

Influencia de Adición de Fibras de Polipropileno al Concreto

Linares-Durand Jhosmer, Linares-Fonseca Diego, Melgarejo-Madueño Luis, Campos-Vásquez Neicer, Maestro en Ciencias Económicas y Manturano-Chipana Rubén, Maestro en Ingeniería
Universidad Privada del Norte, Perú, N000265403@upn.pe, N00264104@upn.pe, N00027991@upn.pe,
neicer.campos@upn.edu.pe, ruben.manturano@upn.edu.pe

Resumen– Se estudia el efecto que tiene la influencia de fibras de Polipropileno en las propiedades del concreto, explicando primero las deficiencias que tiene el concreto sin fibras, y luego viendo la definición y propiedades de las fibras de Polipropileno. Se determinaron también las cantidades necesarias de las fibras de Polipropileno y del concreto para tener una adecuada mezcla, su resistencia a la compresión, la resistencia a tensión, la tenacidad, la resistencia al impacto, la resistencia a la flexión, su permeabilidad y su contracción por el secado. La presencia de las fibras en el concreto fresco altera la consistencia de la mezcla y disminuye el agrietamiento, y en el caso de estado endurecido, aumenta la tenacidad y la resistencia al impacto y disminuye la contracción por secado y el agrietamiento; el resto de las propiedades permanecen sin cambios relevantes.

Palabras Clave-- microfibras, Polipropileno, resistencia, compresión.

Abstract- The effect of the influence of polypropylene fibers on the properties of concrete is studied, first explaining the deficiencies of concrete without fibers, and then looking at the definition and properties of polypropylene fibers. The necessary quantities of polypropylene fibers and concrete were also determined to have an adequate mixture, their compressive strength, tensile strength, toughness, impact resistance, flexural strength, permeability and contraction for drying.

The presence of fibers in fresh concrete alters the consistency of the mix and decreases cracking, and in the case of the hardened state, it increases toughness and impact resistance and decreases drying shrinkage and cracking; the rest of the properties remain without relevant changes.

Keywords: microfibers, polypropylene, resistance, compression.

Digital Object Identifier: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.211>
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390
DO NOT REMOVE

Influencia de Adición de Fibras de Polipropileno al Concreto

Linares-Durand Jhosmer, Linares-Fonseca Diego, Melgarejo-Madueño Luis, Campos-Vásquez Neicer, Maestro en Ciencias Económicas y Manturano-Chipana Rubén, Maestro en Ingeniería
Universidad Privada del Norte, Perú, N000265403@upn.pe, N00264104@upn.pe, N00027991@upn.pe,
neicer.campos@upn.edu.pe, ruben.manturano@upn.edu.pe

Resumen- Se estudia el efecto que tiene la influencia de fibras de Polipropileno en las propiedades del concreto, explicando primero las deficiencias que tiene el concreto sin fibras, y luego viendo la definición y propiedades de las fibras de Polipropileno. Se determinaron también las cantidades necesarias de las fibras de Polipropileno y del concreto para tener una adecuada mezcla, su resistencia a la compresión, la resistencia a tensión, la tenacidad, la resistencia al impacto, la resistencia a la flexión, su permeabilidad y su contracción por el secado. La presencia de las fibras en el concreto fresco altera la consistencia de la mezcla y disminuye el agrietamiento, y en el caso de estado endurecido, aumenta la tenacidad y la resistencia al impacto y disminuye la contracción por secado y el agrietamiento; el resto de las propiedades permanecen sin cambios relevantes.

Palabras Clave-- microfibras, Polipropileno, resistencia, compresión.

Abstract- The effect of the influence of polypropylene fibers on the properties of concrete is studied, first explaining the deficiencies of concrete without fibers, and then looking at the definition and properties of polypropylene fibers. The necessary quantities of polypropylene fibers and concrete were also determined to have an adequate mixture, their compressive strength, tensile strength, toughness, impact resistance, flexural strength, permeability and contraction for drying.

The presence of fibers in fresh concrete alters the consistency of the mix and decreases cracking, and in the case of the hardened state, it increases toughness and impact resistance and decreases drying shrinkage and cracking; the rest of the properties remain without relevant changes.

Keywords: microfibers, polypropylene, resistance, compression.

I. INTRODUCCIÓN

El concreto viene siendo ya uno de los materiales más importantes en el mundo de la construcción, debido a su resistencia, compresión y su precio. Pero es cierto también que su aguante a los impactos, la tracción y cambios de humedad presentan índices muy bajos. Esto se debe a que en la mezcla ocurre un desprendimiento de ardor en las fases iniciales del endurecimiento del componente, produciendo una reacción exotérmica y generando que se disipe el agua mediante la evaporación [1].

Las deficiencias más comunes que tenemos: eflorescencia, agrietamiento del concreto, plasticidad y fraguado prematuro, resultado originado por el conjunto de tensiones internas. Según Jiménez Montoya, las grietas y fisuras en obras de concreto nos mencionan que el proceso de contracción hidráulica se puede generar al no soportar la fuerza de tracción en el momento inicial de la instalación, las fisuras y grietas así lo demuestran. Según su uso y función se reduce la utilidad y estética del componente [2].

En los últimos años las empresas del sector de construcción han alcanzado un mayor auge, surgiendo la

necesidad de la creación de estructuras más resistentes, más durables y que proporcionen mayor seguridad tanto a los encargados de realizar las obras y a los mismos ocupantes [1].

Es ahí donde podemos encontrar la utilidad de la fibra para el concreto, al momento de endurecerse y aumentar el rendimiento del elemento. Dentro de la variedad de tipos de fibras, podemos encontrar a las macro y microfibras.

Las macrofibras están diseñadas para evitar el agrietamiento en el estado endurecido, reducir el ancho de la grieta (si se produce una rotura) y permitir que la estructura agrietada funcione correctamente.

La dosis más común es del 0,2% al 0,8% del volumen de hormigón.; las macrofibras más utilizadas son las fibras sintéticas y las fibras metálicas. Varía de 0,05 mm a 2,00 mm. La relación longitud-diámetro (L / d) de fibras grandes varía de 20 a 100 [3].

En cambio, las microfibras están diseñadas para evitar que el concreto se agriete en estado fresco o en 24 horas. Mindess S. nos hace referencia que la adición en concreto es de 0,03% a 0,15%. La más común es la fibra de Polipropileno, cuyo peso oscila entre 0,3 y 1,2 kg / m³ de concreto. Estas dosis son extremadamente bajas, pero muy efectivas, evitando que el concreto se agriete debido a la contracción plástica [3].

Las microfibras de Polipropileno pueden producir una mayor resistencia a los cambios térmicos, distribuir uniformemente sus propiedades del concreto, impermeabilizar los componentes y prolongar la vida útil.

El Polipropileno es un termoplástico que se puede obtener polimerizando propileno, un subproducto gaseoso del refinado del petróleo. Todo esto se lleva a cabo en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión. El Polipropileno se puede dividir en tres tipos (homopolímero, copolímero aleatorio y copolímero de alto impacto), que pueden modificarse y adaptarse a determinadas aplicaciones.

Además de actuar como barrera contra la humedad, sus características también se centran en la versatilidad y el procesamiento táctil. Tiene resistencia química y transparencia, y se puede utilizar en industrias textil, farmacéutica y en la construcción.

El Polipropileno se obtuvo en 1954 y, a medida que continuaba el trabajo científico en Europa, empezaron con la producción. Su comercialización tuvo lugar en 1957 y se centró en el sector doméstico.

Por su parte, cuando se utilizaron por primera vez las fibras de Polipropileno, no tuvieron tanto éxito como las fibras de acero, pero con el continuo desarrollo de la investigación, los métodos y las aplicaciones, se ha ampliado su uso en matrices de concreto.

La fibra de Polipropileno es una fibra superfina entre las fibras sintéticas, se desarrolló en torno a la investigación petroquímica y textil, creo que se puede procesar en cemento y matriz de concreto, la característica de la fibra de Polipropileno es que tiene resistencia a los solventes comunes. Tiene un buen rango entre impacto y rigidez, evita la humedad y actúa como barrera al vapor de agua; la aplicación de este tipo de fibra se utiliza en túneles, carreteras, hormigones y morteros especiales.

Dadas estas características, se han obtenido mezclas óptimas con el concreto, mejorando así sus propiedades y su resistencia a la tensión, logrando de esta forma un concreto con excelente maleabilidad, durabilidad y resistencia [4].

La fibra de Polipropileno aparece en forma de multifilamento monofilamento y se ha utilizado ampliamente hasta ahora. Según Paula Dávila, luego de varios estudios sobre la primera empresa norteamericana que produjo Polipropileno y microfibras de Polipropileno comercial, se determinó que la cantidad apropiada de concreto era equivalente a 454 g / yd³. Más tarde se determinó que 450 g / m³ eran suficientes para aliviar la rotura plástica. En América Latina, la dosis se ha estandarizado a 600 g / m³, ya que la proporción de 450 g / m³ es adecuada para la industria del hormigón, sin embargo, al implementar este método, también se utiliza una fórmula diferente para mejorar el concreto con una dosis menor [1].

Tabla 01: Propiedades de la fibra de Polipropileno

Propiedades de la fibra del Polipropileno	
Fibra	Monofilamento de copolímero virgen
Color	Gris
Longitud, mm	38
Resistencia a tensión, Kg/cm ²	6328-7031
Módulo elástico, Kg/cm ²	43000
Peso específico	0.93
Punto de ignición, C	177

Fuente: [1]

La controversia del uso de fibras de Polipropileno en conjunto o adición con el concreto debido al mal uso de estos, sin considerar sus propiedades generando un alto grado de incertidumbre al momento de realizar el concreto ya que, al desconocimiento de las propiedades de sus componentes y cantidades, no garantizaran cómo influirá la fibra en el concreto.

La pregunta planteada en la investigación y la cual llegamos a responder en los resultados fue ¿Qué efectos provoca la incorporación de las fibras de Polipropileno en el concreto?

La investigación tiene como interés principal permitir evaluar y conocer los efectos e influencia de las fibras de Polipropileno a través de investigaciones previas y bases teóricas, generando un conocimiento beneficioso para futuros resultados.

Los resultados obtenidos podrán servir de apoyo y

referencia para futuras investigaciones relacionadas. A su vez la importancia del uso de concreto proyectado con fibras de Polipropileno al realizar estructuras y viviendas arquitectónicas en formas libres, con un acabado áspero. En la actualidad la industria de la construcción en nuestro país está muy apegada a las tradiciones y, por lo tanto, un poco reacia a innovar. La fibra es una tecnología muy eficiente, pero aún subvalorada, por ello está el interés en la misma investigación.

Determinar a la influencia de la fibra de Polipropileno expandido en la resistencia del concreto.

Determinar las cantidades específicas de las fibras de Polipropileno y del concreto.

Determinar la contracción en el secado y la permeabilidad que se por la adición de Fibras de Polipropileno en el concreto.

II. METODOLOGÍA

La investigación se basa en el análisis de artículos científicos, para la selección de se realizó una “revisión sistemática”, se planteó el objetivo y problema de investigación. Se realizó la selección de fuentes de información o una base de datos concluyendo eso extrajimos los datos relevantes según el objetivo de búsqueda. Entonces, se analizan los datos y se presentan los resultados mediante tablas y/o análisis estadístico. Finalmente, se hizo la redacción de las conclusiones con los interpretado en los resultados obtenidos y las implicaciones en futuras investigaciones.

En este caso, con nuestro tema se formuló la antes mencionada pregunta de investigación: ¿Qué efectos o influencia ocasiona la incorporación de las fibras de propileno con el concreto?, se recolectó los artículos de interés en base de datos confiables como: Google académico, Scielo, Ebsco, etc.; se analizó, y comparó la prueba que aportan con la de otros semejantes.

Las revisiones sistemáticas (RS) nos permiten estar al día en diversos temas de interés sin invertir tanto tiempo; sin embargo, no siempre este tipo de estudio se asocia a un nivel de evidencia, garantiza validez o veracidad, calidad metodológica, y confiabilidad o reproducibilidad de resultados. Por otra parte, hay que recordar que existen revisiones sistemáticas cuya población a estudio son ensayos clínicos con asignación aleatoria.

Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., Claros, N., & MINCIR, G. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugía Española*, 91(3), 149-155.

Para los criterios de inclusión se tomaron en cuenta los siguientes aspectos

- Se buscó específicamente que solo sean artículos científicos
- Que contengan información referente a las fibras de Polipropileno en el concreto
- Que la se información se base en los últimos 30 años
- Que la información sea referente al campo de la ingeniería civil
- Que en su contenido tenga material bibliográfico clara y

concisa.

Para los criterios de exclusión se tomaron en cuenta las siguientes características

- Información de tesis, monografías y cualquier dato relevante que no se encuentre en las bases de datos tomadas
- Artículos que discrepen de nuestros objetivos
- Artículos que contengan más de 20 páginas

A continuación, se presenta la base de datos y motor de búsqueda que usaremos para nuestra investigación, se presenta en tablas y se basó en la selección de 30 artículos:

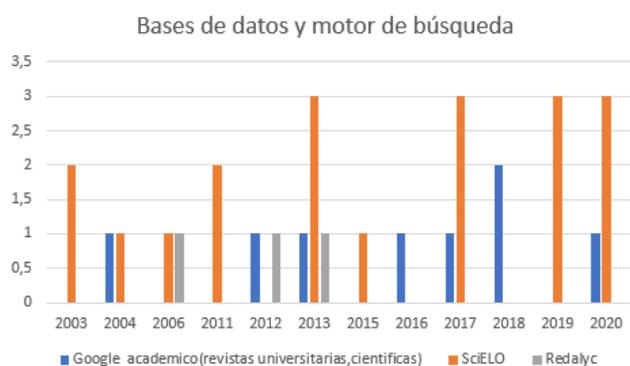
Tabla 02: Estadística de búsqueda por año y repositorio 2003-2013

Año / Motor de búsqueda	2003	2004	2006	2011	2012	2013
Google Académico	0	1	0	0	1	1
Scielo	2	1	1	2	0	3
Redalyc	0	0	1	0	1	1
Total	2	2	2	2	2	5

Tabla 03: Propiedades de la fibra de Polipropileno 2015-2020

Año / Motor de búsqueda	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Google Académico	0	1	1	2	0	1
Scielo	1	0	3	0	3	3
Redalyc	0	0	0	0	0	0
Total	1	1	4	2	3	4

Fig. 1: Estadística de la búsqueda de Información



III. RESULTADOS

La investigación se basa en 30 artículos científicos principales, los cuales siguieron un patrón usando los criterios de inclusión y exclusión mencionados en la metodología, para lograr analizar las pregunta y objetivos de nuestra investigación.

Tabla 04: Matriz de Investigaciones

Buscadores	Título de la Publicación	Autor(es)	Año
Scielo	Influencia de las fibras de Polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido.	Mendoza, C. J., Aire, C., & Dávila, P.	2011
Redalyc	Comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto MR-3.5MPa para pavimento con adición de fibras plásticas.	Boada Marcano, Mónica de los Angeles y Reyes Lizcano, Fredy Alberto	2012
Redalyc	Efecto de las fibras poliméricas en la permeabilidad y características mecánicas del concreto con agregado calizo de alta absorción.	Moreno, EI y Varela-Rivera, J., y Solís-Carcaño, R. y Sánchez-Pech, O.	2013
Google Académico	Efectos de la adición de fibra de Polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico	Aguilar, C. H. A.	2016
Scielo	Análisis experimental de la adición de fibras poliméricas sobre las propiedades mecánicas del hormigón.	Amaral Júnior, JCD, Silva, LCF y Moravia, WG	2017
Google Académico	Influencia del Incremento de Volumen de Fibra de Polipropileno en la Resistencia a la Flexión, Tracción y Trabajabilidad en un Concreto Reforzado	Alfaro, I. V.	2017
Scielo	Estudio experimental de la influencia de la adición de microfibras de Polipropileno y curado sobre la dureza superficial de suelos de hormigón.	Golfetto, JM, Padilha, F., Schimelfenig, B. y da Silva, CV	2019
Scielo	Hormigón permeable: estudio de dosificación y adicción a fibras de Polipropileno.	Pils, S., Oliveira, P., Regoso, F., Paulon, V. y Costella, M.	2019
Scielo	Influencia del procedimiento de dispersión de microfibras de Polipropileno (PPMF) sobre las propiedades del mortero de revoco fresco y endurecido.	Dantas, SRA, Serafini, R., Romano, RCDO, Vittorino, F. y Loh, K.	2020

En el presente análisis de los artículos ya mencionados que se hace para saber cuáles son las cantidades necesarias de las fibras de Polipropileno y del concreto para tener una adecuada mezcla tenemos varias pruebas que se han realizados en laboratorios En el artículo “EFECTOS DE LAS FIBRAS POLIMERICAS EN LA PERMEABILIDAD Y CARACTERISTICAS MECANICAS DEL CONCRETO CON AGREGADO CALIZO DE ALTA ABSORCION”, se hace mención que se utilizaron los siguiente materiales cemento gris Portland (CPC 30), agregados calizos de alta absorción y fibras de Polipropileno (tipo multifilamento). Nos hacen mención que se usaron vigas

probada con 90 días de edad y cilindros, probados a 28 y 90 días de edad. Las pruebas se hicieron para el concreto fresco en cual consistieron en la determinación del revenimiento (NMX-C-156 1997), contenido de aire (NMX-C-157 2006) para el caso de las vigas se hicieron 4 tipos (de 60 cm x 15 cm x 15cm) el primer tipo está conformado por vigas de concreto simple [5]. El segundo tipo estaba formado por piezas con la mezcla de concreto y refuerzo de fibras de Polipropileno de acuerdo con la proporción de 900 gramos por metro cubico de concreto. El tercer tipo de viga estaba compuesto por concreto más un porcentaje de acero de refuerzo y el cuarto tipo es similar al anterior, pero agregándole el refuerzo de fibra correspondiente Para los cilindros (15 cm de diámetro y 30 cm de altura) un primer tipo de concreto simple y otro reforzado con fibras de Polipropileno según la proporción de 900 g/cm³. En la tabla 1 se identifican los especímenes de concreto simple como C, los reforzados con fibras como C+F; en el caso de las vigas de concreto reforzado como C+A y las reforzadas con fibra como C+F+A

Para las pruebas en el concreto endurecido se clasificaron de acuerdo con el tipo de prueba que iban a ser sometidos (Tabla 05).

Tabla 05: Tipos de Especímenes por prueba

Elemento	Vigas			
Pruebas	Flexión			
Composición	C	C+F	C+A	C+F+A
Edad de 90	3 pzas	3 pzas	3 pzas	3 pzas

Elemento	Cilindros			
Prueba	Compresión	Tensión		
Composición	C	C+F	C+A	C+F
Edad de 28 días	4 pzas	4 pzas	4 pzas	4 pzas
Edad de 90 días	4 pzas	4 pzas	4 pzas	4 pzas

donde: C, Cemento; F, Fibra; A, acero

Tabla 5: Composición por prueba de especímenes con fibras de Polipropileno de 28 y 90 días de edad.

Fuente: [6]

Tenemos que los resultados de las pruebas en el concreto fresco proporcionan parte de la información de la calidad del concreto, como se observa en la tabla 06.

Tabla 06: Resultados de las pruebas en el concreto fresco

Edad y tipo de prueba de concreto endurecido	Relación A/C	Revenimiento (cm)		Contenido de aire (%)		Peso Volumétrico (kg/m ³)		
		C	C+F	C	C+F	C	C+F	
Colados para cilindros	28 días / Compresión y tensión	0.80	17.00	8.00	2.30	2.20	2145.00	2131.00
		0.62	13.00	11.00	2.20	2.20	2157.00	2140.00
	90 días / Compresión y tensión	0.80	17.00	12.00	2.30	2.30	2120.00	2131.00
		0.62	16.00	15.00	2.20	2.10	2125.00	2132.00
Colados para vigas	90 días / Flexión y permeabilidad	0.80	16.00	10.00	2.00	2.20	2136.00	2133.00
		0.20	17.00	10.00	1.80	2.00	2140.00	2149.00
	90 días / Cortante	0.80	19.00	13.00	2.00	2.30	2125.00	2127.00
0.62		19.00	13.00	1.60	2.20	2145.00	2131.00	

Tabla 6: Resultados de pruebas en concreto con fibras de Polipropileno de 28 y 90 días de edad

Fuente: [6]

En el caso de los resultados que se obtuvieron para el revenimiento para el concreto reforzado con fibras se tuvieron valores cercanos a los deseados. Para la relación A/C de 0.80 el revenimiento promedio del concreto simple fue de 17 cm y para el concreto reforzado con fibras fue de 11 cm, por lo que se obtuvo una disminución de 6 cm. En relación con A/C de 0.62 en el concreto simple el revenimiento promedio fue de 16 cm y en el concreto reforzado con fibras fue 13 cm, la diferencia de promedio fue de 3 cm.

Tabla 07. Resultados de la prueba de resistencia a la flexión de vigas

Edad	Relación A/C	Resistencia promedio (kg/cm ²)		f _r /f _c (%)		f _r /f _c 1/2		C+F/C (%)
		C	C+F	C	C+F	C	C+F	
90 días	0.80	23.00	29.00	10.60	14.20	1.56	2.03	26.00
	0.62	26.00	28.00	7.80	9.40	1.42	1.62	8.00

Tabla 7: Resultados de pruebas de resistencia a la flexión del concreto con fibras de Polipropileno de 90 días de edad

Fuente: [6]

En la siguiente tabla se presenta el porcentaje de incremento en los resultados por efectos de la presencia de las fibras.

Tabla 08: Resultados de la prueba de resistencia a cortante de vigas

Edad	Relacion A/C	Carga promedio max. (kg)		C+F/C (%)
		C+A	C+F+A	
90 días	0.80	3.594	10.062	5.000
		<u>12.710</u>	<u>13.708</u>	<u>8.000</u>

Tabla 8: Resultado de pruebas de resistencia a cortantes de vigas con fibras de Polipropileno de 90 días de edad.
Fuente: [6]

Por otro lado, tenemos que según, en su artículo Influencia del incremento de volumen de fibras de Polipropileno en la resistencia a la flexión, tracción, y trabajabilidad de un concreto reforzado 2014) diseñó una mezcla de concreto con relación de a/c de 0.51 [7].

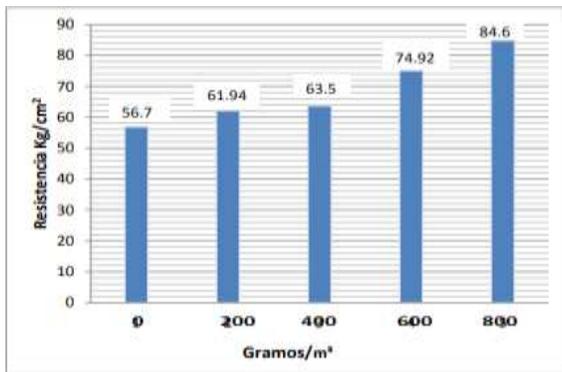
Tabla 09: diseño de mezcla para un m3 de concreto con relación a/c de 0.51

Constituyente	Peso Kg	%
Cemento	407	23.92
Agua	208	12.22
Grava	889	52.26
Arena	34	2
Plasticante (Z fluidizante)	0.1628	9.59
Total	1538	100

Tabla 9: Diseño de mezcla mostrando el constituyente, el peso y el porcentaje para un m3 de concreto.
Fuente: [7]

Obteniendo como resultado que la vida que obtuvo más resistencia a la flexión fue de 800 g con una resistencia de 84.6 kg/cm² y la que obtuvo menos resistencia fue la de 0 g con una carga de 56.7 kg/cm² ya que a esta no se le agregó fibra de Polipropileno.

Figura 01: peso de fibra y el promedio de carga de flexión de cada viga

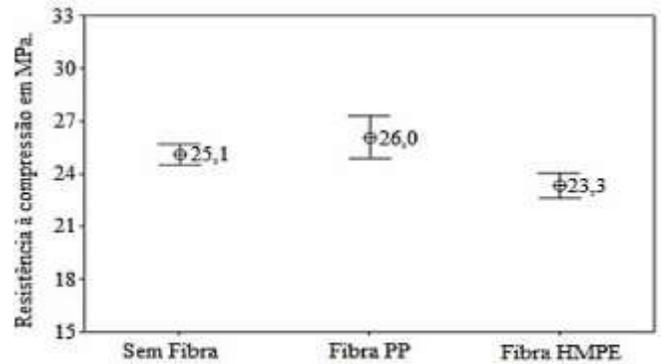


Fuente: [7]

A diferencia en el artículo “Análisis experimental de la adición de fibras de poliméricas sobre las propiedades mecánicas del hormigón” (Amaral, Josué; Ferreira, Luiza & Moravia, Weber) en su resultado sobre la

resistencia a la compresión utilizando concreto sin fibras, concreto con fibra de Polipropileno y concreto con fibras de polietileno de alto modulo; nos muestra el valor promedio y sus respectivos intervalos de dispersión.

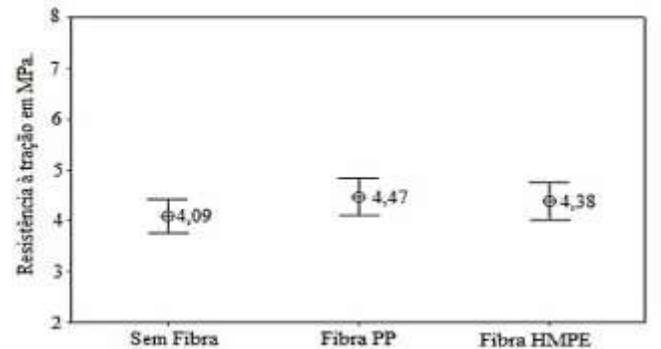
Figura 02: Promedio y rango de resultados de la prueba de resistencia a la compresión



Fuente: [8]

El hormigón sin fibras añadida obtuvo un promedio similar al hormigón con la adición de fibras de polipropileno, como la variación no fue tan significativa, se concluye que la adición de fibras de polipropileno no influyó en la resistencia a la compresión del hormigón. En los resultados de las pruebas de resistencia a la tracción y flexión se muestran en la siguiente figura.

Figura 03: Promedio e intervalo de los resultados del ensayo de resistencia a la tracción.



Fuente: [8]

Tomando como referencia nuestros objetivos, principalmente el de analizar el cambio de resistencia frente al agregado del Polipropileno (PP) a la mezcla de concreto, se presentan los siguientes resultados. Nos indica que la resistencia a compresión de los concretos a edades de 7 y 28 días, para las mezclas hechas con agregados gruesos de 9.5 y 19.0 mm de tamaño máximo y arena andesita lavada y sin lavar, respectivamente. Como se puede observar prácticamente no existe modificación en la resistencia por la incorporación de las fibras del Polipropileno (PP) [1]. Se presenta la tabla 10 como prueba de ello:

Tabla 10: resistencia a compresión del concreto

	Resistencia a compresión f_c kg/cm ²		
	Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavada		f_c 7 días/ f_c 28 días
	7 días	28 días	
m1(0 kg de fibra/m3)	238	366	0.65
m2(1 kg de fibra/m3)	241	346	0.7
m3(3 kg de fibra/m3)	230	334	0.69
m4(5 kg de fibra/m3)	252	365	0.69
Mezclas con gravas de 9.5 mm y arena lavada			
m5(0 kg de fibra/m3)	251	350	0.72
m6(1 kg de fibra/m3)	264	352	0.75
m7(3 kg de fibra/m3)	243	336	0.72
m8(5 kg de fibra/m3)	247	334	0.73

Tabla 10: Resistencia a compresión de los concretos con y sin fibras
Fuente: [1]

En todo caso, la tabla observada nos expresa que la resistencia por compresión se reduce con el agregado y caso contrario sucede con la resistencia por flexión.

Tabla 11: resistencia por compresión y por flexión

Fibra	% Adición	% Resistencias	
		Compresión	Flexión
Polipropileno	0.5	▼10.8%	▼2.8%
	1.0	▼28.8%	▲0.4%
	1.5	▼30.8%	▼6.8%
		▼disminución	▲aumento

Tabla 11: Resistencias por respecto al concreto sin fibras, a 14 días de edad
Fuente: [4]

La naturaleza hidrofóbica del Polipropileno no afecta la cantidad de agua necesaria para los materiales cementosos; por lo tanto, la presencia de fibras de Polipropileno puede provocar un retraso en el inicio del proceso de degradación al reducir la permeabilidad y la cantidad de contracción [6].

Según Saiz-Martínez, en términos de absorción de agua por capilaridad, se obtuvo un mayor coeficiente de absorción en morteros reciclados debido a un mayor contenido de aire. En el caso de la adición de fibra, una ligera disminución de este coeficiente no es significativa; de ahí que no se pueda concluir que la inclusión de fibras conduzca a un mejor comportamiento del material a este respecto [7].

Según Islam y Das Gupta, con la adición de fibra de Polipropileno, se incrementaron los coeficientes de permeabilidad al agua y al gas. Así, el aumento de los coeficientes de permeabilidad al agua y al gas podría sugerir restringir el uso del contenido de fibra de Polipropileno en el

caso de elementos estructurales expuestos al agua (como tanques de agua, presas, aliviaderos, piscinas) y gases nocivos [8].

La composición AR + FPA presentó los valores de contracción más altos (75%) entre las muestras analizadas. La contracción final medida de los morteros AR y AR + FPD fue de 66% y 50%, respectivamente. Los resultados indican que, con la mejor dispersión de la fibra, se cuantificaron menos encogimiento y menor distribución de los resultados. El vínculo que dificulta la propagación de las microgrietas se ha logrado de manera satisfactoria.

Las fibras de Polipropileno no pueden evitar el movimiento de la pasta de cemento a una edad temprana y mantener la estabilidad del volumen debido a su bajo módulo elástico [9]. Sin embargo, la adición de fibras no solo disminuye el agrietamiento debido a la contracción por secado, sino que también difiere el tiempo de agrietamiento inicial de una manera que la primera grieta aparece después de 144 h según, Yousefieh.

El factor más importante que influye en la contracción por secado es la cantidad y composición de la pasta de cemento, además de la geometría estructural y las condiciones de secado. Según Guo, Yang y Gao, si la fibra de Polipropileno (PP) se dispersó uniformemente, las grietas en el mortero se encuentran con la fibra de Polipropileno (PP) en expansión, y la presencia de la fibra obligará a las grietas a cambiar su dirección de desarrollo o evitará que se produzcan grietas [10].

Según Alhozaimy, 1996, estos resultados hacen ver la influencia que tiene el consumo de fibra en la contracción alcanzada; al aumentar la cantidad de fibra incluida se reduce la contracción última esperada a largo plazo. Por otra parte, también se puede observar la influencia que tienen los finos de la arena en la magnitud de la contracción al comparar la contracción de los concretos sin fibra y con arena sin lavar (558 x 10⁻⁶) y la del concreto sin fibra y arena lavada (466 x 10⁻⁶) [11]. Asimismo, al comparar la reducción de la contracción última para consumo de fibra de 0 y 5 kg/m³ en los concretos con arena sin lavar (14%) y la alcanzada para los mismos consumos de fibra (0 y 5 kg/m³) en los concretos con arena lavada (54%) se observa la eficacia de la inclusión de fibras en los concretos con arena sin lavar y lavada [12].

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

Llegados a este punto nuestro interés radica en saber qué relación existe entre los datos de las pruebas y los resultados obtenidos sobre saber cuáles son las cantidades necesarias de las fibras de Polipropileno y del concreto para tener una adecuada mezcla, sus diferentes tipos de resistencias, su permeabilidad y su contracción por el secado.

En el primer caso, hablando de las cantidades adecuadas para

obtener una buena mezcla podemos ver que en las pruebas que se hicieron para el concreto fresco en cual consistieron en la determinación del revenimiento y contenido de aire, se obtuvieron resultados cercanos a los esperados, haciendo que el revenimiento disminuya hasta en 6 cm comparado con un concreto simple (sin fibras). Por otro lado, en el caso del contenido de aire no hubo prácticamente ningún cambio. Determinar las cantidades específicas de las fibras con adición al propileno ha sido un dilema durante las pruebas, ya que se han logrado obtener distintos tipos de resultados durante las investigaciones y pruebas.

En el artículo de Moreno E. I, los resultados encontrados en las mezclas de especímenes y en el concreto fresco se pueden verificar el papel de las fibras en el asentamiento provocado por la disminución de la fluidez del concreto, para ello se utilizó una dosificación de (900 g) de fibra durante un periodo de 28 y 90 días, a su vez en la columna de resultados para el concreto se denota que el concreto solo, muestra valores más altos, que del resultado del concreto reforzado con fibra, pero solo para el concreto de 0,80 A / C, ya que, el asentamiento se reduce en un promedio de 7 cm, y para el concreto de 0,62 A / C, el asentamiento se reduce en un promedio de 3 cm, De acuerdo a la clasificación propuesta (SIA 262/1E 2003), el concreto simple para 0.80 A/C tuvo una calidad mala, ya que el valor promedio obtenido del coeficiente K_t no estaba dentro del rango [5].

En el caso de 0.62 A/C, el valor promedio quedó en el límite de una calidad normal en el caso de 0.62 A/C con fibra se obtuvo una calidad normal, esto es debido a que las fibras provocan un efecto espeso en los agregados, por ello no había necesidad de añadir más agua, ya que la cantidad durante el comienzo de la prueba bastó para su trabajabilidad se efectuara, otro de los detalles que se debe recalcar es que la presencia de las fibras hizo que la resistencia a tensión y flexión del concreto se incrementó significativamente con el uso de las fibras, observándose que la mejoría fue mayor en el concreto de baja resistencia ni tampoco afectó el llenado ni el acomodo del concreto, pero si se visualizó la disminución del sangrado y la segregación de los agregados.

Iván Vásquez Alfaro, reporta en los resultados el uso de la cantidad de (800g) de fibra, cien gramos de diferencia a la investigación anteriormente mencionada, un contenido de 0,51 A/C donde se denota durante los resultados que al agregar más fibras se obtenía mayor resistencia, pero no una gran variación, ya que durante la mezcla de fibras en 0 g no se obtuvo tan baja resistencia teniendo entre ambos resultados una diferencia de 27.9 kg/cm², por lo que se recomendó más pruebas para determinar qué es la cantidad ideal que se debe agregar al cemento para formar una mezcla [13]. Lo mejor sería realizar una prueba de flexión de cuatro puntos, esto significará reducir el costo de construcción de todos los edificios.

Ferreira, Luiza & Moravia, Weber para estas pruebas se hizo

uso de (1000g) de fibras, claramente trescientos y doscientos más que la primera prueba y segunda mencionada con anterioridad durante un periodo de 7 días, también contó con 0.61 de A/C, durante la adición de fibras en el concreto u hormigón reforzado se vio un aumento en la resistencia a la tracción en relación con el concreto sin fibra siendo con concreto un 7,1% más alto que el concreto sin fibra. Pero con respecto a la resistencia a la compresión su aumento fueron solo variaciones mínimas, lo que apunta al hecho de que la adición de fibras de polímero en el contenido del 1% no afecta a la resistencia a la compresión del concreto [14].

En segundo lugar, relacionado con las diferentes resistencias obtenidas, en los resultados de la primera prueba de resistencia a la compresión, la variación no fue tan significativa, obteniendo una variación solo de 3,6%, siendo esta demasiado pequeña como para considerarse, en el caso de la segunda prueba realizada, se llegó a verificar que la resistencia a la compresión no aumenta, e inclusive llega a disminuir.

En el caso de la resistencia a la flexión existe una contradicción vista desde dos resultados distintos, por un lado, se puede observar que estadísticamente si ocurre un aumento, y por otro que disminuye de entre 2,8% a 6,8%. Siguiendo con la resistencia al impacto, aquí si hay una mejora significativa en todos los resultados vistos, llegando ser hasta el doble dependiendo de la cantidad de fibra utilizada.

En último lugar, concerniente a su permeabilidad y contracción por el secado, podemos notar que en el análisis 1 sobre permeabilidad, en el que se pusieron a prueba a 4 mezclas, 1 sin fibras y 3 con fibras para hacer la comparativa, la mezcla B mostró los valores más altos de permeabilidad (0,121 m / s), todas las demás mezclas tienen la permeabilidad mínima recomendada, luego en el análisis 2 hubo también un aumento, pero no tan significativo como el antes mencionado. En el caso de la contracción por el secado, todas las pruebas resultaban en una reducción en la contracción por desecación, entre las muestras analizadas, la composición AR + FPA presentó los valores de contracción más altos (75%).

En este punto, se mencionan las excepciones y puntos inciertos de la investigación.

Sin embargo, la revisión sistemática de la literatura nos dejó cortos en datos sobre la tracción, cohesividad de partículas y temperaturas idóneas para la mezcla. Por lo que no podemos citar algo conciso, ya que no existe información suficiente referente a esos datos. Por otra parte, se menciona la reducción de trabajabilidad con la agregación de esta microfibras, pero no tiene impacto frente a esta investigación. Por otro lado, algunos papers se enfatizan en mezclas de mortero, tablonés; por lo que falta una investigación que tenga como pregunta para que otras partes de la edificación tiene eficacia esta fibra.

CONCLUSIONES

Durante los distintos tipos de resultados anteriormente mencionado en los artículos respecto a las cantidades, la dosificación utilizada de fibras mayor a 1% de la mezcla original

logró que se influenciará las propiedades físico-mecánicas del

concreto. Con respecto a la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto se incrementó significativamente con el uso de las fibras de Polipropileno, observándose que su mejora está entre el 3.6% y el 14%.

La humedad y secado durante los días de la prueba es un factor importante durante la adición del concreto con las fibras ya que el humedecimiento logra un efecto negativo en la mezcla.

El uso de fibra de Polipropileno puede reducir las microfisuras y ayudar soportar el esfuerzo de tracción relativamente alto con cantidades exactas y más altas de las mismas.

Para obtener un incremento se concluyó el contenido óptimo de 450 gr/m³ de fibras de Polipropileno para que aumenten las propiedades del concreto de manera significativa. Pero estadísticamente se demostró que solo el aporte de flexión es significativo.

Por último, la permeabilidad al aire y la absorción de agua por capilaridad obtienen su mayor aumento cuando se agregan fibras de longitud pequeña: de 3 y 6 mm para fibras de Polipropileno previamente añadidas, de 6 y 12 mm tras realizada la mezcla y su homogenización. Por otro lado, el uso de fibras de Polipropileno dispersas permite controlar mejor la contracción por secado, y es estadísticamente diferente al resto de composiciones evaluadas.

Se ha concluido que al agregar fibras de Polipropileno (PP) a la mezcla del concreto su influencia es significativa para las propiedades físico-mecánicas del mismo. Teniendo eso en cuenta aún se deben evaluar muchos aspectos positivos tantos como negativos que ofrece esta microfibras.

Referencias Bibliográficas

- [1] Aguilar, C. H. A. (2016). Efectos de la adición de fibras de Polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(2), 79-91. Recuperado de: <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/436>
- [2] Alfaro, I. V. (2014). Influencia del Incremento de Volumen de Fibra de Polipropileno en la Resistencia a la Flexión, Tracción y Trabajabilidad en un Concreto Reforzado. *Revista de Formación en Investigación*, 2(2), 26-31. Recuperado de: <https://revistas.upn.edu.pe/index.php/refi/article/view/34>
- [3] Amaral Júnior, JCD, Silva, LCF y Moravia, WG (2017). Análisis experimental de la adición de fibras poliméricas sobre las propiedades mecánicas del hormigón. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 22 (1). Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762017000100411&lang=es
- [4] Amaral Jr., JC y Moravia, W. (2020). Propiedades térmicas de los hormigones reforzados con Polipropileno y fibras de polietileno de alto módulo. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 13 (1), 32-38. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952020000100032&lang=es
- [5] Atao, M. C., & Ancheyta, S. K. S. (2018). Resistencia a la compresión axial simple de bloques huecos de concreto elaborados con fibras de Polipropileno. *Yachay-Revista Científico Cultural*, 7(01), 389-395. Recuperado de: <https://revistas.uandina.edu.pe/index.php/Yachay/article/view/89>
- [6] Barrera, G. M., Cruz, E. M., & López, M. M. (2012). Concreto polimérico reforzado con fibras: Efecto de la Radiación Gamma. *Rev. Iberoam. Polímeros*, 13(4), 169-178. Recuperado de: <https://www.observatorioplastico.com/ficheros/articulos/99992077707070728.pdf>
- [7] Becker, D., Kleinschmidt, AC, Balzer, PS y Soldi, V. (2011). Influencia de la secuencia de mezcla de PP-MA en las propiedades de los compuestos de fibra de PP y banano. *Polímeros*, 21 (1), 7-12. Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282011000100004&lang=es
- [8] Boada Marcano, Mónica de los Ángeles y Reyes Lizcano, Fredy Alberto (2012). Comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto MR- 3.5MPa para pavimento con adición de fibras plásticas. *Ciencia e Ingeniería*, 34 (1), 13-20. [Fecha de Consulta 8 de noviembre de 2020]. ISSN: 1316-7081. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550798002>
- [9] Borges, APSN, Motta, LADC y Pinto, EB (2019). Estudio de las propiedades del hormigón con adición de fibras vegetales y Polipropileno para uso en muros estructurales. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 24 (2). Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762019000200324&lang=es
- [10] Cáceres, ARE, Galobardes, I., Rebmman, MS, Monte, R, y Figueiredo, A. (2015). Caracterización geométrica de macrofibras poliméricas. *Revista de Estructuras y Materiales IBRACON*, 8 (5). Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952015000500006&lang=es
- [11] Castro, AD, Tiba, PRT y Pandolfelli, VC (2017). Fibras de Polipropileno y su influencia en el comportamiento de hormigones expuestos a altas temperaturas: revisión. *Cerámica*, 57 (341), 22-31. Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132017000100003&lang=en
- [12] Córdova Contreras, A. R., Cárdenas Oscanoa, A. J., & González Mora, H. E. (2020). Caracterización física y mecánica de compuestos de Guazuma crinita Mart. a base de Polipropileno virgen. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(57), 4-31. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322020000100004&lang=es
- [13] Dantas, SRA, Serafini, R., Romano, RCDO, Vittorino, F y Loh, K. (2020). Influencia del procedimiento de dispersión de microfibras de Polipropileno (PPMF) sobre las propiedades del mortero de revoco fresco y endurecido. *Ambiente Construido*, 20 (2), 7-23. Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212020000200007&lang=es
- [14] Dias, D. M., Calmon, J. L. Vieira, G. L. (2020). "Hormigón reforzado con fibras poliméricas expuesto al fuego", *Revista ALCONPAT*, 10 (1), pp. 36 – 52, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v10i1.426>
- [15] Domiciano, VG, Salomão, R., Isaac, CS y Pandolfelli, VC (2003). Condiciones de mezcla y permeabilidad de moldeables refractarios que contienen fibras poliméricas. *Cerámica*, 49 (312), 251-256. Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132003000400010&lang=es
- [16] Elizondo, A. L., Monge, S., Guillermo, L., & Navas, A. (2013). Evaluación del Comportamiento de la Fatiga de una Mezcla de Concreto MR-45 MPa con Adición de Polipropileno. *Revista Ingeniería de Obras Civiles*, 3, 28-52. Recuperado de: <http://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/article/view/1977>
- [17] Golfetto, JM, Padilha, F., Schimelfenig, B, y da Silva, CV (2019). Estudio experimental de la influencia de la adición de microfibras de Polipropileno y curado sobre la dureza superficial de suelos de hormigón. *MATERIA-RIO DE JANEIRO*, 24 (3). Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762019000300344&lang=es
- [18] Martin, M., Torres, R., & Peñuela, C. Estudio de ultrasonido en concreto con fibras de Polipropileno. Recuperado de: <http://www.ing.ucv.ve/jifi2018/documentos/ambiente/AIS033.pdf>

- [19] 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*, 2(2), 35-47.
- Recuperado de:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-30112011000100003
- [20] Moreno, EI y Varela-Rivera, J., y Solís-Carcaño, R. y Sánchez-Pech, O. (2013). Efecto de las fibras poliméricas en la permeabilidad y características mecánicas del concreto con agregado calizo de alta absorción. *Ingeniería*, 17 (3), 205-214. [Fecha de Consulta 8 de noviembre de 2020]. ISSN: 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46730914004>
- [21] Paliga, CM, Real, MV y Campos Filho, A. (2013). Análisis numérico de vigas de hormigón armado, armado con composites formados por fibras de alta resistencia y mortero de cemento. *Revista IBRACON de Estructuras y Materiales*, 6 (2), 211-226. Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952020000100032&lang=en
- [22] Peret, CM, Salomão, R., Zambon, AM y Pandolfelli, VC (2003). Refuerzo mecánico mediante fibras poliméricas y sus efectos en el secado de moldeables refractarios. *Cerámica*, 49 (312), 257-261. Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0366-69132003000400011&script=sci_arttext
- [23] Pils, S., Oliveira, P., Regoso, F., Paulon, V. y Costella, M. (2019). Hormigón permeable: estudio de dosificación y adición a fibras de Polipropileno. *Revista IBRACON de Estructuras y Materiales*, 12 (1), 101-121. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952019000100101&lang=es
- [24] Prakash, R., Thenmozhi, R., Raman, SN y Subramanian, C. (2020). Hormigón reforzado con fibra que contiene agregados de cáscara de coco de desecho, cenizas volantes y fibra de Polipropileno. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (94), 33-42. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-62302020000100033&script=sci_arttext&tlng=en
- [25] Salomão, R. y Pandolfelli, VC (2006). Fibras poliméricas como aditivos secantes en diferentes clases de moldeables refractarios. *Cerámica*, 52 (321), 63-68. Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132006000100009&lang=es
- [26] Salvador, RP y Figueiredo, ADD (2013). Análisis comparativo del comportamiento mecánico del hormigón armado con macrofibra polimérica y fibra de acero. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 18 (2), 1273-1285. Recuperado de: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-70762013000200003&script=sci_arttext
- [27] Santos, A. G., Rincón, J. M., Romero, M., Hernández-Crespo, M., & Morales, R. T. (2004). Microestructura de un material compuesto basado en una matriz de cemento reforzado con fibras de Polipropileno. *Materiales de construcción*, (274), 73-82. Recuperado de: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/25933/1/280.pdf>
- [28] San Bartolomé, Á., & Ríos, R. (2013). Comportamiento a fuerza cortante de muros delgados de concreto reforzados en su zona central con barras de acero, fibra de Polipropileno y con fibra de acero. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, 5(1), 2-16. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-30112013000200001
- [29] Señas, Lilia y Ortega, Néstor y Priano, Carla y Cabo, Guillermo (2006). Durabilidad de hormigones con fibras de Polipropileno frente a la corrosión de las armaduras. *Ciencia e Ingeniería*, 28 (1), 41-47. [Fecha de Consulta 8 de noviembre de 2020]. ISSN: 1316-7081. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507551355008>
- [30] Vasques Filho, D., Marques, YA, Pileggi, RG y Pandolfelli, VC (2004). Impacto del uso de fibras poliméricas en el rendimiento de

