools - Part 1 and 2: Requirements for calibration and determination of measurement uncertainty" Primera Edición - Febrero 2017.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	19.5 °C	19.1 °C
Humedad Relativa	48.9 %	48.9 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalcibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CIP: 8118



TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrón de Referencia del AEP TRANSDUCERS	Transductor de Torque 0 N.m a 50 N.m Incertidumbre 0,124 %	LAT 003 140620M

RESULTADOS DE MEDICIÓN

SENTIDO HORARIO

Repetibilidad

Valor Instrumento $X_i$	Valor Patrón $X_p$ (kgf.cm)	Valor Instrumento $X_i$	Valor Patrón $X_p$ (kgf.cm)	Valor Instrumento $X_i$	Valor Patrón $X_p$ (kgf.cm)
6.9	7.0	21.1	21 kgf.cm	35.0	35 kgf.cm
6.9		21.2		34.9	
7.0		21.3		35.0	
6.9		21.1		35.1	
6.8		21.0		35.2	
$\bar{X}_n = 6.9$		$\bar{X}_n = 21.1$		$\bar{X}_n = 35.0$	

Reproducibilidad

Valor Instrumento $X_i$	Valor Patrón $X_p$ (kgf.cm)			
	Secuencia I	Secuencia II	Secuencia III	Secuencia IV
7 kgf.cm	7.0	7.0	7.0	7.0
	7.0	7.0	7.0	7.0
	6.9	6.9	6.8	6.8
	6.8	6.8	6.8	6.8
	6.9	6.9	6.8	6.9
$\bar{X}_m = 6.9$	$\bar{X}_m = 6.9$	$\bar{X}_m = 6.9$	$\bar{X}_m = 6.9$	$\bar{X}_m = 6.9$

Efectos Geométricos del Adaptador de la Herramienta Dinamométrica

Valor Instrumento $X_i$	Valor Patrón $X_p$ (kgf.cm)			
	Posición 1 (0°)	Posición 2 (90°)	Posición 3 (180°)	Posición 4 (270°)
7 kgf.cm	6.8	6.9	6.8	6.9
	6.8	6.8	6.8	6.8
	6.8	6.8	6.8	6.8
	6.8	6.9	6.8	6.9
	6.9	6.9	6.9	6.9
	7.0	7.0	7.0	7.0
	7.0	7.0	7.0	7.0
	6.8	6.8	6.8	6.8
	6.8	6.9	6.8	6.8
	6.9	6.9	6.9	6.9
	$\bar{X}_m = 6.9$	$\bar{X}_m = 6.9$	$\bar{X}_m = 6.9$	$\bar{X}_m = 6.9$

Certificado de Calibración  
TC-19926-2026

Efectos Geométricos de la Interfaz entre el Adaptador de la Herramienta Dimensional y el Sistema de Calibración

Valor Instrumento $X_i$	Valor Patrón $X_p$ (kgf/cm)			
	Posición 1 (P)	Posición 2 (90°)	Posición 3 (180°)	Posición 4 (270°)
7 kgf/cm	6.9	6.9	6.9	6.9
	6.9	6.9	6.9	6.9
	7.0	7.0	7.0	7.0
	7.0	7.0	7.0	7.0
	7.0	7.0	7.0	7.0
	7.0	7.0	7.0	7.0
	7.0	7.0	7.0	7.0
	6.9	6.9	6.9	6.9
	6.9	6.9	6.9	6.9
	6.9	6.9	6.9	6.9
	6.9	6.9	6.9	6.9
	6.9	6.9	6.9	6.9
$\bar{X}_r =$	6.9	6.9	6.9	6.9

Variación debido a la Aberración del Punto de Aplicación de la Fuerza

Valor Instrumento $X_i$	Valor Patrón $X_p$ (kgf/cm)	
	Posición 1 (+10 mm)	Posición 2 (+10 mm)
7 kgf/cm	6.9	6.9
	6.9	6.9
	6.9	6.9
	6.9	6.9
	6.9	6.9
	6.9	6.9
	6.9	6.9
	6.9	6.9
	6.9	6.9
	6.9	6.9
	6.9	6.9
	6.9	6.9
$\bar{X}_r =$	6.9	6.9

(\*) Ver nota

Valor de calibración $X_i$ (kgf/cm)	Valor medio del error de medición $[d_i]$ (%)	Incertidumbre de medida relativa expandida W (%)	Mínimo valor del error de medición del equipo de calibración $[h_{rel}]$ (%)	Intervalo de incertidumbre de medida relativa W (%)
7	6.66	2.66	0.17	3.00
27	6.67	6.93	0.17	7.70
35	6.65	6.66	0.17	6.87

**OBSERVACIONES**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

Nota: El efecto geométrico es nulo para este ensayo.

La desviación admisible para el longímetro es 2% según especificaciones del fabricante.

**INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



CERTIFICATO DI TARATURA LAT 093 148920M  
 Certificate of Calibration

- data di emissione date of issue	2020/07/14
- cliente customer	TEST & CONTROL S.A.C.  Jiron Condessa de Lemos 117 LIMA32 SAN MIGUEL LIMA (PERÚ)
- destinatario receiver	-
- richiesta application	01-100-2020
- in data date	2020/06/22
<b>Si riferisce a</b> Referring to	
- oggetto item	Torsionmetro (Torque transducer)
- costruttore manufacturer	AEP transducers
- modello model	BTR2
- matricola serial number	825806
- data di ricevimento oggetto date of receipt of item	-
- data delle misure date of measurements	2020/07/14
- registro di laboratorio laboratory reference	RL148920M

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 093 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 093 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato. The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-402. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2. The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-402. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Direzione Tecnica  
 (Approving Officer)  
 p.i. Paolo Lioi



Firma Digitale - Digital Signature



## **ANEXO 9:**

### **CARTA DE SOLICITUD DE APOYO**

MALA, LIMA. 14 DE SEPTIEMBRE DE 2020

**ING. WENDY HERENCIA PEÑA**  
JEFE DE AREA TECNICA  
TDM ASFALTOS

---

**Buenas tardes ingeniera Wendy.**

Me presento, soy José Chilipio Mormontoy identificado con DNI: 71741765, estudiante de la X ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Civil con numero de código: 7000964656 de la Universidad César Vallejo. El motivo de esta carta es para solicitar de forma encarecida su apoyo para el desarrollo de algunos ensayos en laboratorio de TDM Asfaltos, para mi proyecto de investigación titulado "Evaluación de Desempeño del Diseño de un Micropavimento con Emulsión Asfáltica Altamente Modificada con Polímero, Puerto Maldonado-2020".

Los ensayos a realizarse en el laboratorio estarán comprendidos por: ensayos de caracterización del agregado tales como la granulometría, equivalente de arena, azul de Metileno y ensayos que comprenden para un diseño de Micropavimento como: Tiempo de Mezclado, Consistencia, Cohesión, Abrasión Húmeda y Rueda Cargada.

Sin otro particular, a la espera de su respuesta me despido de Ud.

Atentamente.



---

JOSÉ CHILIPIO MORMONTOY  
DNI: 71741765



Mza. A Lote 12 Zona Industrial  
Las Praderas de Lurín  
Lima - Perú  
T. (511) 616 - 9300 | F. (511) 616 - 9313  
[www.tdmasfaltos.com.pe](http://www.tdmasfaltos.com.pe)

Lima, 22 de Setiembre del 2020

**JOSÉ CHILIPÍO MORMONTOY**  
ESTUDIANTE DE INGENIERIA CIVIL  
UNIVERSIDAD DE CÉSAR VALLEJO

**Estimado Sr. Chilipio,**

Agradecerle la carta de solicitud de apoyo para el desarrollo de ensayos en laboratorio de TDM Asfaltos, con motivo de tesis de grado "Evaluación de Desempeño del Diseño de un Micropavimento con Emulsión Asfáltica Altamente Modificada con Polímero, Puerto Maldonado - 2020".

Siendo nuestro objetivo poder contribuir con la investigación en el rubro, confirmo que podemos realizar los ensayos en nuestras instalaciones y que no se requiere de pago alguno para la ejecución de los mismos.

Por lo antes expuesto resulta indispensable nos facilite cronograma de entrega de resultados a fin de programarlo con la sala correspondiente.

Sin otro particular, me despido de Ud.

  
ING. WENDY HERENCIA  
JEFE DEL ÁREA TÉCNICA  
TDM ASFALTOS SAC