

Comparación del desprendimiento de material en pavimentos rígidos reforzados con malla electrosoldada o fibras

Comparison of the material shedding in rigid pavements reinforced with electro-welded mesh or fibres

Briceño, Johannes*; **González, Gioconda**; **Briceño, Betania**; **Castellanos, Paola**
Departamento de Vías, Escuela Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes.
Mérida, Venezuela.
ingjebb@gmail.com, johannes@ula.ve

Resumen

La finalidad de este trabajo de investigación es conocer las diferencias en cuanto al desprendimiento de material en pavimentos rígidos, dependiendo del refuerzo que se le coloque, bien sea malla electrosoldada, micro fibras o macro fibras, todo esto por medio de una comparación porcentual de dicho desprendimiento. Se estudiaron un total de once (11) vigas de concreto, teniendo como técnica principal el ensayo de resistencia a la flexión (COVENIN 342-04), para de este modo también determinar el módulo de rotura, el cual es el parámetro que cuantifica dicha resistencia de un elemento de concreto. En este sentido, se procedió al posterior análisis y comparación de resultados, permitiendo así concluir que las micro fibras como refuerzo en pavimentos rígidos resulta la mejor opción para disminuir el desprendimiento de material, seguido de las macro fibras y dejando como última opción la malla electrosoldada, cuyo refuerzo no resulta ser tan eficiente para reducir este tipo de efecto generado por el desgaste (fatiga), variación de volumen, así como la retracción y contracción del concreto. Así mismo se determinó que las macro fibras generan un aumento representativo en la resistencia a la flexión con respecto a la malla electrosoldada, micro fibra y la muestra patrón.

Palabras Claves: Pavimento Rígido, Módulo de Rotura, Resistencia a La Flexión, Refuerzos, Micro fibras y Macro fibras

Abstract

The purpose of this research work is to know the differences in terms of the detachment of material in rigid pavements, depending on the reinforcement that is placed, whether it is electro-welded mesh, micro fibers or macro fibers, all this by means of a percentage comparison of said detachment. A total of eleven (11) concrete beams were studied, the main technique being the flexural strength test (COVENIN 342-04), to also determine the modulus of rupture, which is the parameter that quantifies said resistance of a concrete element. In this sense, we proceeded to the subsequent analysis and comparison of results, thus allowing us to conclude that micro-fibers as reinforcement in rigid pavements is the best option to reduce material shedding, followed by macro-fibers and leaving the electro-welded mesh as the last option, whose Reinforcement is not as efficient in reducing this type of effect generated by wear (fatigue), volume variation, as well as shrinkage and contraction of concrete. Likewise, it was determined that the macro fibers generate a representative increase in flexural strength with respect to the electro-welded mesh, micro fiber and the standard sample.

Keywords: Rigid Pavement, Breaking Module, Flexural Strength, Reinforcements, Microfibers and Macrofibers.

1 Introducción

Los pavimentos rígidos son estructuras compuestas principalmente por una losa de concreto colocada sobre una base o sub-base y ésta sobre la subrasante, en la cual los esfuerzos son absorbidos principalmente por la losa de concreto, transmitiendo los esfuerzos de manera uniforme a las capas inferiores.

Uno de los problemas recurrentes en el pavimento rígido es el ocasionado por el exceso repetitivo de cargas de tránsito (fatiga), que producen la desintegración del pavimento y el fracturamiento de la losa con la aparición de grietas transversales, longitudinales, de esquina y de bloque, al igual que la falla conocida como piel de cocodrilo, lo cual hace necesario un diseño más apropiado, para evitar o minimizar estas condiciones.

No obstante, el concreto es un material que luego de ser vaciado, es decir, cuando se encuentra en estado plástico, atraviesa por un proceso de deshidratación debido a la pérdida por evaporación del exceso de agua de mezclado, causando una disminución de volumen y un posterior agrietamiento generado por esfuerzos que se producen en su interior, a este efecto se le conoce con el nombre de retracción. Este tipo de efecto puede ser controlado mediante el uso de la malla electrosoldada e igualmente se ha comprobado que puede ser minimizado empleando fibras sintéticas ya sean de tamaño micro o macro, o metálicas agregadas a la masa de concreto (Cosson y col., 2002).

Es por ello que la idea básica es reforzar el concreto con malla electrosoldada o con fibra sintética (macro o micro), para disminuir o reducir la aparición de grietas o fisuras en la losa de pavimentos, producidas por retracción.

Una de las fallas con mayor incidencia en pavimentos rígidos es la llamada piel de cocodrilo, este tipo de fisuras se generan en la mayoría de los casos por cargas repetidas mucho mayores que las estimadas para el diseño, no obstante al ocurrir este fenómeno se produce desprendimiento de material, que con el tiempo debido a diversos factores genera la aparición de huecos en la superficie del pavimento.

Dentro de este orden de ideas, el siguiente trabajo de investigación tiene como propósito estudiar, analizar y comparar de manera porcentual el desprendimiento de material obtenido para cada uno de los casos (concreto reforzado con micro fibras, macro fibras, malla electrosoldada y el concreto sin refuerzo) mediante ensayos en el laboratorio, además de conocer la capacidad de resistencia a la flexión para esos casos.

Para lo descrito anteriormente, se realizó una serie de ensayos para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas, con dimensiones de 15x15x53cm con cargas aplicadas en los extremos del tercio central, así como también determinar la resistencia a la compresión con la elaboración de cilindros de diámetro 15 cm y altura de 30 cm para cada uno de los casos de refuerzo antes mencionados, y basado en los resultados de ensayo realizar las comparaciones y análisis para determinar el tipo de refuerzo,

que minimice el desprendimiento de material y por lo tanto alargue la vida útil del pavimento.

2 Marco metodológico

Esta investigación, se desarrolló mediante cuatro (4) Fases:

Fase I: Realización de briquetas

Materiales para el diseño de mezcla:

A los agregados se les realizaron los respectivos ensayos para conocer sus características físicas y mecánicas, ensayos tales como:

- Colorimetría COVENIN 256-77.
- Peso Específico y Absorción de Agregado grueso y fino COVENIN 268-98 y 269-98.
- Contenido de humedad. COVENIN 1375-79.
- Granulometría COVENIN 255-98.

Teniendo estos resultados se procedió a realizar el diseño de mezcla con una resistencia de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$

Elaboración del concreto:

Al conocer las dosificaciones de la mezcla, se procedió a la elaboración de la misma. Se realizaron briquetas (Vigas) con dimensiones 15x15x53 cm, con diferentes características, es decir, briquetas patrón (sin ningún tipo de refuerzo), briquetas reforzadas con malla electrosoldada (2"x2"), briquetas reforzadas con macro fibras y micro fibras.

A cada una de estas mezclas se le determinó el asentamiento según la norma COVENIN 339-2003 "Concreto. Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams", el cual permite medir la trabajabilidad del concreto.

De igual manera se realizó la toma de briquetas cilíndricas, según lo estipula la norma COVENIN 1976:2003, para comprobar su resistencia a la compresión a los 28 días.

Proceso de curado:

Una vez desencofradas las briquetas se realizó el respectivo proceso de curado, en este caso se decidió realizar un curado por inmersión, con el fin de garantizar una correcta hidratación de los materiales cementantes así como también disminuir la aparición de grietas por retracción y contracción del concreto.

Fase II: Ensayos.

Antes de realizar los ensayos correspondientes se tomaron medidas y peso inicial de cada una de las briquetas.

Ensayo a flexión de briquetas (Vigas):

Se llevó cada una de las briquetas a la Máquina Universal para el respectivo ensayo, ver figuras 1 y 2, en la cual también se puede observar la colocación correcta de la briqueta en la máquina, con respecto a la aplicación de la carga y los respectivos apoyos.

Por medio de este ensayo se logró conocer la carga

máxima aplicada que produce la rotura por flexión, carga necesaria para determinar el Módulo de Rotura (MR), que corresponde al valor aparente del esfuerzo de tracción de la viga.

Cabe destacar que las fallas que se originaron en las briquetas ensayadas se produjeron en el tercio central de la misma tal y como se muestra en la figura 3, por lo cual para los respectivos cálculos se aplicó la ecuación (1).

$$MR = \frac{PxL}{bxh^2} \dots \dots \dots Ec. (1)$$

Ensayo a compresión probetas cilíndricas:

El ensayo normalizado esta detalladamente descrito en la Norma COVENIN 338-2002 “Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”. Se realiza con la finalidad de verificar que la resistencia adquirida cumpla con la resistencia de diseño.

Fase III: Cálculo del desprendimiento de material de las briquetas

Mediante la aplicación continua de carga luego de haber ocurrido la falla por flexión, se originó la fractura total en todo el espesor de la biqueta, quedando dividida esta en bloques de diferentes tamaños, en medio de este proceso se fue generando el desprendimiento de material, proveniente tanto de las caras de la falla en contacto como de las zonas con poco refuerzo.

Para los cálculos se tomó el peso de cada uno de los bloques obtenidos. Posteriormente, se calculó de la siguiente manera, el peso en porcentaje de lo que representa cada bloque con respecto al peso de la biqueta:

$$\%peso = \frac{Pesodelbloque}{Pesoinicialdelabiqueta} \times 100 \dots \dots Ec. (2)$$



Figura 1. Biqueta en la Máquina Universal



Figura 2. Colocación adecuada de la biqueta.



Figura 3. Falla de la biqueta en el tercio central.

Para la determinación del porcentaje de desprendimiento del material se consideraron los pequeños fragmentos que originó la rotura, sumado a las partículas con diámetro menor al tamaño máximo nominal del agregado TMN= 1”.

3 Análisis de resultados

Luego de haber aplicado la metodología descrita, se procede a tabular y analizar cada uno de los resultados.

Resultados como el desprendimiento de material y módulo de rotura de las briquetas (vigas), así como también el chequeo de la resistencia diseñada con las probetas cilíndricas. Todo esto con el fin de cumplir con los objetivos propuestos al comienzo de esta investigación.

3.1 Ensayos a flexión

En la tabla 1, se muestran las propiedades de las once (11) vigas utilizadas en esta investigación.

3.1.1 Briquetas patrón (sin refuerzo)

Los resultados de la viga 1, luego de realizados los ensayos, se muestran en la tabla 2.

3.1.2 Briquetas reforzada con malla electrosoldada

Los resultados de la viga 4, luego de realizados los ensayos, se muestran en la tabla 3.

Tabla 1. Propiedad de las briquetas (vigas).

Viga	Peso Inicial (kg)	L (cm)	Sección Transversal		Tipo de refuerzo
			b (cm)	h (cm)	
V1	29.05	48.5	15.2	15.4	-
V2	28.94	47.9	15.0	15.3	-
V3	28.72	47.8	15.0	15.1	-
V4	29.68	48.4	15.2	15.1	MallaElectrosoldada
V5	29.03	48.0	15.2	15.1	MallaElectrosoldada
V6	29.23	47.8	15.2	15.2	MallaElectrosoldada
V7	29.67	48.2	15.0	15.3	Macrofibras
V8	29.48	48.4	15.1	15.3	Macrofibras
V9	29.29	48.0	15.2	15.3	Macrofibras
V10	28.84	48.0	15.0	15.1	Microfibras
V11	28.78	47.9	15.2	15.6	Microfibras

Tabla 2. Porcentaje de desprendimiento y módulo de rotura viga 1 (V1)

Carga Max (kgf)=3550	Peso (kg)	Volumen (cm ³)	% Peso	% Desprendimiento	MR (MPa)
Bloque 1	11.91	5000	41.00	Bloques	47.76
Bloque 2	17.05	7100	58.69	Enteros	
Desprendimiento	0.08	33	0.28	0.31%	
Desprendimiento $\phi < TMN = 1''$	0.01	4.2	0.03		

Tabla 3. Porcentaje de desprendimiento y módulo de rotura viga 4 (V4)

Carga Max (kgf)=3700	Peso (kg)	Volumen (cm ³)	% Peso	% Desprendimiento	MR (MPa)
Bloque 1	15.33	6400	51.65	Bloques	51.67
Bloque 2	14.29	6000	48.15	Enteros	
Desprendimiento	0.04	17	0.13	0.20%	
Desprendimiento $\phi < TMN = 1''$	0.02	8.3	0.07		

3.1.3 Briquetas reforzadas con macro fibras

Los resultados de la viga 7, luego de realizados los ensayos, se muestran en la tabla 4.

3.1.4 Briquetas reforzadas con micro fibras

Los resultados de la viga 11, luego de realizados los ensayos, se muestran en la tabla 5.

Teniendo en cuenta que de los ensayos ejecutados se realizaron tres para cada una de las mezclas requeridas, es decir, concreto sin refuerzo, concreto reforzado con malla electrosoldada, con macro fibras, a excepción de las de concreto reforzado con micro fibras las cuales solo fueron dos ejemplares; se promediaron los datos obtenidos en cada una de estas mezclas, para su posterior análisis comparativo.

Tabla 4. Porcentaje de desprendimiento y módulo de rotura viga 7(V7)

Carga Max (kgf)=4000	Peso (kg)	Volumen (cm ³)	% Peso	% Desprendimiento	MR (MPa)
Bloque 1	11.6	4800	39.10	Bloques	54.91
Bloque 2	18.03	7500	60.77	Enteros	
Desprendimiento	0.03	13	0.10	0.13%	
Desprendimiento $\phi < TMN = 1''$	0.01	4.2	0.03		

Tabla 5. Porcentaje de desprendimiento y módulo de rotura viga 11(V11)

Carga Max (kgf)=3700	Peso (kg)	Volumen (cm ³)	% Peso	% Desprendimiento	MR (MPa)
Bloque 1	13.52	5600	46.98	Bloques	47.91
Bloque 2	15.25	6400	52.99	Enteros	
Desprendimiento $\phi < TMN = 1''$	0.01	4.2	0.03	0.03%	

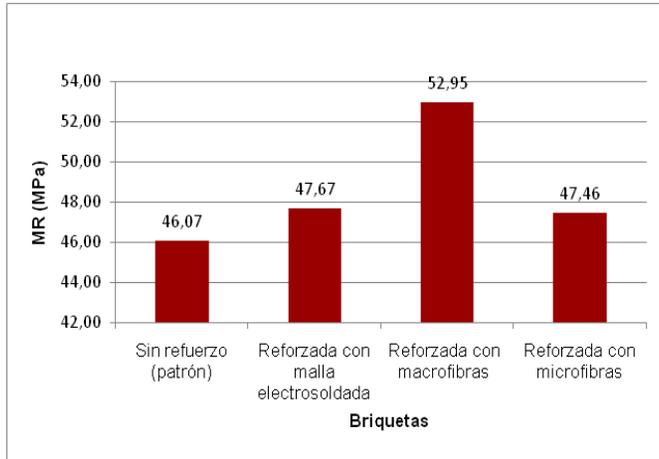


Figura 4. Módulo de rotura (MR).

En la figura 4, se realizó la comparación de los valores de módulo de rotura obtenidos del ensayo a flexión con los diferentes tipos de refuerzo y la mezcla patrón (sin refuerzo), en el cual se puede apreciar que para el concreto reforzado con macro fibras el valor resultó de 52,95 MPa, siendo este el más elevado, mientras que el valor más bajo corresponde a el concreto sin refuerzo con 46,07 MPa, debido a la baja resistencia a flexión que presenta el mismo por sí solo. Por otro lado los valores obtenidos de las briquetas reforzadas con micro fibras y con malla electrosoldada se encuentran muy cercanos entre sí.

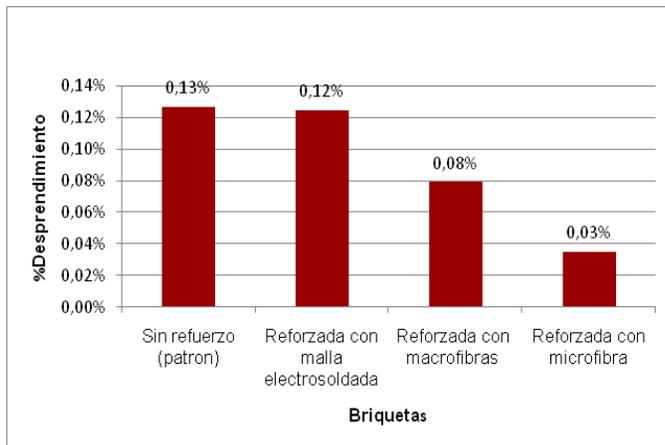


Figura 5. Porcentaje de desprendimiento

En la figura 5, se presentan los resultados promedio de desprendimiento de material obtenidos mediante el ensayo a flexión, aplicando la ecuación (2); los valores de las briquetas con micro fibras reflejan la incidencia de la misma para disminuir dicho factor, debido a que de éstas sólo se desprendió un 0,03% de material, de igual forma se presentan las briquetas reforzadas con macro fibras con un 0,08%, ya que este tipo de material forma una costura entre los fragmentos. Por otra parte se puede observar que el porcentaje

de material desprendido en las briquetas reforzadas con la malla electrosoldada es muy parecida a la patrón; esto se debe a que este tipo de refuerzo no cubre la superficie en su totalidad, es decir, no garantiza el refuerzo en todo el espesor de la losa, sólo en una porción de la misma.

3.2 Correlación entre la resistencia a flexión (MR) y la resistencia a compresión (RC)

Se calculó el módulo de rotura (MR), para cada viga en cuestión, utilizando la siguiente ecuación y obteniendo los siguientes resultados:

$$MR = k (RC)^{0.5} \dots \dots Ec. (3)$$

Tabla 6. Módulo de rotura (MR)

Briqueta (Viga)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
MR (Mpa)	46.38	42.23	47.65	45.30	47.99	48.50	47.76	48.36	47.81	45.79	46.30

En la figura 6 se muestra una comparación de los diferentes valores de módulo de rotura obtenidos por medio de las ecuaciones expuestas, para cada una de las briquetas.

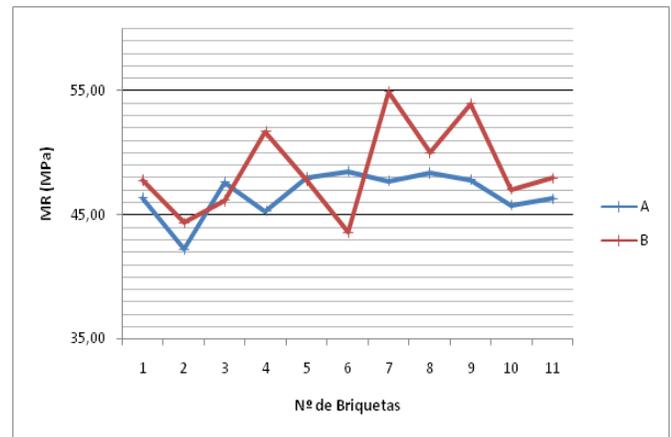


Figura 6. Comparación del módulo de rotura (MR)

En la figura 6 se puede observar la variación que existe en el resultado del cálculo del módulo de rotura para cada una de las briquetas, la línea B indica el módulo de rotura obtenido por la ecuación (1) descrita en la norma venezolana 342-2004, cuando se realizan ensayos a flexión, mientras que la línea A indica los valores de módulo de rotura obtenidos de la ecuación (3) para el caso cuando no se dispone de ensayos a flexión.

4 Conclusiones

Con base a los planteamientos iniciales y de acuerdo al análisis de los resultados obtenidos, se establecen las siguientes conclusiones:

Con la comparación entre los resultados obtenidos del ensayo a flexión de las muestras con los diferentes tipos de refuerzo y sin refuerzo, se logró determinar que la incorporación de macro fibras a la mezcla de concreto incrementa considerablemente la resistencia a la flexión, en comparación con el resto de los refuerzos estudiados (malla electrosoldada y micro fibra), así como de la mezcla patrón, a pesar de que las mismas no produzcan un gran aporte en el aumento de la resistencia a compresión.

Así mismo, a partir de la figura 5, se logró conocer el objetivo principal de estudio, y es que realizando las respectivas comparaciones se determinó que el aporte de la micro fibra a la mezcla, es el más favorable en comparación con los demás, pues se observa un porcentaje de desprendimiento de material de 0,03% muy pequeño en comparación con la briqueta patrón que presentó un 0,13% de desprendimiento. De este modo se explica que la adición de micro fibras a la mezcla de concreto logra mantener unidas las grietas y por lo tanto disminuye notablemente el desprendimiento de material en los pavimentos rígidos.

Por otro lado, la malla electrosoldada como refuerzo en pavimentos rígidos no aporta grandes beneficios al compararla con la briqueta patrón, sus porcentajes de desprendimiento resultaron muy similares, esto se le atribuye a que el efecto de atado que ofrece la malla electrosoldada no cubre la totalidad de la superficie, sólo cerca de la superficie de la briqueta, dejando espacios vacíos sin reforzar.

Las fibras han demostrado que pueden reemplazar la malla electrosoldada empleada en pavimentos y pisos de concreto, para asumir los esfuerzos de retracción y temperatura. Las macro fibras y micro fibras reemplazan este refuerzo secundario, con un desempeño más eficiente que la misma malla electrosoldada, debido a que es un refuerzo tridimensional que permite proteger el elemento en todas las direcciones.

Al momento de realizar los ensayos a flexión se observó notablemente la ductilidad que le aportan las fibras al concreto, ya que su fractura y posterior desprendimiento se fue desarrollando de manera progresiva, mientras que las briquetas sin refuerzo y con refuerzo de malla electrosoldada producían una fractura más brusca.

La combinación de las micro fibras y la macro fibras a la mezcla de concreto, tanto para losas de pavimentos rígidos como para pisos, resulta beneficioso para evitar las fisuras en estado fresco y para limitarlas en estado plástico. Del mismo modo, las macro fibras ayudan notablemente a prevenir la fisuración en estado endurecido.

La colocación de la malla electrosoldada como refuerzo en pavimentos rígidos, resulta más compleja en cuanto a método constructivo se refiere, por sus grandes dimensiones y

peso, la trabajabilidad resulta mucho mayor en comparación con las fibras.

Por otra parte, el uso de las fibras (macro fibras y micro fibras) como refuerzo secundario en el concreto, conlleva a la disminución de gastos, debido a la facilidad de transportar que esta posee y a su bajo precio en comparación a las costosas y pesadas mallas electrosoldadas.

5 Recomendaciones

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño debe considerar la resistencia del concreto trabajando a flexión, es decir, el módulo de rotura, y a su vez determinar el tipo de refuerzo más adecuado a emplear, el cual por medio de los estudios antes realizados se recomiendan las macro fibras.

Se propone a próximos investigadores realizar mayor número de briquetas para ensayos estáticos y de fatiga del concreto, esto garantizaría resultados más confiables y una mejor aproximación a la realidad. Es por ello que se propone; se elaboren cinco (5) briquetas para cada tipo de refuerzo.

Al comprobar que las fibras sintéticas reducen sustancialmente los agrietamientos, se recomienda agregarlas al concreto aunque ya esté reforzado con malla electrosoldada, para en conjunto soportar los esfuerzos producidos por las cargas vehiculares, lo que es un buen comienzo para evitar las molestas grietas que tarde o temprano terminarán originando los problemas de corrosión al acero por la infiltración de agua, al igual que los huecos que hacen inseguro el uso del pavimento.

A pesar de los resultados obtenidos se sugiere la utilización de diversas metodologías al momento de abordar esta investigación, metodologías que puedan arrojar resultados un poco más específicos, como la construcción de pistas de prueba con losas de pavimentos rígidos con diferentes tipos de refuerzo para evaluar el desprendimiento a largo plazo, al ser sometidas a tránsito controlado.

Se recomienda utilizar equipos de laboratorio especializados en carga y descarga de losetas de pavimento rígido, para garantizar mayor exactitud en la simulación de las cargas vehiculares, al igual que el alabeo que el pavimento presenta por los cambios bruscos de temperatura.

Referencias

- Altamirano L, 2007, Deterioro de pavimentos rígidos. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Arias FG, 2012, El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. Caracas, Venezuela: 6ta Edición. Editorial Episteme.
- Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C, 2012, Pavimentos Rígidos y Flexibles, Ventajas y Desventajas. Ciudad de México, México.
- Boada, M, & Reyes, A, 2013, Comportamiento a la fatiga de

- una mezcla de concreto MR - 3.5MPa para pavimento con adición de fibras plásticas. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 34 (1), 13-20.
- Callejo C, Garces A, 2011, Incidencia de la fibra metálica DRAMIX-65/35-BN en pavimentos rígidos de temprana edad. Caracas, Venezuela: Universidad de Nueva Esparta.
- Carrera B, Carrera L, Rodriguez N, 2002, El informe de investigación. Educación Media, Diversificada y Profesional. Caracas, Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Carrera L, Vázquez M, 2007, Técnicas en el trabajo de investigación. Caracas, Venezuela: Panapo de Venezuela.
- Corredor G, 2004, Apuntes de pavimentos (Vol. 1). Caracas, Venezuela.
- Cosson A, Rassi J, 2002, Comparación experimental de losas sometidas a flexión pura reforzada con diferentes tipos de fibra.
- COVENIN 1022:1997. Malla de alambres de acero electrosoldados para refuerzo estructural.
- COVENIN 1375-79. Método de ensayo para determinar por secado, el contenido de humedad total y superficial en el agregado.
- COVENIN 1976:2003. Concreto. Evaluación y métodos de ensayo.
- COVENIN 2000:1987. Sector construcción. Especificaciones. Codificación y mediciones. Parte 1: carreteras.
- COVENIN 255-98. Agregados. Determinación de la composición granulométrica.
- COVENIN 256-77. Método de ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto (ensayo colorimétrico).
- COVENIN 268-98. Agregado fino. Determinación de la densidad y la absorción.
- COVENIN 269-98. Agregado grueso. Determinación de la densidad y la absorción.
- COVENIN 338-2002. Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto.
- COVENIN 339-2003. Concreto. Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams.
- COVENIN 342-04. Concreto. Determinación resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas. Cargas en los extremos del tercio central.
- C-TRES. (s.f.). c-tres, Recuperado Octubre de 2017, de Blog/Usos de la fibra de acero: <http://www.ctres.mx/blog/ usos-de-la-fibra-de-acero-slash-metalica>
- Facultad de Ciencias y Tecnología. Manual completo diseño de pavimentos. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón (UMSS).
- Fester. (Julio de 2017). Fester Mexico. Recuperado Octubre de 2017, de <http://www.fester.com.mx/content/dam/uac/fester/master/fichas/2018/50.Fester%20Fibrafest.pdf>
- FONDONORMA 1753-2006. Proyecto y construcción de obras en concreto estructural.
- Garber N, Hoel L, 2005, Ingeniería de tránsito y carreteras (tercera ed.). México: Ediciones Paraninfo.
- Geymar G, 1979, Concreto, Valencia, Venezuela: EGN Comunicaciones S.R.L.
- Instituto boliviano del cemento y el hormigón. (s.f.). IBCH. Recuperado Agosto de 2017, de Lineamientos Generales para el Diseño Geométrico de Juntas: https://www.ibch.com/index.php?option=com_content&view=article&id=23&Itemid=18
- Instituto del cemento portland argentino, 2009, ICPA. Recuperado Septiembre de 2017, de Diseño y construcción de pavimentos de hormigón: <http://www.icpa.org.ar/index.php?IDM=40&mpal=3&alias=>
- Instituto español del cemento y sus aplicaciones, 2013, IECA. Recuperado Agosto de 2017, de Diseño y ejecución de juntas en pavimentos y soleras de hormigón: <https://www.ieca.es/categoria-producto/guias-tecnicas/Meléndez C, 2007, Utilización de fibras sintéticas para mejoramiento de las características del concreto. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes.>
- Ministerio de obras públicas y comunicaciones, 1990, Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación (catálogo de fallas)". Santo Domingo, República Dominicana.
- Miranda R, 2010, Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Montalvo M, 2015, Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales. Lima Peru.
- Montejo A, 2002, Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogotá, Colombia: Ediciones y Publicaciones.
- Morantes S, 2007, Estudio para controlar la formación de grietas por contracción plástica en pavimentos rígidos. Mérida, Venezuela.
- Padua J, 1996, Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales. México: Fondo de cultura económica.
- PEMEX, 2004, Pavimentos de Concreto. Ciudad de México, México: Subdirección de ingeniería, gerencia de normatividad técnica.
- Porrero J, Ramos, C, Grases, J, & Velazco, G, 2014, Manual del concreto estructural (primera ed.). Caracas.
- Ramírez T, 2004, Como hacer un proyecto de investigación (segunda ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Panapo de Venezuela C.A.
- SIKA Colombia S.A., 2014, SIKA Colombia. Recuperado Septiembre de 2017, de Concreto. Concreto reforzado con fibras: <https://col.sika.com/es/productos/doc2new/document0.html?page=2>
- UNAM (Universidad Autónoma de México). Diseño y conservación de pavimentos rígidos. Ciudad de México, México.

Recibido: 31 de enero de 2019

Aceptado: 02 de julio de 2019.

Johannes Briceño B.: MSc. en Ingeniería Vial, Ingeniero Civil, Profesor Asistente, Departamento de Vías, Facultad de Ingeniería, Escuela Civil, Universidad de los Andes. Mérida Venezuela.

González de Celis, Gioconda: Ph.D. Gerencia Avanzada, Ingeniero Civil, Profesora Titular, Departamento de Vías, Facultad de Ingeniería, Escuela Civil, Universidad de los Andes. Mérida Venezuela. Correo electrónico: giocondagonzalez9@gmail.com

Briceño Betania: Ingeniero Civil. Universidad de los Andes. Mérida Venezuela. Correo electrónico: betabri20@gmail.com

Castellanos Paola: Ingeniero Civil. Universidad de los Andes. Mérida Venezuela. Correo electrónico: pao.ccm92@gmail.com