



Cuadernos de Investigación

Publicaciones , ponencias, patentes,
registros y emprendimientos
- 2010 -

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA
Universidad EAFIT

ISSN 1692-0694. Medellín. Marzo de 2011
Documento 86-032011

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES DE INGENIERÍA

PUBLICACIÓN INTERNACIONAL

OSSA, E. A.; DESHPANDE, V.S. ; y CEBON, D.

Triaxial deformation behaviour of bituminous mixes

In: Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE. Vol 22(2)

Pag 124-135.

ISSN: 0899-1561

Datos de indexación: ISI WEB OF SCIENCE, SCOPUS, ASCE Research Library.

Abstract

The triaxial compressive response of bituminous mixes with volume fractions of aggregate in the range 52 % to 85 % was investigated over a wide range stresses and strain-rates. The types of loadings considered include triaxial monotonic constant stress and constant applied strain-rate as well as creep recovery, continuous cyclic and stress pulse train loadings. The mixes with a "fully dense" aggregate skeleton were found to dilate under all loading conditions and the creep response of the mixes was dependent on both the deviatoric and hydrostatic stresses. By contrast, recovery was found to occur under zero applied deviatoric stresses with the recovery rate only dependent on the recoverable strain and independent of any superimposed hydrostatic stress. Continuous and pulse loading cyclic stress-controlled tests showed that the response of the mixes was governed by the mean applied deviatoric stress in the continuous cyclic tests while strain recovery was important in the pulse loading tests. A phenomenological constitutive model was proposed to fit the measured triaxial response of the bituminous mixes and shown to capture the measurements over all the triaxial stress states and loading time histories investigated here. Furthermore, the model was extended to capture the temperature dependence of the mixtures which is governed by the temperature dependence of the bitumen binder.

Contacto

Alexander Ossa H – eossa@eafit.edu.co

Grupo de investigación en Materiales de Ingeniería

PUBLICACIÓN NACIONAL

OSSA, E. A.

Modelación micromecánica de polímeros reforzados con partículas

En: Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.º 54 pp. 65-72. Agosto, 2010.

ISSN: 0120-6230

Datos de indexación: ISI, Scielo, SCOPUS, redalyc.

Abstract

Los materiales compuestos particulados de matriz polimérica pueden estar constituidos por una matriz termoplástica o termoestable según su aplicación. Cuando estos materiales presentan fracciones volumétricas altas de partículas de refuerzo, su comportamiento mecánico depende de las características del material de la matriz y su interacción con el esqueleto formado por las partículas. La predicción de deformación de estos materiales bajo la acción de cargas y temperatura es un problema complejo que se analiza comúnmente de manera lineal a pesar de su naturaleza altamente no-lineal.

Este trabajo presenta un modelo constitutivo de fácil implementación numérica para la predicción del comportamiento mecánico de compuestos particulados de matriz termoplástica a temperaturas superiores a T_g basado en teorías micromecánicas y fenomenológicas. Con este modelo es posible obtener las propiedades del material macro con base en las características de sus componentes (micro). Este exhibe una concordancia razonable con experimentos para diferentes fracciones volumétricas de partículas.

Contacto

Alexander Ossa H – eossa@eafit.edu.co

Grupo de investigación en Materiales de Ingeniería

PONENCIA INTERNACIONAL

MEJÍA, J. L. y OSSA, E. A.

Estudio de los parametros de fabricación de laminados tipo sandwich mediante RTM.

En: XI Congreso Iberoamericano de Metalurgia y Materiales, IBEROMET. Viña del Mar, Chile, Noviembre 2 al 5 de 2010.

Abstract

Los laminados de plásticos reforzado tipo sándwich son ampliamente utilizados en diversas aplicaciones en la industria del transporte terrestre, marítimo y aeroespacial, debido principalmente a su elevada relación resistencia/peso. Sin embargo, la fabricación de este tipo de materiales complejos con un elevado grado de calidad y niveles de producción aceptables, solo es posible por técnicas de fabricación avanzadas, como es el caso del moldeo por transferencia de resina (RTM), que consiste en inyectar la resina líquida en un molde cerrado, donde previamente se ha introducido el refuerzo seco, lográndose la impregnación. El objetivo de este trabajo es establecer los parámetros básicos para la fabricación de este tipo de materiales que permita un correcto llenado del molde, apoyándose en la dinámica computacional de fluidos (CFD) para comprender el comportamiento del frente de flujo en el molde, para lo cual se realizó la medición de permeabilidad de diferentes refuerzos, como: telas tejidas y no tejidas de fibra de vidrio, que son un factor clave en el material. Para las mediciones de permeabilidad se utilizó el método de flujo radial mediante un molde instrumentado para tal fin. Los resultados de este estudio permitieron establecer que el comportamiento del frente de flujo en moldes planos se encuentra influenciado por la permeabilidad del tipo de refuerzo utilizado, y las simulaciones computacionales son un buen apoyo para estimar tiempos de llenado del molde, aunque omite problemas muy comunes en el proceso.

Contacto

Alexander Ossa H – eossa@eafit.edu.co

Grupo de Investigación en Materiales de Ingeniería.

PONENCIA INTERNACIONAL

MONTOYA- MESA, Carolina; y

ALVAREZ-LAINEZ, Mónica.

Fabricación de mezclas termoplástico de almidón (TPS)/polihidroxitirato (PHB) y determinación de la miscibilidad

En: Simposio Latinoamericano de Polímeros. Costa Rica-2010. Julio 13 al 16 de 2010

Resumen

Las mezclas de polímeros surgen como una forma de obtener materiales con propiedades combinadas que no pueden alcanzarse con un solo material, en el caso de los polímeros biodegradables esta es una forma de obtener materiales que ofrecen muy buenas propiedades físicas combinadas con una excelente degradabilidad. El almidón termoplástico (TPS), presenta buenos niveles de degradación en varios ambientes y bajo costo. Sin embargo, aún no presenta un comportamiento mecánico comparable con polímeros disponibles actualmente en el mercado, además, la presencia de grupos hidroxilo en su estructura, hacen que el material sea higroscópico y tienda a degradarse rápidamente en ambientes húmedos. El TPS ha sido mezclado con diferentes polímeros degradables como la policaprolactona (PCL), encontrándose una separación de fases, disminución de propiedades mecánicas al incrementar la cantidad de almidón. Uno de los materiales que más interés ha generado en los últimos años en cuanto a los polímeros degradables, es el polihidroxitirato (PHB), un poliéster sintetizado en el citoplasma de ciertas células, este es un material con una alta cristalinidad, excelente degradabilidad en varios ambientes y un alto costo razón por la cual debe mezclarse con otros polímeros degradables como una forma de mejorar algunas propiedades físicas y alcanzar competitividad en costos. En el caso del almidón, por su bajo costo se ha encontrado como una alternativa para ayudar a disminuir el costo del PHB, varios autores han mezclado almidón en polvo y PHB,

durante la caracterización de este material encontraron una única T_g para todas las concentraciones de PHB, lo que sugiere que la mezcla es miscible, y además, presenta un buen desempeño mecánico siendo la composición óptima 70% PHB y 30% de almidón en polvo. En las mezclas entre TPS y PHB no se ha encontrado un punto en común en cuanto a si estas mezclas son miscibles o no. Algunos autores han caracterizado mecánica y morfológicamente estas mezclas, una morfología heterogénea lo que sugiere inmiscibilidad. Se encontró una disminución de propiedades mecánicas al aumentar la cantidad de TPS hasta en 30%; los resultados de estos autores contradice lo que se esperaría de estas mezclas, ya que el PHB puede ser compatible con materiales que puedan formar puentes de hidrogeno como el caso del almidón. A partir de esta contradicción en esta investigación se fabricaron mezclas de TPS con diferentes cantidades de PHB (10%, 20%, 30%, 40% y 50%), se establecieron los parámetros de mezcla y se caracterizaron morfológica, mecánica y térmicamente; encontrándose una fase homogénea especialmente para las mezclas con menor cantidad de PHB, así como un aumento en el módulo de elasticidad al incrementar la cantidad de PHB, mediante análisis térmico se encontró que las mezclas son termodinámicamente inmiscibles al presentar múltiples transiciones térmicas

PONENCIA INTERNACIONAL

MONTOYA- MESA, Carolina;

ALVAREZ-LAINEZ, Mónica; y RUIZ-AVILEZ, Gladys

Degradación de mezclas de Almidón termoplástico (TPS)/Polihidroxibutirato (PHB) y Almidon termoplastico (TPS)/ Polietileno(PE).

En: XI IBEROMET X CONAMET/SAM. Viña del Mar, Chile. Noviembre 2 a 5 de 2010.

Resumen

Una de las alternativas que ha surgido como una forma de disminuir el impacto ambiental que se ha generado con el uso de materiales plásticos derivados del petróleo, son los polímeros degradables, los cuales pueden ser naturales,

producidos por síntesis de bacterias o fabricados con materias primas sintéticas; sin embargo, en estos materiales todavía no se encuentra un equilibrio entre propiedades y costos, ya que aunque los polímeros naturales presentan degradación en el corto plazo y son de bajo costo, sus propiedades mecánicas al ser comparadas con un polímero sintético, no son las mejores, comportamiento contrario a los polímeros degradables sintéticos y los producidos por bacterias. Por este motivo, en esta investigación se fabricaron mezclas entre un polímero degradable, almidón termoplástico (TPS) y un polímero sintético, polietileno de baja densidad (LDPE) y mezclas entre TPS y un polímero degradable producido por bacterias, el polihidroxibutirato (PHB), con estas mezclas se determinó como la adición de una segunda fase como el PE y el PHB afecta la degradación del TPS. En las mezclas TPS/PHB se encontró una fase miscible y un aumento en las propiedades mecánicas aún para mezclas con bajo contenido de PHB (10%), en tanto que para las mezclas de TPS y PE aunque se debe realizar un proceso de funcionalización, se obtiene un incremento en las propiedades mecánicas igualando al PE puro para mezclas con 50% de PE funcionalizado.

La degradación térmica del material se estudio a partir de las energías de activación, en donde se encontró un aumento en las energías para todas las mezclas. Durante la fotodegradación se determinó la formación de grupos carbonilo, en donde se presentó una mayor degradación para los materiales con cromóforos en su estructura como el PHB y las mezclas TPS/PE compatibilizadas. Por último, se midió la cantidad de producido por el material durante su biodegradación en un ensayo respirométrico, en este ensayo el mayor porcentaje de biodegradación fue alcanzado por la mezclas TPS/PHB, en tanto que en las mezclas TPS/PE compatibilizadas y sin compatibilizar, se encontró una disminución en la velocidad de degradación del TPS siendo mayor para las mezclas sin compatibilizar.

Contacto

Mónica Lucia Álvarez Lainez – malvar26@eafit.edu.co
Grupo de investigación en Materiales de Ingeniería

PONENCIA INTERNACIONAL

MÚNERA, J. C.; ÁLVAREZ-LÁINEZ, M.; y OSSA, E. A.
Fabricación y análisis de asfaltos modificados con polímeros.

En: XI Congreso Iberoamericano de Metalurgia y Materiales, IBEROMET. Viña del Mar, Chile, noviembre 2 al 5 de 2010.

Abstract

El asfalto es un material formado por una mezcla de hidrocarburos de origen natural que es ampliamente utilizado en aplicaciones que van desde la impermeabilización hasta la fabricación de vías. En este trabajo se presenta el procedimiento de fabricación de mezclas de asfalto crudo con diferentes proporciones de polímeros como cera de Polietileno (CPE), caucho de Butadieno Estireno SBS y caucho molido de llanta, con la finalidad de determinar niveles de interacción y modificación de características químicas y físicas entre el asfalto crudo y modificado. Se presentan los diferentes parámetros considerados para la fabricación de mezclas como velocidades y métodos de agitación, temperaturas y tiempos de mezclado para lograr obtener dispersiones adecuadas de mezcla. Se trabajó con un asfalto de origen colombiano con un grado de penetración de 80/100 y se realizaron mezclas con proporciones que van desde 0% hasta el 10% de polímero aditivo. Estas mezclas se llevaron a cabo en un recipiente abierto y con un agitador tipo hélice. El contenido de Saturados, Aromáticos, Resinas y Asfaltenos presentes en el asfalto crudo fueron determinados mediante la prueba SARA. Los asfaltos, tanto en estado crudo como modificados, fueron caracterizados mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para determinar las interacciones entre los componentes de la mezcla, reometría rotacional con una geometría de platos paralelos para conocer el variación de la viscosidad con un barrido de temperatura. También a estas mezclas se les determinó por métodos convencionales el punto de ablandamiento (PA) y penetración (Pen.). La dispersión y morfología de las mezclas se estudió mediante microscopía óptica.

Contacto

Alexander Ossa H – eossa@eafit.edu.co
Grupo de Investigación en Materiales de Ingeniería.

PONENCIA INTERNACIONAL

MÚNERA, J. C.; ÁLVAREZ-LÁINEZ, M.; y OSSA E. A.
Fabricación y análisis de asfaltos modificados con polímeros.

En: 1er Simposio Internacional de Materiales y sus aplicaciones. Medellín, Diciembre 15 de 2010.

Abstract

El asfalto es un material formado por una mezcla de hidrocarburos de origen natural que es ampliamente utilizado en aplicaciones que van desde la impermeabilización hasta la fabricación de vías. En este trabajo se presenta el procedimiento de fabricación de mezclas de asfalto crudo con diferentes proporciones de polímeros como cera de Polietileno (CPE), caucho de Butadieno Estireno SBS y caucho molido de llanta, con la finalidad de determinar niveles de interacción y modificación de características químicas y físicas entre el asfalto crudo y modificado. Se presentan los diferentes parámetros considerados para la fabricación de mezclas como velocidades y métodos de agitación, temperaturas y tiempos de mezclado para lograr obtener dispersiones adecuadas de mezcla. Se trabajó con un asfalto de origen colombiano con un grado de penetración de 80/100 y se realizaron mezclas con proporciones que van desde 0% hasta el 10% de polímero aditivo. Estas mezclas se llevaron a cabo en un recipiente abierto y con un agitador tipo hélice. El contenido de Saturados, Aromáticos, Resinas y Asfaltenos presentes en el asfalto crudo fueron determinados mediante la prueba SARA. Los asfaltos, tanto en estado crudo como modificados, fueron caracterizados mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para determinar las interacciones entre los componentes de la mezcla, reometría rotacional con una geometría de platos paralelos para conocer el variación de la viscosidad con un barrido

de temperatura. También a estas mezclas se les determinó por métodos convencionales el punto de ablandamiento (PA) y penetración (Pen.). La dispersión y morfología de las mezclas se estudió mediante microscopía óptica.

Contacto

Alexander Ossa H – eossa@eafit.edu.co

Grupo de Investigación en Materiales de Ingeniería.

PONENCIA INTERNACIONAL

MURCIA, S.C; PANIAGUA, M.A; y OSSA, E. A

Efecto de los parámetros de procesamiento en las características de fundiciones de hierro nodular.

En: XI Congreso Iberoamericano de Metalurgia y Materiales, IBEROMET. Viña del Mar, Chile, Noviembre 2 al 5 de 2010.

Abstract

Las características de las fundiciones de hierro nodular son influenciadas por la microestructura de la matriz y la morfología de los nódulos de grafito, que a su vez están asociados a los parámetros del proceso de fundición. En este trabajo se evaluó el efecto de la temperatura de vaciado, el tiempo transcurrido desde la nodulización e inoculación, junto con el espesor de pared en las características finales del hierro nodular bajo condiciones de proceso reales en una planta de producción de piezas fundidas. El estudio mostró que el mejor lapso de tiempo para realizar el vaciado de una colada está entre los dos y cinco primeros minutos después de terminada la reacción de inoculación. De esta manera se logra obtener un buen conteo de nódulos con una estructura no degenerada de grafito. Además se evidenció el efecto perjudicial de una materia prima contaminada con cromo sobre las características de la matriz.

Contacto

Alexander Ossa H – eossa@eafit.edu.co

Grupo de Investigación en Materiales de Ingeniería.

PONENCIA INTERNACIONAL

SIMOES, R.D.; CONSTANTINO, C.J.L.; RODRIGUEZ-PEREZ, M.A.; ROMAN- LORZA, S.; DE SAJA, J.A.; ALVAREZ- LAINEZ, M.; y MONTROYA- MESA., C

Foaming of EVA/Starch blends: Characterization of the structure, physical properties and biodegradability.

En: Foams 2010, Seattle, USA. Septiembre 28 a Octubre 1 de 2010.

Conference FOAMS® 2010 Conference Proceedings. Society of plastics engineers (SPE)

Abstract

Foams produced from blends of an ethylene-vinyl acetate copolymer (EVA) with high VA content (28%) and corn starch have been successfully fabricated using the improved compression molding technique, which comprises three stages: mixing of the components, fabrication of a precursor material and foaming under pressure. A range between 30 and 70% by weight of starch was used. The expansion ratio was approximately 1.7, leading to foams with densities between 0.48 g/cm³ (EVA/starch30%) and 0.78 g/cm³ (EVA/starch70%). Complementary, the expansion ratio was modified between 1.4 and 3 for an amount of starch of 30%, leading to foams with densities between 0.37 g/cm³ and 0.79 g/cm³. A detailed characterization of the structure and physical properties has been carried out. The results showed that corn starch acts as filler for EVA, showing a good compatibility with the polyolefin. Different types of cellular structure (closed, partially interconnected and fully interconnected) and cell sizes were obtained depending on the amount of starch included in the composition and the relative density. For instance, the higher the amount of starch the greater the open cell content and the lower the relative density the larger the cell size. Moreover, the addition of starch allows tailoring the physical properties of the composite foams. An increase in the starch content leads to an increase of the density, compressive strength and a decrease of the elasticity. Finally, biodegradability tests showed the increase in the percentage of biodegradation

with the amount of starch in the foams, which reaches 60% at 100 days for the foam with 70% of starch.

Contacto

Mónica Lucía Álvarez Lainez – malvar26@eafit.edu.co
Grupo de investigación en Materiales de Ingeniería

PONENCIA NACIONAL

**MÚNERA, J. C.; ÁLVAREZ-LÁINEZ, M.; ARROYABE, M.;
y OSSA, E. A.**

**Análisis micro y nano estructural de asfaltos
colombianos.**

En: Nanociencia 2010. Barranquilla, Octubre 21 al 23 de 2010.

Abstract

El asfalto es un material de estructura coloidal formado por una mezcla de hidrocarburos de origen natural ampliamente utilizado en aplicaciones que van desde la impermeabilización hasta la fabricación de vías. La microscopia de fuerza atómica (AFM) ha sido utilizada para estudiar la morfología y estructura en escalas micro-nanométricas de asfaltos, lográndose identificar diferentes fases, sin embargo, no se tiene registro del uso de esta técnica para el estudio de asfaltos colombianos, también es poca la información sobre la interacción física entre aditivo y las fases presentes en el asfalto. El objetivo de este trabajo es identificar mediante AFM los cambios estructurales que se presentan en asfaltos colombianos modificados poliméricamente. Las muestras fueron preparadas mediante calentamiento a 70°C durante dos minutos. Este procedimiento permitió obtener muestras adecuadas para el análisis mediante AFM. Las imágenes AFM se obtuvieron mediante la utilización de un instrumento Nanosurf Easyscan2, operando en el modo AFM-NC (fuerza atómica en no contacto), utilizando sondas Vistaprobes T190 de Silicio con forma de viga simple, frecuencia de resonancia de 190kHz y constante de resorte nominal de 48N/m. El análisis de las muestras de asfalto evidenció

diferencias estructurales considerables que conllevan a cambios en las características y propiedades del material a nivel macro. Por ejemplo, la fig.1 muestra un asfalto sin modificar en el cual se observan tres fases características: i) fase dispersa en forma de cadena que representa la región más dura del material, correspondiente a los asfaltenos, estos poseen a su vez zonas blandas y zonas duras con una separación aproximada entre 500 y 1000nm y alturas de 40nm aproximadamente (fig.2); ii) Fase oscura que rodea los asfaltenos que corresponde a las resinas, que son fases polares de menor dureza que los asfaltenos y que son responsables de estabilizarlos; iii) La matriz que rodea las dos regiones anteriores corresponde a materiales de bajo peso molecular como hidrocarburos saturados y aceites aromáticos, que corresponde a la fase más blanda del material y caracteriza la susceptibilidad térmica del asfalto. La fig.3 muestra el asfalto luego de ser sometido a un proceso de inyección de aire a alta temperatura conocido como oxidación, este proceso es comúnmente utilizado para incrementar la dureza y reducir la susceptibilidad térmica del asfalto. En esta figura se aprecia como la cantidad de asfaltenos se incrementa ostensiblemente reduciendo las regiones de matriz de aceites que se presentan en el asfalto sin modificar, lo cual corresponde al incremento de dureza y disminución de la susceptibilidad térmica. Las fig.4 y 5 muestran el efecto de la adición de cera sobre la estructura del asfalto, incrementándose el tamaño y longitud de las cadenas de asfaltenos y generando regiones duras ricas en cera alrededor de los mismos, lo cual genera mayor dureza y rigidez. La fig.6 muestra el efecto de la adición de elastómero sobre la estructura del asfalto. Las estructuras de asfaltenos reducen la longitud de sus cadenas y a su vez su tamaño a unos 100–300nm lo que genera mayor dispersión afectando directamente las propiedades macro del material.

Contacto

Alexander Ossa H – eossa@eafit.edu.co
Grupo de Investigación en Materiales de Ingeniería.

PONENCIA NACIONAL

MURCIA, S.C; PANIAGUA, M.A; y OSSA, E. A

Efecto de los parámetros de procesamiento en las características de fundiciones de hierro nodular.

En: 1er Simposio Internacional de Materiales y sus aplicaciones. Medellín, Diciembre 15 de 2010.

Abstract

Las características de las fundiciones de hierro nodular son influenciadas por la microestructura de la matriz y la morfología de los nódulos de grafito, que a su vez están asociados a los parámetros del proceso de fundición. En este trabajo se evaluó el efecto de la temperatura de vaciado, el tiempo transcurrido desde la nodulización e inoculación, junto con el espesor de pared en las características finales del hierro nodular bajo condiciones de proceso reales en una planta de producción de piezas fundidas. El estudio mostró que el mejor lapso de tiempo para realizar el vaciado de una colada está entre los dos y cinco primeros minutos después de terminada la reacción de inoculación. De esta manera se logra obtener un buen conteo de nódulos con una estructura no degenerada de grafito. Además se evidenció el efecto perjudicial de una materia prima contaminada con cromo sobre las características de la matriz.

Contacto

Alexander Ossa H – eossa@eafit.edu.co

Grupo de Investigación en Materiales de Ingeniería.

PONENCIA NACIONAL

OSSA, E. A.

Pruebas de indentación en concretos asfálticos.

En: 4a semana técnica del asfalto. Cartagena, Agosto 9 al 13 de 2010.

Abstract

Una de las formas más comunes de falla de los concretos asfálticos es mediante ahuellamiento causado por deformación plástica. Esta deformación es producida

por cargas estáticas y dinámicas generadas por el paso de vehículos, además de que es dependiente de las temperaturas de la carpeta asfáltica. Los modelos y métodos experimentales comúnmente utilizados para predecir la deformación permanente de estos materiales exigen un número considerable de pruebas de laboratorio en especímenes cilíndricos, que hacen que el costo sea alto en términos de tiempo y utilización de equipos.

Este trabajo expone un estudio experimental y teórico sobre el comportamiento de mezclas asfálticas sometidas a pruebas de indentación esférica, con el objeto de obtener los parámetros fundamentales del material de una manera rápida, sencilla y económica para ser utilizados en la modelación de la deformación de carpetas asfálticas sometidas a condiciones de carga más complejas.

Dos mezclas asfálticas diferentes fueron fabricadas con el fin de evaluar su comportamiento bajo condiciones de indentación esférica mediante velocidad de penetración controlada, carga constante, carga – recuperación y cargas cíclicas. Se proponen modelos analíticos derivados de teorías clásicas de mecánica del contacto en materiales elásticos y que son extendidos para ser utilizados en materiales viscoelásticos no lineales (como el asfalto). Estos modelos resultan ser fácilmente implementables y con resultados satisfactorios al compararse con los resultados experimentales obtenidos de las dos mezclas fabricadas.

En este trabajo se definen los parámetros básicos a tener en cuenta en el diseño y desarrollo de pruebas de indentación asfáltica y la manera de obtener los parámetros viscoelastoplásticos del material que permitan su utilización para la predicción de la deformación permanente en concretos asfálticos.

Contacto

Alexander Ossa H – eossa@eafit.edu.co

Grupo de Investigación en Materiales de Ingeniería.