



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA
18 al 21 de septiembre de 2018**



UNIDADES DE MAMPOSTERÍA EMPLEANDO FIBRAS MICROSINTÉTICAS Y MACROSINTÉTICAS, Y SU VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (F'M)

**Liliana Carolina Hernández García, Claudia Lorena Montealegre García, Eliana
Andrea Carvajal Rico**

**Universidad Piloto de Colombia
Girardot, Colombia**

Resumen

Dentro del macro proyecto del Semillero SEUS –Semillero Experimental Unipiloto Sam- de la Universidad Piloto de Colombia ‘Prefabricados de nueva generación para obras de infraestructura vial’ que busca la aplicación de residuos de la manufacturación de arena y grava, en la explotación de agregados, nace el proyecto específico de investigación que diseña unidades de mampostería empleando fibras sintéticas para luego medir su incidencia en la resistencia a la compresión. Los residuos de cantera por su alto contenido de finos, y elevada absorción, están en desventaja con los agregados seleccionados y especificados por las normas técnicas nacionales e internacionales, en cuanto a resistencia, durabilidad y desempeño. Esta propuesta, busca compensar esa debilidad con la utilización de fibras sintéticas en la elaboración de unidades de mampostería prefabricadas, logrando al final de la investigación un incremento en la resistencia del 12% y una reducción en su peso del 16%.

Abstract

Within the macro project of SEUS Seedbed - Unipiloto Sam Experimental Stationery - of the Pilot University of Colombia 'Prefabricated of new generation for road infrastructure works' that seeks the application of waste from the manufacture of sand and gravel, in the exploitation of aggregates, The specific research project that designs masonry units using synthetic fibers is born to later measure its incidence in the compression resistance. Quarry waste due to its high content of fines, and high absorption, are at a disadvantage with the aggregates selected and specified by national and

UNIDADES DE MAMPOSTERÍA EMPLEANDO FIBRAS MICROSINTÉTICAS Y MACROSINTÉTICAS, Y SU VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (F'M)

international technical standards, in terms of strength, durability and performance. This proposal seeks to compensate for this weakness with the use of synthetic fibers in the manufacture of prefabricated masonry units, achieving at the end of the investigation an increase in resistance of 12% and a reduction in its weight of 16%.

INTRODUCCIÓN

El efecto de la incorporación de las fibras sintéticas de polipropileno en el concreto hidráulico modifica la consistencia, la fluidez, la masa unitaria y el contenido de aire atrapado. En gran medida reducen el agrietamiento por contracción plástica, mejorando las condiciones mecánicas de la mezcla incrementando la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad, la relación de Poisson y la deformación unitaria a la falla por compresión. (Mendoza, Aire, & Dávila, 2011) No obstante, el concreto convencional contiene propiedades distintas a las de un concreto vibro compactado, como es el caso de los prefabricados en concreto. La fluidez se reduce a cero, y la porosidad aumenta permitiendo hasta un 12% de absorción, según las normas Técnicas Colombianas. (ICONTEC, 1997) Lograr que un residuo de cantera, que no cumple con las condiciones de granulometría, absorción y módulo de finura, hace de esta tarea todo un proyecto de investigación, que sumado a los publicaciones obtenidos en otras investigaciones, resulta viable y posible de alcanzar gracias a las propiedades de las fibras sintéticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Geometría de la unidad de mampostería

Para dar cumplimiento a la NTC 4026, se diseñó una formaleta metálica con la geometría sugerida, sin embargo, el ancho del tabique fue relativamente superior para mayor facilidad en desencofrado. Se diseñaron dos formaletas, la primera con las dimensiones de un bloque macizo de 23 cm de largo, 12 cm de ancho y 7 cm de altura. La segunda, con las dimensiones de un bloque de perforación vertical, 23 cm de altura.



Figura 1. Formaletas para las unidades de mampostería, bloque de Perforación vertical y Bloque macizo.
Fuente: (Montealegre & Carvajal R. , 2018)

Partiendo de la premisa que, el concreto es una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta de esta investigación está compuesta por cemento portland de uso general y agua, que

UNIDADES DE MAMPOSTERÍA EMPLEANDO FIBRAS MICROSINTÉTICAS Y MACROSINTÉTICAS, Y SU VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (F'M)

un los agregados, normalmente arena y grava. (ACI, 2000) Para este caso, el diseño de mezclas se ajustó a las condiciones iniciales de los agregados, con una proporción de 50% residuo de arena y 50% residuo de grava, se ajustó la curva granulométrica de los agregados.

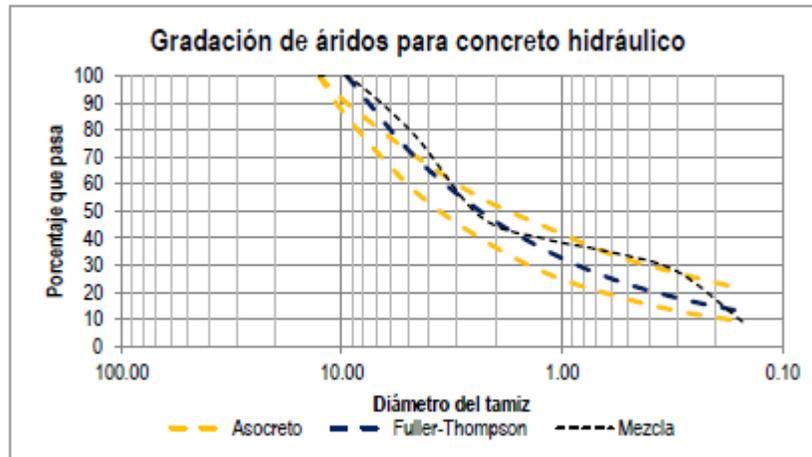


Figura 2. Dosificación de agregados por el método gráfico
Fuente: Base de datos Semillero Seus, junio 2017

La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y del agregado y de la unión de los dos. De acuerdo con estudios previos, las fibras sintéticas aportan significativamente en la unión de la pasta y los agregados. Las macrofibras sintéticas están creadas para la construcción de losas sobre el piso como pavimentos, estacionamientos, caminos, pisos domésticos. En concreto lanzado y construcción in situ, revestimiento de túneles; muros y estructuras para contención de aguas, elementos prefabricados, tanques de almacenamiento, tuberías y paneles para viviendas. Los estudios en las macrofibras inciden en que su adherencia oscilan entre 3 y 0,6 MPa, disminuyen el nivel de fisuración inicial, así como los eventos de carga-descarga incrementan las dilataciones, sin afectar la estabilidad. (Giaccio, y otros, 2013)

Las microfibras sintéticas son materiales poliméricos que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado. Estas se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticos, se ablandan con el calor, mientras que las entrecruzadas son termoendurecibles, se endurecen con el calor. (García Aymar, 2007)

Para el desarrollo de la investigación, se aplicaron los siguientes ensayos de laboratorio:

Instrumento	Ensayo	Procedimiento
Juego de tamices y balanza 0.1 gr.	Granulometría por tamizado	NTC 77 ASTM C136-01
Equipo completo de pesos unitarios y específicos	Peso específico y absorción de agregados	NTC 237 ASTM C128-93

UNIDADES DE MAMPOSTERÍA EMPLEANDO FIBRAS MICROSINTÉTICAS Y MACROSINTÉTICAS, Y SU VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (F'M)

Instrumento	Ensayo	Procedimiento
Mesa de flujo y moldes para cubos	Fluidez de morteros de cemento hidráulico	ASTM C-230
Equipo de concretos: mezcladora, balanzas, cuchara, varilla punto roma.	Toma de muestras de concreto	NTC 454 ASTM C172-10
Formaleta para unidades de mampostería	Elaboración de muestras de concreto	NSR-10 Prototipo diseñado por los autores
Equipo de compresión	Compresión de unidades de mampostería de concreto	NTC 673 ASTM C39:2005

*Tabla 1. Instrumentos empleados durante el proyecto de investigación
Fuente: (Montealegre & Carvajal R. , 2018)*

RESULTADOS

Después de la evaluación de varios diseños de mezclas, se diseñaron cuatro muestras de unidades de mampostería estructural. La muestra 01 corresponde a unidades de mampostería de geometría maciza (tolete), sin fibras sintéticas. La muestra 02 pertenece a la misma unidad, pero con fibras micro sintéticas. La muestra 03, atañe a la unidad de mampostería estructural de perforación vertical (PV) y la muestra 04, es este mismo con fibras macro sintéticas.

De las pruebas a compresión se dedujo que, las fibras incrementan la resistencia de los bloques prefabricados con residuos de cantera, tal como se registra en la siguiente tabla:

Mezcla	Descripción	Área de la sección	Edad de rotura	Carga (kN)	Esfuerzo (Mpa)	% NTC 4026
Prueba 1	1 Tolete sin fibras	20000 mm ²	28	232,5	11,63	116%
	2 Tolete sin fibras	20000 mm ²	28	225,9	11,3	113%
	3 Tolete sin fibras	20000 mm ²	28	219,2	10,96	110%
Prueba 2	4 Tolete con fibras micro sintéticas	20000 mm ²	28	258,3	12,92	129%
	5 Tolete con fibras micro sintéticas	20000 mm ²	28	252,3	12,62	126%
	6 Tolete con fibras micro sintéticas	20000 mm ²	28	246,2	12,31	123%

UNIDADES DE MAMPOSTERÍA EMPLEANDO FIBRAS MICROSINTÉTICAS Y MACROSINTÉTICAS, Y SU VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (F'M)

Prueba 3	7	PV sin fibras	30525 mm ²	28	200	6,55	94%
	8	PV sin fibras	30525 mm ²	28	212,9	6,97	100%
	9	PV sin fibras	30525 mm ²	28	225,8	7,4	106%
Prueba 4	10	PV con fibras macro sintéticas	30525 mm ²	28	244,68	8,02	115%
	11	PV con fibras macro sintéticas	30525 mm ²	28	252,25	8,26	118%
	12	PV con fibras macro sintéticas	30525 mm ²	28	237,1	8	111%

Tabla 2. Resultados de las pruebas a compresión de unidades de mampostería elaboradas con residuos de cantera.
Fuente: (Montealegre & Carvajal R. , 2018)

Conforme a la NTC 4026, donde se especifica la resistencia mínima para las unidades de mampostería en concreto hidráulico de 8 MPa, por lo que, calculando el porcentaje de la resistencia teórica alcanzada, se evidencia que las fibras sintéticas incrementan la resistencia en un 13%, para las micro sintéticas y en un 15% para las macro sintéticas.

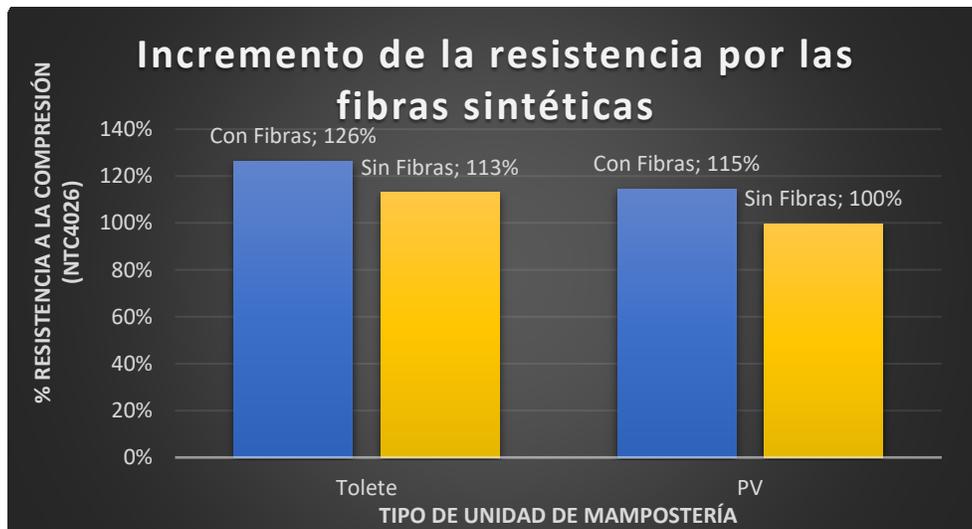


Figura 3. Incremento de la resistencia a la compresión por las fibras sintéticas
Fuente: propia, 2018

De la misma manera, se calculó la densidad de cada una de las muestras, para estimar el peso teórico que tendría un muro de mampostería de un metro cuadrado. De este, se obtuvo que las fibras sintéticas reducen el 6% del peso de las unidades de mampostería tradicionales.

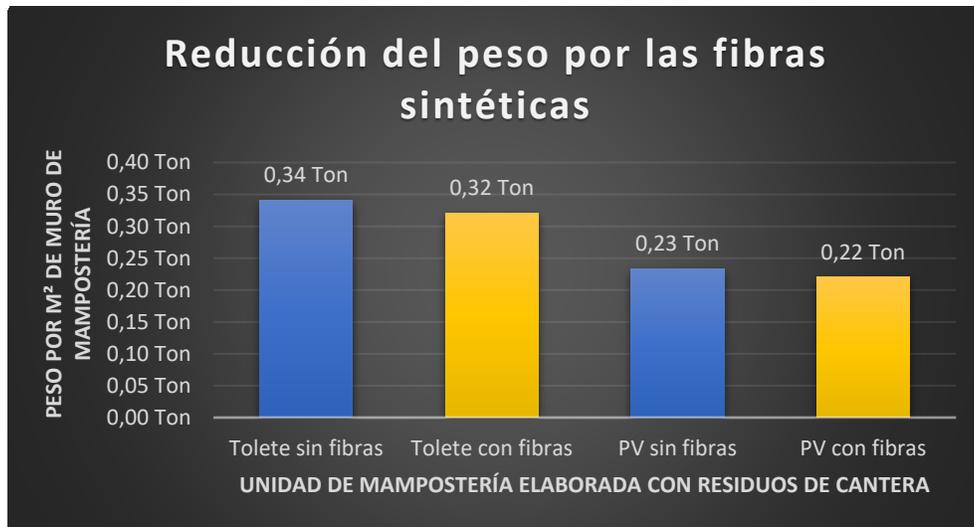


Figura 4. Reducción del peso de los muros de mampostería por las fibras sintéticas
Fuente: propia, 2018

Comparando las resistencias a la compresión de las unidades de mampostería con la cantidad de cemento por metro cúbico de mezcla, se deduce que, aunque la adición de las fibras reduce un poco la fluidez, por lo que es necesario agregar mayor cantidad de cemento para mantener la relación agua cemento y facilitar el proceso de desencofrado en estado húmedo de la mezcla, estas aumentan la resistencia a la compresión. Ya que amarran las partículas, evitando el colapso total de la unidad en el momento de la rotura.

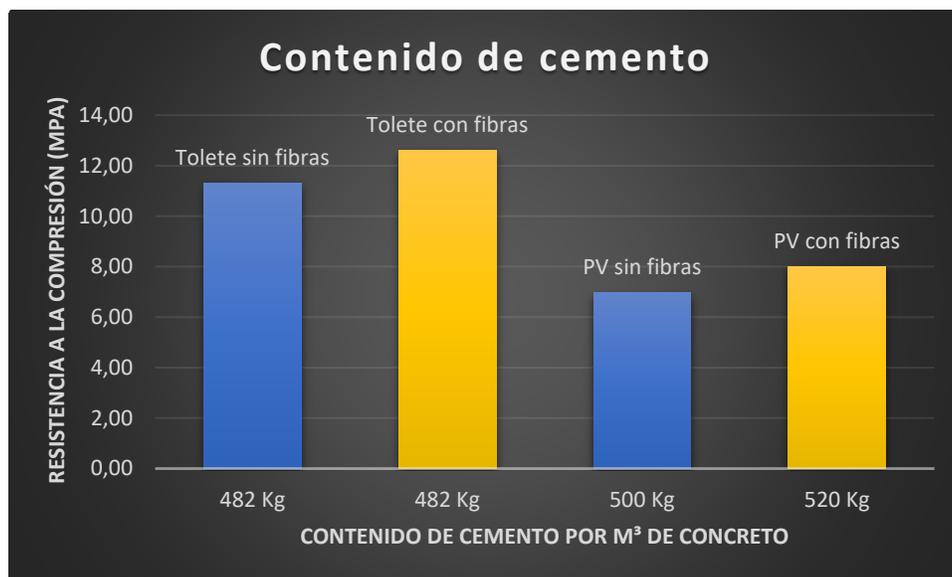


Figura 5. Relación entre la cantidad de cemento por metro cúbico de concreto y la resistencia a la compresión
Fuente: (Montealegre & Carvajal R. , 2018)

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La adición de fibras micro sintéticas incrementa la resistencia de las unidades macizas en concreto hidráulico elaborado con residuos de cantera en un 13% de la resistencia especificada por las NTC 4026. Este tipo de fibras no se recomiendan utilizar en las unidades de mampostería estructural de perforación vertical, ya que por su tamaño requiere mayor tiempo de mezclado, forma grumos en la mezcla y con los residuos de cantera por su elevado contenido de finos, provoca la formación de terrones impidiendo el desencofrado instantáneo de la mezcla.

Las fibras macro sintéticas son óptimas en la elaboración de bloques de perforación vertical, ya que amarran las partículas, impidiendo el colapso y desmoronamiento del bloque en el momento de aplicar la carga a compresión. Esto a su vez, permite que la resistencia se incremente en un 15%, respecto a la resistencia especificada por la NTC 4026.

De igual manera, los dos tipos de fibras reducen el peso de las unidades de mampostería en un 6%, sin afectar el acabado, textura y resistencia de las muestras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI. (2000). Cement and Concrete Technology. En A. C. Institute (Ed.), *ACI Committee 116* (pág. 73). Michigan: Farmington Hills.
- García Aymar, P. (2007). *Verificación de la dosificación de fibras sintéticas para neutralizar las fisuras causadas por contracción plástica en el concreto*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima, Perú.
- Giaccio, G. M., Bossio, M. E., Monetti, D. H., Morea, F., Torrijos, M. C., & Zerbino, R. L. (2013). Macrofibras sintéticas para el refuerzo de hormigón. *Segundas Jornadas de Investigación y Transferencia*, 330-335.
- ICONTEC. (1997). *Unidades de concreto para mampostería estructural*. Normas Técnicas Colombianas, Instituto de Normas Técnicas y Certificación, Bogotá, Colombia.
- Mendoza, C. J., Aire, C., & Dávila, P. (2011). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido. *Concreto y Cemento, Investigación y Desarrollo*, II(2), 35-47.
- Montealegre, C. L., & Carvajal R., E. A. (2018). *Unidades de Mampostería Estructural con Fibras Micro Sintéticas y Macro Sintéticas y su variación de la Resistencia a la Compresión*. Tesis para optar el título de Ingeniero civil, Universidad Piloto de Colombia, Girardot, Colombia.

Sobre los autores

- **Liliana Carolina Hernández García**, liliana-hernandez@unipiloto.edu.co. Ingeniera Civil Especialista en Diseño y construcción de Vías y Aeropistas. Docente TC Universidad Piloto de Colombia, Seccional del Alto Magdalena

UNIDADES DE MAMPOSTERÍA EMPLEANDO FIBRAS MICROSINTÉTICAS Y MACROSINTÉTICAS, Y SU VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (F'M)

- **Claudia Lorena Montealegre García**, claudia-montealegre@upc.edu.co. Estudiante de X Semestre de Ingeniería civil, Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena
- **Eliana Andrea Carvajal Rico**, eliana-carvajal@upc.edu.co. Estudiante de X Semestre de Ingeniería civil, Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)