

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA
DRENANTE, CON ADICIONES DE PELLETS DE PLÁSTICO RECICLADO
PARA IMPLEMENTARSE EN UNA CARPETA DE RODADURA.**

(Resumen Analítico)

***EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF A DRAINING ASPHALT MIXTURE
WITH ADDITIONS OF RECYCLED PLASTIC PELLETS TO BE IMPLEMENTED
IN A WEARING COURSE.***

(Analytical Summary)

Autores (Authors): TRUJILLO MARTÍNEZ María José, GUERRERO GUERRERO
Jair Sebastián y OBANDO PAZ Jesús Alejandro.

Facultad (Faculty): de INGENIERÍA.

Programa (Program): INGENIERÍA CIVIL.

Asesor (Support): MAGÍSTER JOSE DANIEL MUÑOZ MARTÍNEZ.

Fecha de terminación del estudio (End of the research): JUNIO DE 2024.

Modalidad de Investigación (Kind of research): Trabajo de Grado.

PALABRAS CLAVE

PET

MEZCLA DE DRENAJE

SUSTITUCIÓN DE MATERIAL GRANULAR

MODIFICACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA

KEY WORDS

PET

DRAINAGE MIXTURE

REPLACEMENT OF GRANULAR MATERIAL

MODIFICATION OF PHYSICAL COMPOSITION.

RESUMEN

En Colombia, se han enfrentado desafíos significativos debido al deterioro de vías tanto rurales como urbanas según Portafolio (27 julio del 2022), ocasionado por las inclemencias del clima y la insuficiente capacidad de los sistemas de drenaje convencionales. Como respuesta a esta problemática, se emprendió una investigación orientada a la implementación de una capa de pavimento asfáltico permeable, diseñada específicamente para facilitar el drenaje del agua y prevenir acumulaciones. Este tipo de pavimento, caracterizado por su elevada porosidad, permite que el agua se filtre a través de su estructura, en contraposición al pavimento convencional. La adopción de este pavimento innovador ha demostrado ser beneficiosa en naciones con una importante actividad manufacturera. Entre los efectos positivos se cuentan la recarga de acuíferos, la captación y aprovechamiento del agua de lluvia, así como el fortalecimiento de la seguridad vial al evitar áreas propensas a inundaciones o congelamiento. En el marco de este estudio, se diseñó una mezcla drenante mediante la incorporación de pellets de plástico PET, utilizando un proceso de ajuste meticuloso para adaptar el material a las exigencias específicas. Tras someter el plástico a un riguroso proceso de recolección y limpieza, se incorporó en la composición del asfalto en porcentajes apropiados. Posteriormente, se obtuvo un material granular para la fabricación de muestras, cada una con diferentes proporciones de plástico PET, teniendo en cuenta que la recolección y el reciclaje de plástico PET, permitieron utilizar alrededor de 46 botellas pequeñas de 245 ml y a su vez, es posible afirmar que se utilizaron aproximadamente 26 botellas grandes de 500 ml que dieron origen a una placa de plástico fundido de alrededor de 3 cm de alto, 25 cm de largo y 10 cm de ancho, dando lugar a un material granular para la fabricación de muestras. Estas muestras, con diferentes concentraciones de plástico PET, permitieron la realización de varios ensayos y comparaciones con el pavimento convencional, como, por ejemplo, que en el reemplazo del 30% del material plástico, la infiltración tuvo una disminución en el tiempo de paso del agua del 30% a comparación de la mezcla drenante

convencional, favoreciendo el reciclaje y evitando la degradación ambiental asociada con la acumulación de residuos plásticos.

ABSTRACT

In Colombia, considerable challenges have been faced due to the deterioration of both rural and urban roads Portafolio (27 July 2022), caused by inclement weather and the insufficient capacity of conventional drainage systems. In response to this problem, research was undertaken into the implementation of a permeable asphalt surface layer, specifically designed to facilitate water drainage and prevent water accumulation. This type of pavement, characterized by its high porosity, allows water to seep through its structure, as opposed to conventional pavements. The adoption of this innovative pavement has proven to be beneficial in nations with significant manufacturing activity. Positive effects include groundwater recharge, rainwater harvesting and utilization, as well as the enhancement of road safety by avoiding areas susceptible to flooding or freezing. As part of this study, a drainage mix was designed by incorporating PET plastic pellets, using a meticulous adjustment process to adapt the material to the specific requirements. After undergoing a rigorous collection and cleaning process, the plastic was incorporated into the asphalt composition in appropriate percentages. Subsequently, a granular material was obtained for the manufacture of samples, each with different proportions of PET plastic, In turn, it is possible to state that approximately 26 large 500 ml bottles were used, which gave rise to a molten plastic plate about 3 cm high, 25 cm long and 10 cm wide, giving rise to a granular material for the manufacture of samples. These samples, with different concentrations of PET plastic, allowed for various tests and comparisons with the conventional pavement, such as, for example, that in the replacement of 30% of the plastic material, infiltration had a decrease in water passage time of 30% compared to the conventional draining mixture, favouring recycling and avoiding environmental degradation associated with the accumulation of plastic waste.

CONCLUSIONES

Fue posible identificar que gracias a la incorporación de pellets de plástico PET, en la mezcla drenante para la carpeta de rodadura del pavimento asfáltico, siendo una innovación con potenciales beneficios, tanto ambientales, como de rendimiento, no solo ofreció una solución para evitar la sobreproducción y acumulación de residuos plásticos, sino que también se espera y se pretende, que se reduzca el riesgo de inundaciones, por esto, se da a conocer que se utilizan 46 botellas pequeñas de 245 ml y 26 botellas grandes de 500 ml. Sin embargo, la implementación adecuada de este tipo de pavimento debe tener en cuenta las características del material a definir de tal forma que se genere una proporción óptima dentro de la mezcla y así generar seguridad en primera instancia, para definir los correspondientes ensayos que se deben realizar e identificar la compatibilidad de materiales y la evaluación de la durabilidad a largo plazo. En última instancia, este enfoque representa un paso significativo hacia la construcción de infraestructuras más sostenibles y resilientes.

En conclusión, de acuerdo a cada uno de los ensayos que fueron realizados para los especímenes de mezcla convencional y de mezcla modificada, se determinó el comportamiento físico y mecánico, mediante 4 ensayos los cuales permiten analizar que la mezcla convencional presenta características que no se alejan de la normativa y permiten que esta implementación y reemplazo sea de forma correcta para ciertas cantidades de este mismo reemplazo; esto se pudo evidenciar en que para cada ensayo distinto, los especímenes logran acercarse a los parámetros establecidos y se garantiza calidad y seguridad en la infraestructura, además de aprovechar los beneficios ambientales y el rendimiento correspondiente, teniendo variaciones que aseguran su implementación en los casos que sea necesario; como lo son la permeabilidad, en donde el tiempo de infiltración se reduce de un máximo de 15,1s en la convencional a un mínimo de 7,77s en la modificada, estabilidad y flujo, en la cual se da a conocer que la resistencia es alta, comparando el caso convencional y el modificado con valores de 16,49 y 15,65 kN respectivamente, compresión simple, en donde los casos a partir del 50% de reemplazo tienen

funcionamiento en tránsito liviano a pesado, progresivamente a medida de que disminuye el porcentaje de reemplazo y adherencia; por esto se observó un tiempo de infiltración adecuado, una estabilidad y flujo que establece una deformación a lo largo del tiempo que se encuentra en un rango alto antes de que se produzca la falla en cada una de las briquetas cumpliendo el rango que establece la norma para 50 golpes, identificando un tránsito NT1 o mayor, teniendo en cuenta que al aumentar cada porcentaje, disminuye su carga máxima, también una compresión simple y finalmente una adherencia que representa un desgaste mayor, a medida de que en las briquetas se establece un porcentaje mayor de reemplazo de pellets de PET, siendo el único parámetro poco efectivo en general de las mezclas.

Finalmente, se pudo observar que gracias a los valores obtenidos en cada una de las pruebas de laboratorio, se presenta una baja diferencia al momento de comparar las muestras convencionales y las muestras modificadas, ya que los resultados, brindan la información necesaria para determinar que estas muestras presentan grandes beneficios al momento de realizar el reemplazo correspondiente; inicialmente, desde los resultados presentados para las partículas de pellets, se observó un comportamiento favorable, con la tendencia a ser un reemplazo adecuado y en ciertas propiedades, garantizando valores que superaron de cierta forma lo obtenido por las partículas de grava, continuando con su comportamiento frente a las impurezas, en donde se sabía que estas partículas fueron previamente llevadas a un proceso de limpieza y finalmente con su beneficio tanto ambiental, como en las comunidades, al momento de generar el reciclaje y reutilización de grandes cantidades de botellas plásticas, que a su vez, disminuyen la explotación de materiales pétreos. Por otra parte, dentro del mismo análisis, se observó en las briquetas modificadas una mejoría en los tiempos de infiltración para el ensayo de permeabilidad y puede ser la solución a problemas de inundaciones y encharcamientos, además de valores cercanos a las briquetas convencionales permeables en cuanto a los ensayos de compresión simple y carga monotónica que generan seguridad al momento de implementarlos en una carpeta de rodadura, para tránsito liviano con un reemplazo del 50%, medio con un reemplazo del 30% y

pesado con los reemplazos de 20% y 10% en el tamiz de $\frac{3}{8}$ ", dando así una variedad de opciones de reemplazo según el caso que se requiera y por último, los costos presentados por esta implementación, no superan los costos que ya se tiene por defecto en este tipo de métodos de construcción de carreteras, ya que existen 2 opciones de obtención de este material, una a través del reciclaje y la otra a través de la compra por kilogramo de este material, que igualmente brinda beneficios sin costos elevados y lo más importante, con resultados favorables ante la seguridad vial y con variedad de implementaciones.

CONCLUSIONS

It was possible to identify that thanks to the incorporation of PET plastic pellets in the drainage mixture for the asphalt pavement wearing course, being an innovation with potential benefits, both environmental and performance, not only offered a solution to avoid the overproduction and accumulation of plastic waste, but it is also expected and intended to reduce the risk of flooding, for this reason, it is reported that 46 small bottles of 245 ml and 26 large bottles of 500 ml are used. However, the proper implementation of this type of pavement must take into account the characteristics of the material to be defined in such a way as to generate an optimal proportion within the mixture and thus generate security in the first instance, to define the corresponding tests to be performed and identify the compatibility of materials and the evaluation of long-term durability. Ultimately, this approach represents a significant step towards building more sustainable and resilient infrastructure.

In conclusion, according to each of the tests that were carried out for the conventional and modified mix specimens, the physical and mechanical behavior was determined, by means of 4 tests which allow analyzing that the conventional mix presents characteristics that do not deviate from the regulations and allow this implementation and replacement to be correct for certain quantities of this same replacement; This could be evidenced in that for each different test, the specimens manage to approach the established parameters and guarantee quality and safety

in the infrastructure, in addition to taking advantage of the environmental benefits and the corresponding performance, having variations that ensure its implementation in cases where it is necessary; such as permeability, where the infiltration time is reduced from a maximum of 15.1s in the conventional one to a minimum of 7.77s in the modified one, stability and flow, in which it is shown that the resistance is high, comparing the conventional and modified cases with values of 16.49 and 15.65 kN respectively, simple compression, where the cases from 50% replacement have performance in light to heavy traffic, progressively as the percentage of replacement and adherence decreases; therefore, an adequate infiltration time was observed, a stability and flow that establishes a deformation over time that is in a high range before the failure occurs in each of the briquettes, fulfilling the range established by the standard for 50 blows, identifying a transit NT1 or higher, taking into account that as each percentage increases, its maximum load decreases, also a simple compression and finally an adherence that represents a greater wear, as a higher percentage of PET pellets replacement is established in the briquettes, being the only parameter that is not very effective in general of the mixtures.

Finally, it could be observed that thanks to the values obtained in each of the laboratory tests, there is a low difference when comparing the conventional samples and the modified samples, since the results provide the necessary information to determine that these samples present great benefits at the time of the corresponding replacement; Initially, from the results presented for the pellet particles, a favorable behavior was observed, with the tendency to be an adequate replacement and in certain properties, guaranteeing values that surpassed in a certain way what was obtained by the gravel particles, continuing with its behavior against the impurities, where it was known that these particles were previously taken to a cleaning process and finally with its environmental benefit, as well as in the communities, at the moment of generating the recycling and reuse of large quantities of plastic bottles, which in turn, decrease the exploitation of stone materials. On the other hand, within the same analysis, it was observed in the modified briquettes an improvement in the

infiltration times for the permeability test and can be the solution to problems of flooding and puddling, in addition to values close to the conventional permeable briquettes in terms of simple compression and monotonic load tests that generate security when implementing them in a road surface, for light traffic with a 50% replacement, medium with a 30% replacement and heavy with 20% and 10% replacements in the $\frac{3}{8}$ " sieve, thus giving a variety of replacement options according to the case that is required and finally, the costs presented by this implementation, do not exceed the costs that already has by default in this type of road construction methods, since there are 2 options for obtaining this material, one through recycling and the other through the purchase per kilogram of this material, which also provides benefits without high costs and most importantly, with favorable results before road safety and with a variety of implementations.

RECOMENDACIONES

Se sugiere aumentar la utilización de este tipo de mezclas asfálticas, ya que no solo mejoran el aspecto estético de la ciudad, ya que también ayudan en la captación y almacenamiento del agua de lluvia. Esta agua, una vez tratada adecuadamente, puede ser reutilizada en labores de limpieza, lo que promueve la construcción sostenible; es imprescindible verificar el tipo de polímero presente, identificándose mediante el símbolo de reciclaje. Además, se debe llevar a cabo una limpieza meticulosa del material para evitar cualquier reacción química durante la mezcla, se recomienda el uso de imán para recolectar las partículas metálicas que puedan alterar las propiedades del material en el momento en el que se realiza la fundición. Se propone investigar y aplicar métodos de diseño avanzados para mezclas asfálticas drenantes, como la metodología Superpave, que define los vacíos del agregado mineral, como la suma del volumen de vacíos de aire y del asfalto efectivo en una muestra compactada. Esto es relevante ya que el método de diseño actual es empírico y aunque brinda buenos resultados, la implementación de nuevos materiales de construcción puede ser mejorada.

Se propone realizar el análisis de la contaminación generada por la fundición del material PET ya que esta emite metano y etileno, dos potentes gases de efecto invernadero y cómo se podría disminuir por medio de filtros.

Para mejorar la durabilidad y resistencia de las mezclas asfálticas drenantes en caliente, se recomienda utilizar aditivos químicos adherentes como polímeros modificados con elastómeros. Estos aditivos ayudan a mejorar la adhesión entre el asfalto y los agregados, lo que resulta en una mayor resistencia a la fatiga y a la abrasión. Además, los aditivos adherentes también contribuyen a reducir la formación de grietas y la segregación de los agregados, mejorando así la calidad y la vida útil de la mezcla asfáltica. Por lo tanto, se sugiere incorporar estos aditivos en el diseño de mezclas asfálticas drenantes en caliente para obtener un pavimento más duradero y de mejor rendimiento; por otra parte para aumentar la adherencia

de la mezcla, se propone realizar adiciones en porcentajes más pequeños o en tamaños menores al de $\frac{3}{8}$ ya que éste ocasionó una pérdida de la adhesión con los materiales pétreos y el ligante asfáltico.

RECOMENDATIONS

It is suggested to increase the use of this type of asphalt mixes, since they not only improve the aesthetic appearance of the city, but also help in the capture and storage of rainwater. This water, once properly treated, can be reused in cleaning tasks, which promotes sustainable construction; it is essential to verify the type of polymer present, identifying it by means of the recycling symbol. In addition, a meticulous cleaning of the material must be carried out to avoid any chemical reaction during the mixing; the use of a magnet is recommended to collect the metallic particles that may alter the properties of the material at the time of casting.

It is proposed to investigate and apply advanced design methods for draining asphalt mixes, such as the Superpave methodology, which defines the voids of the mineral aggregate as the sum of the volume of air voids and effective asphalt in a compacted sample. This is relevant because the current design method is empirical and although it provides good results, the implementation of new construction materials can be improved.

It is proposed to analyze the pollution generated by the melting of PET material, since it emits methane and ethylene, two potent greenhouse gases, and how it could be reduced by means of filters.

To improve the durability and resistance of hot-draining asphalt mixtures, it is recommended to use adherent chemical additives such as elastomer-modified polymers. These additives help improve the adhesion between the asphalt and aggregates, resulting in increased fatigue and abrasion resistance. In addition, bonding additives also help reduce crack formation and aggregate segregation, thus

improving the quality and service life of the asphalt mix. Therefore, it is suggested to incorporate these additives in the design of hot draining asphalt mixtures to obtain a more durable and better performing pavement; on the other hand, to increase the adherence of the mixture, it is proposed to make additions in smaller percentages or in sizes smaller than $\frac{3}{8}$ since this caused a loss of adhesion with the stone materials and the asphalt binder.