ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.770

Impact of Fiber Geometry on the Workability of Refractory Concrete: A Systematic Literature Review

Harold Gaspar Cano Condori[1]
[1]Universidad Continental, Perú, *hcano*@continental.edu.pe

Abstract: ***This literature review aims to determine the influence of the characteristics of fibers added to concrete mixtures designed to withstand high temperatures. Information was gathered from 20 articles published in English between 2018 and 2025 in the Scopus and ScienceDirect databases, following the PRISMA methodology. The main fiber characteristics considered were material, length, diameter, and the amount of fiber added. It was found that the most commonly used standards for evaluating workability are ASTM and BS-EN. Additionally, it was determined that longer fibers with smaller diameters contribute to a decrease in workability. Finally, it was verified that higher percentages of fiber in the concrete mix have a detrimental effect on its workability.***

Keywords: Concrete, fiber, fire, slump, workability

Impacto de la geometría de las fibras en la trabajabilidad del concreto refractario: Una revisión sistemática de la literatura

Harold Gaspar Cano Condori[1]
[1]Universidad Continental, Perú, *hcano*@continental.edu.pe

Resumen: ***Esta revisión de la literatura tiene como objetivo determinar la influencia que tienen las características de las fibras añadidas a mezclas de concreto cuyo propósito es resistir altas temperaturas, para ello se recopilo información de 20 artículos publicados en idioma inglés entre los años 2018 y 2025 en las bases de datos Scopus y Sciencedirect siguiendo la metodología PRISMA, se tomaron en cuenta como principales características de las fibras al material, longitud, diámetro y cantidad de fibra añadida, se encontró que las normas más usadas para la evaluación de la trabajabilidad son ASTM y BS -EN, también se pudo determinar que cuando las fibras tienen más longitud y diámetros más pequeños contribuyen a una disminución de la trabajabilidad, finalmente se verifico que mayores porcentajes de fibra en la mezcla de concreto tienen un efecto perjudicial en la trabajabilidad de la mezcla de concreto.***

Palabras clave: concreto, fibra, fuego, slump, trabajabilidad

I. INTRODUCCIÓN

El concreto es el material más usado a nivel mundial después del agua [1], [2], como consecuencia el proceso de fabricación del concreto acarrea serios problemas ecológicos [3] , por lo tanto, la optimización en el uso de cada uno de sus componentes es un tema importante. El concreto adicionado con fibras o FRC (Fiber reinforced concrete)[4], es un tipo de concreto que, al contar con estos elementos en su matriz, puede presentar mejoras en sus propiedades[5], la resistencia al fuego es una de esas propiedades que se pueden ver mejoradas al añadir fibras a la mezcla [6] a causa de esto el uso del concreto adicionado con este material se ha popularizado y actualmente se fabrican cantidades masivas del mismo [7].

Impedir el contacto directo entre el acero de refuerzo y el fuego es la principal función del concreto expuesto al fuego. Es por eso que el concreto refractario adicionado con fibras a diferencia del concreto ordinario requiere de una resistencia elástica y a la flexión mejoradas, pudiendo soportar daños como el desconchado y la separación del concreto de la estructura del acero [8]. El desconchado es la expulsión repentina de fragmentos de concreto de la superficie de una estructura, esto puede comprometer la integridad de personas y las intervenciones de bomberos.[9]

Varios investigadores han estudiado los efectos de la adición de fibras en la mezcla de concreto, centrándose en la mejora de sus propiedades, tales como la resistencia a la compresión y la resistencia al fuego [10], [11].

Sin embargo, muchos de estos estudios han reportado una disminución en la trabajabilidad de la mezcla de concreto como consecuencia de esta adición de fibras [4], [12], algunos de ellos han mencionado incluso que esta disminución constituye una de las principales preocupaciones al añadir fibras al concreto [13], dicha disminución es un aspecto negativo, puesto que afecta la trabajabilidad del concreto puede generar vacíos en la mezcla endurecida (porosidad) o dificultad en su manipulación y colocación afectando su posterior resistencia a la compresión [14] aunque la disminución de la trabajabilidad a causa de la inclusión de fibras se puede solucionar en parte con la incorporación de aditivos a la mezcla de concreto, estas adiciones aplicadas en exceso pueden ser perjudiciales [15] es por esto que es necesario conocer que factores y mecanismos relacionados con el tipo, longitud y espesor de la fibra afectan la trabajabilidad de este tipo de mezclas de concreto para así poder optimizar el uso de los materiales y recursos destinados a su fabricación.

Esta revisión recopila y analiza investigaciones que han incluido distintos tipos de fibra en mezclas de concreto y que han tenido como propósito incrementar la resistencia de las estructuras al fuego, con el objetivo de esclarecer la relación que existe entre las características de la fibra tales como la cantidad, longitud y diámetro de fibra añadida a la mezcla y la trabajabilidad de la misma.

II. METODOLOGIA

En esta revisión se ha trabajado en base a la más reciente declaración de Prisma (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), la cual es una herramienta diseñada para ayudar a los autores de revisiones a documentar de manera transparente el proceso aquí descrito [16].

De esta manera la investigación ha seguido el proceso que se muestra en la Fig. 1, en la etapa de identificación se encontró un total de 135 artículos, se contabilizaron los artículos encontrados en las bases de datos Scopus y Sciencedirect, las palabras clave que se consideraron para esta búsqueda fueron: *concreto, fibra, refuerzo, fuego, ingeniería, trabajabilidad* y combinaciones de las mismas a través de ecuaciones de búsqueda, se excluyeron aquellas investigaciones que resultaron estar duplicadas, además de dejar de lado aquellas que no cumplieron con criterios como: haber sido publicada entre los años 2018 y 2025, ser una investigación relacionada con el ámbito de la ingeniería civil.

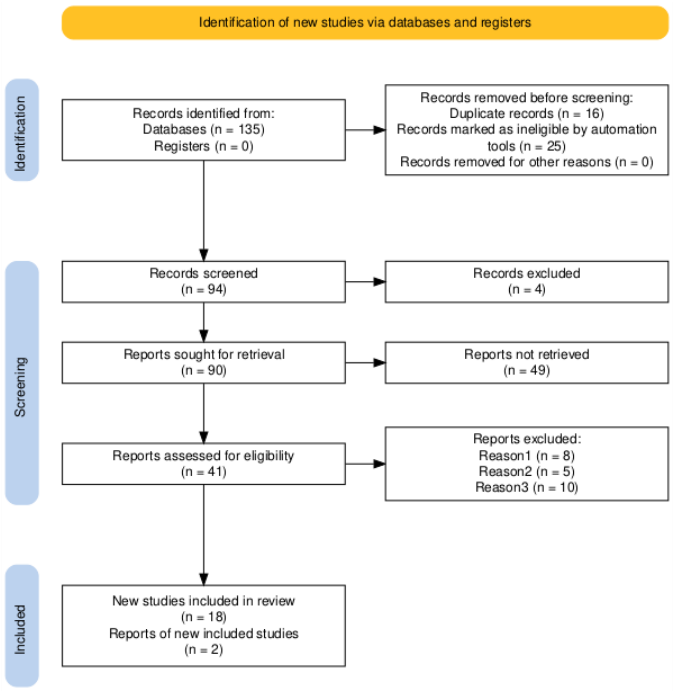

Fig. 1 Diagrama de flujo PRISMA con la ayuda de la herramienta diseñada por Haddaway [17]

De esta manera se obtuvo un total de 94 investigaciones las cuales fueron analizadas en la etapa de cribado, durante esta segunda etapa se revisaron los resúmenes de las investigaciones elegidas, aquí se dejaron de lado un total de 53 investigaciones, entre las razones por las que se descartaron están : que no eran de temas relacionados al concreto y el estudio de fibras y su combinación en las mezclas estaban enfocados y dirigidos a propósitos distintos a los de esta investigación, por ejemplo el trabajo con fibras como refuerzo del concreto ya endurecido o como refuerzo del acero.

Durante la elegibilidad fue necesaria la descarga y lectura del total de investigaciones analizadas, en esta etapa se descartaron un total de 23 estudios 8 por no contar con datos suficientes para este análisis, 5 por ser de temas diferentes al aquí considerado y 10 por no estar disponibles y no ser de acceso abierto (*open access*), finalmente fueron elegidas para este estudio un total de 20 investigaciones.

Los criterios de inclusión para esta investigación se muestran en la tabla I.

TABLA I
CRITERIOS DE INCLUSION

C1	El estudio toma en cuenta la inclusión de fibras en la mezcla de concreto con la finalidad de mejorar sus propiedades ante la acción del fuego
C2	El estudio está en el periodo de tiempo comprendido entre los años 2018 y 2025
C3	El estudio contiene las palabras clave: concreto, fibra, refuerzo, fuego, ingeniería, trabajabilidad
C4	El estudio está disponible en su versión completa (open access)
C5	El estudio se desarrolla en el contexto de la ingeniería civil

III. RESULTADOS

Para la descripción de los resultados de esta revisión, se considera el total de aquellas investigaciones obtenidas al final de la etapa de inclusión mencionadas en el ítem anterior, de esta manera se analizan en detalle un total de 20 artículos, estos se muestran en la tabla II, en base a esta información el análisis posterior se divide en dos partes un análisis bibliométrico y un análisis de ingeniería, ambos vinculados con el objetivo de esta revisión.

TABLA II
ARTICULOS SELECCIONADOS Y ANALIZADOS

Autor	Título de la investigación
Aljabbri et al. 2021[18]	Performance of ultra high strength concrete expose to high rise temperature
Jabin et al. 2024[19]	High-temperature effect on the mechanical behavior of recycled fiber-reinforced concrete containing volcanic pumice powder: An experimental assessment combined with machine learning (ML)-based prediction
Gencel et al. 2021[20]	Influence of bottom ash and polypropylene fibers on the physico-mechanical, durability and thermal performance of foam concrete: An experimental investigation
Shalby et al. 2020[21]	Assessment of mechanical and fire resistance for hybrid nano-clay and steel fibres concrete at different curing ages
Zegardło et al. 2024[22]	Recycling Waste Agricultural Nets as Cement Composites
Al-Kabi et al. 2024[23]	Fire flame effect on some properties of hybrid fiber reinforced LECA lightweight self-compacting concrete
Mydin et al. 2022[24]	Influence of Polyformaldehyde Monofilament Fiber on the Engineering Properties of Foamed Concrete
Odeyemi et al. 2021[25]	Thermal resistance of raffia palm reinforced concrete
Bentegri et al. 2020[26]	Rheological and tribological behaviors of polypropylene fiber reinforced concrete
Osmi et al. 2024[27]	Performance of Bamboo Fibre on Modifying Mechanical Properties of Concrete
Aslani et al. 2019[28]	Mechanical Behavior of Fiber-Reinforced Self-Compacting Rubberized Concrete Exposed to Elevated Temperatures
Emiri et al. 2023[29]	Compressive Strength Dependency on the Effect of Temperature Variation on the Percentages of Steel Fiber in Concrete
Abulridha et al 2022[30]	Mechanical and structural properties of waste rope fibers-based concrete: An experimental study
Bheel et al. [31]	Experimental Study on Engineering Properties of Cement Concrete Reinforced with Nylon and Jute Fibers

Kumari, et al. 2023 [32]	Influence of thermal cycles and high-temperature exposures on the residual strength of hybrid steel/glass fiber-reinforced self-consolidating concrete
Alogla, et al. 2020 [33]	Temperature-induced transient creep strain in fiber-reinforced concrete
Netinger et al. 2018 [34]	Effect of hemp fibers on fire resistance of concrete
Yassin, et al. 2024 [35]	A new approach to calculate the shear strength of high-performance reinforced concrete beams fibered with micro polypropylene (experimental and analytical study)
Moghaddam, et al. 2025 [36]	Comprehensive analysis of mechanical characteristics in self-compacting concrete (SCC) with aluminum oxide (Al2O3) nanoparticles and glass fibers: An experimental and analytical investigation
Amin et al. 2020 [37]	Investigating the mechanical and microstructure properties of fibre-reinforced lightweight concrete under elevated temperatures

A. *Análisis bibliométrico.*

El análisis de las investigaciones considero aquellas publicadas entre 2018 y 2025, se encontró que, aunque hay un incremento en el número de publicaciones entre los años 2020 y 2021 este no es constante en el tiempo, puesto que nuevamente hay una disminución entre los años 2022 y 2023 y finalmente un aumento en el año 2024, por lo que parece haber cierta irregularidad en el interés que tiene la academia en el tema, tal y como se muestra en la Fig. 2.

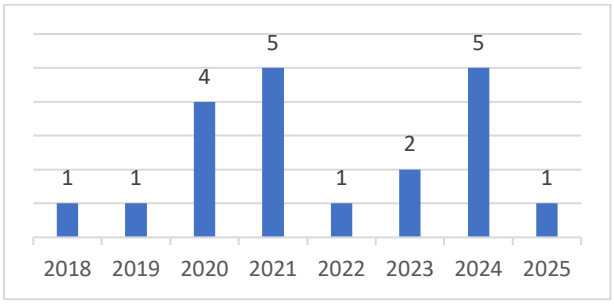

Fig. 2 Número de artículos según el año de la publicación.

En relación al origen de las investigaciones, los países en los que más se ha investigado el tema son Irak, Malasia y Egipto, cada uno con 3, 3 y 2 publicaciones respectivamente, el total de investigaciones está distribuido entre Asia, África, Europa y Oceanía, no habiéndose encontrado publicaciones en el continente americano en esta revisión.

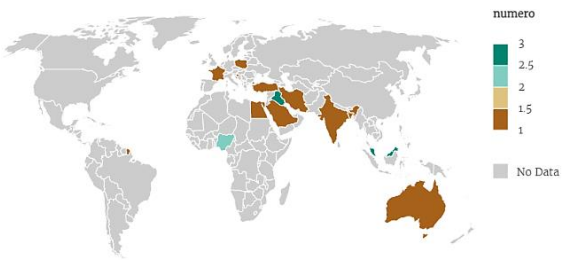

Fig. 3 Número de artículos según el país de origen

Respecto a los temas involucrados con las palabras clave del conjunto de investigaciones analizadas, se puede apreciar en la Fig. 4 que las palabras mencionadas con más frecuencia son fibra y concreto, seguidas de temperatura, polipropileno y resistencia.

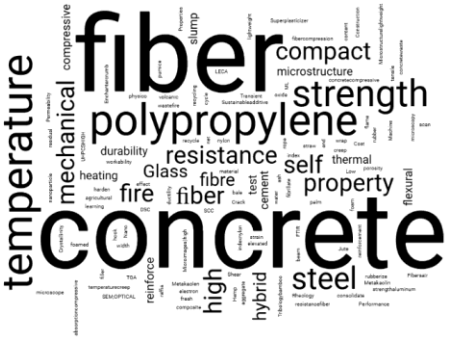

Fig. 4 Nube de palabras clave del conjunto de artículos analizados en esta investigación.

Se identifico además las revistas fuente de las investigaciones seleccionadas, estas se muestran en la tabla III, en ella se verifica que las revistas en las que más se ha publicado son *Construction and Building Materials* con 4 publicaciones y *Case Studies in Construction Materials* con 3 investigaciones.

TABLA III
REVISTAS Y NUMERO DE PUBLICACIONES

Annales de Chimie: Science des Materiaux	1
Construction and Building Materials	4
Journal of Structural Fire Engineering	1
Materials	2
Magazine of Civil Engineering	1
Revista de la Construccion	1
Open Civil Engineering Journal	1
Journal of Materials in Civil Engineering	1
Open Construction and Building Technology Journal	1
Case Studies in Construction Materials	3
buildings	1
Structures	1
Cement and Concrete Composites	1
Engineering Structures	1

B. *Análisis de Ingeniería preliminar*

Ciertos aspectos importantes y relacionados con el tema aquí investigados no fueron recopilados de forma sistemática, porque no se encontró que en todas las investigaciones aquí elegidas se midieran o evaluaran de manera uniformizada, sin embargo, dada su importancia, se describen a continuación comentarios sobre: el mecanismo de afectación de las fibras en

la trabajabilidad, forma de las fibras, tipo de fibra y aditivos usados para el control del slump.

Respecto del *Mecanismo de afectación de la trabajabilidad,* [18] menciona que la disminución de la trabajabilidad se debe a que la superficie de la fibra adicionada aumenta el área que debe recubrirse con mortero sumándose a la de los agregados, esto respalda que un aumento progresivo de la cantidad de fibra este directamente relacionado con una disminución de la trabajabilidad de la mezcla de concreto [20].

Otras investigaciones mencionan que la inclusión de fibras puede generar microporos en la matriz de concreto siendo esta la causa por la que la muestra requiere de más agua [20].

Sobre la forma de la fibra [21] menciona que formas alejadas de un ideal "esférico" están relacionadas con una mayor fricción de las partículas en la mezcla. Esto a su vez está relacionado con lo mencionado en [28], quien afirma que una fibra mas corta puede favorecer la trabajabilidad en comparación con una fibra más larga, puesto que esta última puede causar interferencias u obstaculizar el flujo del agregado.

Por otro lado, no todas las investigaciones refieren el *uso de aditivos,* puesto que su principal objetivo es el de evaluar los efectos en la mezcla "pura", sin embargo, algunas investigaciones si tomaron en cuenta su uso, con el fin de verificar soluciones ante este fenómeno, por ejemplo [18] y [21] usan y mencionan el uso de plastificantes y superplastificantes como el mostrado en la Fig. 5 para obtener mezclas trabajables.

Fig. 5 Sika Visco Crete Hi-Tech 1316 aditivo superplastificante (tomado de [18])

El tipo de fibra en relación a su material, influye también en el concreto refractario teniendo en cuenta que a elevadas temperaturas las fibras naturales se descomponen dejando vacíos en la mezcla como los mostrados en la Fig. 6, esto no ocurre con las fibras metálicas.

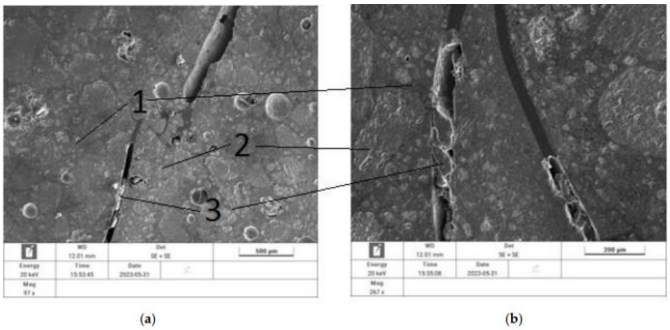

Fig 6, imagen de microscopio electrónico de barrido que demuestra en (1) lechada de cemento; (2) árido; (3) fibras de material reciclado; (4) huecos causados por la fusión del material reciclado, temperatura 200°C. (tomado de [22] bajo licencia CC BY 4.0).

C. Análisis de Ingeniería especifico

Los resultados relacionados con la trabajabilidad y el contenido de fibra no están medidos y expresados de la misma manera en todas las investigaciones analizadas, se encontraron 4 formas en las que se considera la cantidad de fibra añadida a las mezclas de concreto, [19], [20] [22], [23], [24], [28], [32], [33] y [37] expresaron está cantidad en unidades de kilogramo por metro cubico (kg/m3) , mientras que [25] la expresa como porcentaje de peso del cemento, [26] y [30] como porcentaje de peso del concreto y [31], [34], [35], [36] trabajaron con el porcentaje de volumen de la mezcla, en base a esto podemos afirmar que la forma más usada para expresar la cantidad de fibra añadida a la mezcla de concreto es en unidades de kilogramo por metro cubico (kg/m3) seguida del % de volumen, porcentaje de peso de concreto y finalmente la menos usada es el porcentaje de peso de cemento, solo usada por una investigación, el resumen de esto se encuentra en la tabla IV.

TABLA IV
FORMAS DE MEDIR LA CANTIDAD DE FIBRAS Y ESTUDIOS

kg/m3	[19], [20] [22], [23], [24], [28], [32], [33] , [37]	9
Porcentaje del volumen.	[31], [34], [35], [36]	4
Porcentaje del peso del concreto.	[26] y [30]	2
Porcentaje del peso del cemento.	[25]	1
Otras.	…	4

A causa de la variabilidad en la forma en la que se expresa el contenido de fibra en la mezcla de concreto, el análisis detallado se realiza por separado para cada uno de los 5 grupos de investigaciones presentados en la tabla anterior. Se analizo la trabajabilidad teniendo en cuenta el efecto que tienen en ella parámetros como el tipo, cantidad, longitud y diámetro de la fibra investigada. Los valores de asentamiento, tipo de fibra, diámetro, forma de medición, norma de ensayo y tipo de concreto para el total de los artículos analizados se muestran más adelante en la tabla V.

El análisis detallado se muestra únicamente para aquellas investigaciones que trabajaron la adición de fibra expresada en kilogramos por metro cubico (kg/m3), según se puede ver en las Fig. 7, 8 y 9. Se muestra la relación existente entre el slump y el contenido de fibra en la Fig. 7, las barras en azul están

relacionadas con el eje vertical izquierdo (porcentaje del slump), este hace referencia a la disminución que ha tenido el asentamiento o slump, mientras que las barras en color naranja muestran el contenido de fibra expresado en kg/m3. Aunque las mezclas en cada una de las investigaciones individuales a las que se hace referencia tienen distintos diseños y en algunos casos elementos añadidos a la mezcla distintos a las fibras, se puede apreciar con la ayuda de la línea de tendencia en rojo que el lado izquierdo del grafico es el lado en el que se tienen mayores contenidos de fibra y estos corresponden con una mayor disminución en el slump.

En la Fig. 8, siguiendo un orden similar al descrito para la Fig. 7, se muestra el comportamiento que tiene la disminución del slump en relación a la longitud de la fibra en mm, con la ayuda de la línea de tendencia en rojo, se puede apreciar que las longitudes de fibra mayores están en el lado izquierdo de la figura, correspondiendo con una mayor variación en el slump.

Por último, en la Fig. 9, se muestra el comportamiento que tiene la disminución del slump en relación al diámetro de la fibra en mm, la línea de tendencia muestra en este caso que los menores diámetros de fibra están en el extremo izquierdo de la figura, zona en la que se tiene las mayores disminuciones de slump.

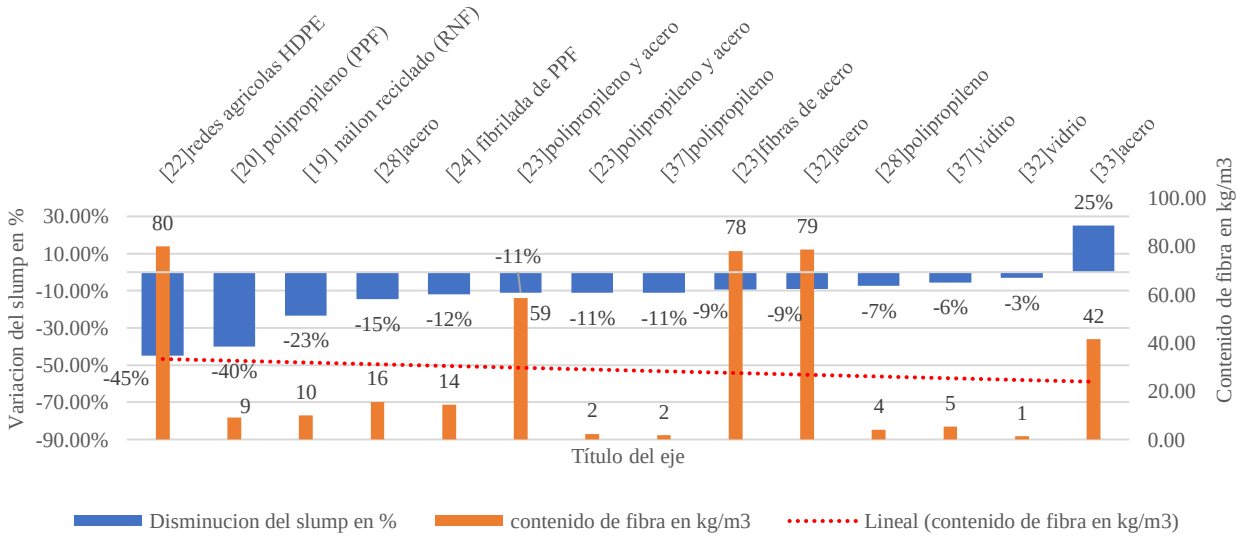

Fig. 7 Porcentaje de disminución del slump (azul) y contenido de fibra (naranja).

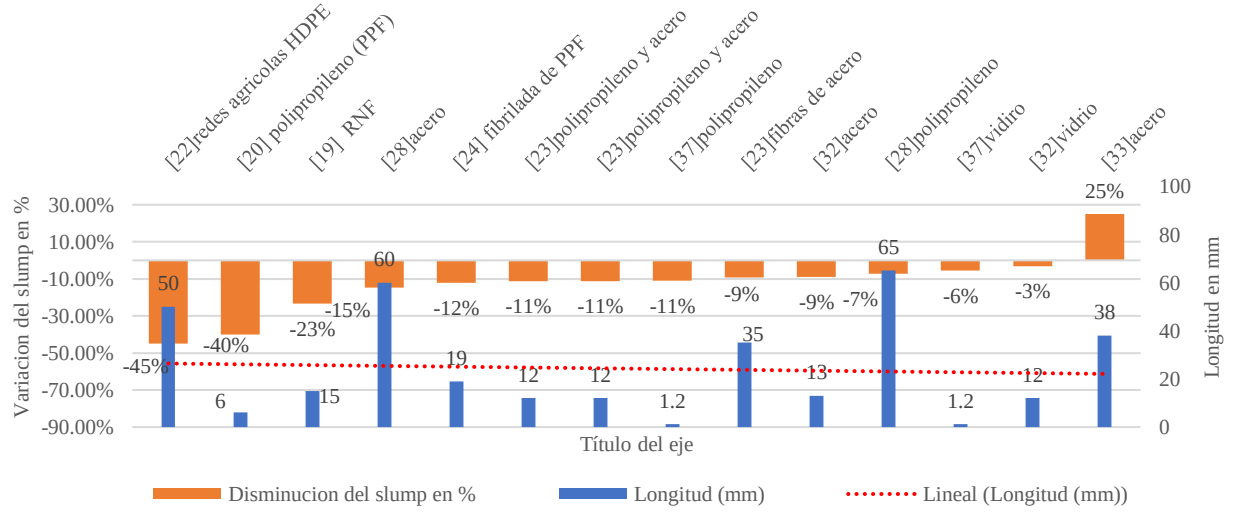

Fig. *8* Porcentaje de disminución del slump (naranja) y longitud de fibras (azul).

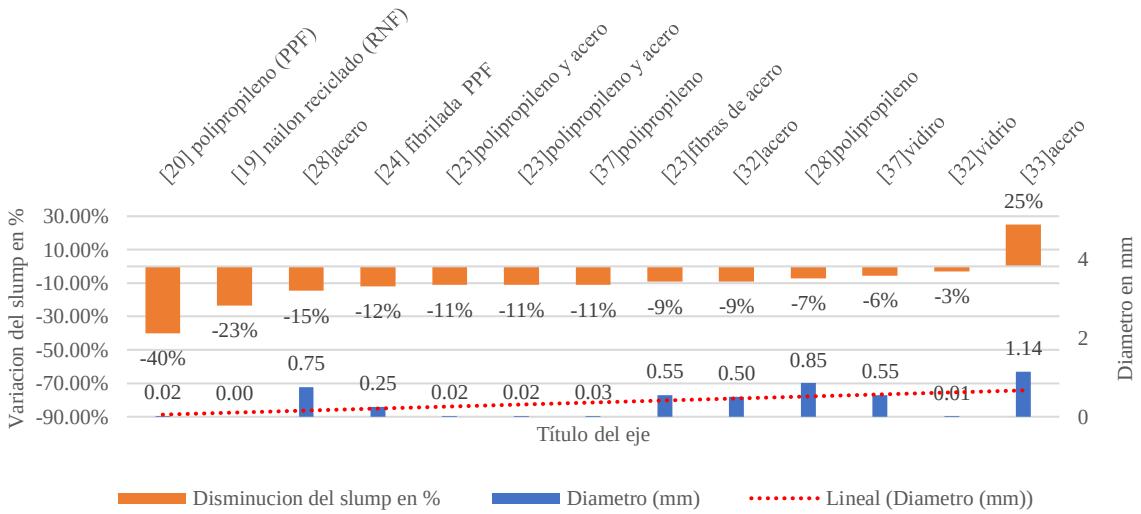

Fig. 9 Porcentaje de disminución del slump (naranja) y diámetro de fibras (azul).

En la tabla V, en la tercera columna “Normas de ensayo” , se puede apreciar el código normativo usado por cada uno de los investigadores para evaluar la trabajabilidad en cada uno de los estudios, se puede ver que las normas ASTM fueron usadas por [18] , [19], [20], [21], [35] y [37] mientras que [26], [25], [27], [29], [22], [34] y [31] usan el códigos BS-EN, los autores [28], [32] y [36] usaron EFNARC , otros códigos locales son usados por [23], [30], [24] y [33].

TABLA V
DISMINUCION DEL SLUMP Y PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE FIBRAS

Referencia	Tipo de concreto	Norma de ensayo	Propiedad medida	Tipo de fibra	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Variación slump	contenido de fibra	unidad	Medida en
Aljabbri et al. 2021[18]	concreto de ultra alta resistencia (UHSC) > a 100 Mpa.	ASTM C 1437	flow	fibras de acero	-	-	-10.98%	2.00	%	-
				fibras de polipropileno	-	-	-32.96%	2.00	%	-
Jabin et al. 2024 [19]	concreto adicionado con materiales reciclados y polvo de piedra pómez volcánica (resistencia convencional 40Mpa)	ASTM 143	slump	fibra de nailon reciclado (RNF)	15	-	-23.33%	9.90	kg/m3	
Gencel et al. 2021[20]	concreto celular obtenido con espumante, entre 6 y 14 Mpa.	ASTM C1437	flow	fibras de polipropileno (PPF)	6	0.018	-40.00%	9.10	kg/m3	
Shalby et al. 2020[21]	concreto de resistencia convencional adicionado con nanoarcillas > 40Mpa.	ASTM C143 - slump	slump	fibras de acero	60	1	-21.36%	1%	%	en peso
Zegardło et al. 2024 [22]	concreto adicionado con fibras agrícolas recicladas. de 13MPa a 28Mpa.	PN-EN 12350-2:2011 (norma Polonia)	slump	redes agrícolas usadas para envolver fardos de paja. (c2h4)n , malla HDPE	50	5	-45.00%	80.00	kg/m3	
Al-Kabi et al. 2024[23]	concreto ligero autocompactante adicionado con fibras de acero y de polipropileno, entre 15Mpa y 30 Mpa.	Slump medido con el cono de Abrams, según las directrices europeas	slump	fibras de acero	35	0.55	-9.21%	78.00	kg/m3	
				polipropileno y acero	12	0.018	-11.18%	58.50	kg/m3	
								2.28	kg/m3	

Mydin et al. 2022 [24]	concreto celular 2 - 6 Mpa.	dispersión de cilindros abiertos de Brewer	slump	fibra fibrilada de polipropileno	19	0.25	-12.00%	14.40	kg/m3	
Odeyemi et al. 2021[25]	concreto adicionado con fibra de palma de rafia, 30 Mpa.	Slump - BS EN 12350-2 (BS EN 12350-2:2009, 2009).	slump	fibra de palma de rafia	-	-	-50.00%	1.00	%	peso de cemento
Bentegri et al. 2020 [26]	concreto reforzado con fibras de Polipropileno.	norma NFEN 12350-2 (cono de Abrahams)	slump	fibras de polipropileno	19	0.34	-10.52%	0.24	%	peso de concreto
					30	0.48	-15.78%	0.24	%	peso de concreto
					54	0.34	-31.58%	0.24	%	peso de concreto
Osmi et al. 2024 [27]	concreto adicionado con fibra de bambu, 21 Mpa.	BS EN 12390 Parte 2 (slump test)	slump	fibra de bambú (Bambusa Vulgaris)	10	0.25	-50.00%	1.25	%	-
Aslani et al. 2019 [28]	concreto autocompactante con partículas de caucho, hormigón autocompactado (SCRC) o hormigón cauchutado autocompactante f'c > 50 Mpa	EFNARC (2005). /AS 1012.14 (AS 1991).	slump	polipropileno	65	0.85	-7.28%	3.90	kg/m3	
				acero	60	0.75	-14.62%	15.50	kg/m3	
Emiri et al. 2023 [29]	concreto adicionado con fibras de acero entre 20 y 30 Mpa.	BS (2019) EN 12350-2 , BS (2019) EN 12390-2 , y BS (2019) EN 12390-3 .	slump	fibra de acero	50	1	-31.25%	1.60	%	en peso
Abulridha et al 2022 [30]	concreto convencional de 25Mpa a 30 Mpa.	normas iraquíes IQS	slump	fibras de cuerda de desecho	15	0.19	-28.60%	0.25	%	peso de concreto
							-52.70%	0.50	%	peso de concreto
							-84.60%	1.00	%	peso de concreto
Bheel et al. [31]	concreto convencional de entre 25 y 30 Mpa	BSEN12350-2 code.	slump	Nylon y jute	10/20	0.1	-50.00%	2.00	%	volumen
Kumari, et al. 2023 [32]	concreto de normal y de elevada resistencia de entre 50 y 100 Mpa	EFNARC, F., 2002	slump	acero	13	0.5	-8%/10%	78.50	kg/m3	
				vidrio	12	0.014	-1.3/5%	1.30	kg/m3	
Alogla, et al. 2020 [33]	concreto reforzado con fibras de resistencia normal y elevada (29 y 111 Mpa)	-	slump	acero	38	1.14	+25%	41.50	kg/m3	
Netinger et al. 2018 [34]	Concreto adicionado con fibras de cáñamo de entre 40 -50 Mpa	EN12350	slump	polipropileno	18	0.62	-21.00%	1.00	%	volumen
				cáñamo	18	0.5	-18.90%	1.00	%	volumen
Yassin, et al. 2024 [35]	concreto con fibra de micropolipropileno de alto rendimiento (HPFC), f'c 70Mpa.	ASTM C143/C143M, EN 1 2350–2 y ECP 203–2020.	slump	polipropileno	12	0.03	-51.55%	1.00	%	volumen
							-95.00%	2.00	%	volumen
				acero	30	0.5	0.00%	1.00	%	volumen
Moghaddam, et al. 2025 [36]	concreto autocompactante.	EFNARC	slump	fibra de vidrio	12	0.02	-4.40%	1.50	%	volumen
			slump	polipropileno	1.2	0.025	-11.11%	1.80	kg/m3	

Mohamed Amina, Bassam A. Tayehb, Ibrahim saad agwa. 2020 [37]	concreto ligero reforzado con fibra de polipropileno y fibra de vidrio.	ASTM C143/C143M-15a		vidrio	1.2	0.55	-5.55%	5.40	kg/m3	

IV. CONCLUSIONES

Los tipos de fibra más usadas fueron el acero y el propileno cada uno con un 31% del total, en tercer lugar, está la fibra de vidrio y las fibras naturales con un 10 % cada uno también, las fibras recicladas y el nilón constituyen el 7% cada una y otros tipos de fibra como el jute se usaron en menor proporción 3%.

Se identificaron principalmente dos pruebas para a la medición de la consistencia asociada a la trabajabilidad de la mezcla, la prueba de revenimiento o slump y la prueba de vertimiento en mesa (Flow), la más usada es el slump, tomada en cuenta por el 90% de los estudios analizados.

Se encontró que las fibras que tienen mayor longitud afectan más a la trabajabilidad. El promedio de la longitud de las fibras empleadas en los artículos analizados es de 26.22 mm, siendo la mayor longitud la que usaron con fibras de polipropileno 60 mm y el más pequeño 1.2mm para fibra de vidrio y polipropileno.

Las fibras que tienen diámetros menores parecen contribuir a una disminución de la trabajabilidad. En cuanto al diámetro, la mayoría de fibras usadas como adición del concreto no superan el milímetro, solo las redes agrícolas y el acero que en una investigación en particular tuvieron diámetros de 5mm y 1.14 mm respectivamente.

No hay correspondencia entre el tipo de fibra (material) y dimensiones de las mismas, estas son muy variables en cada una de las investigaciones analizadas. En base a los antecedentes y los resultados que aquí se presentan se pudo verificar que la trabajabilidad disminuye mientras mayor es el contenido de fibra que se añade a la mezcla sin importar su tipo.

En general se encontró que entre las investigaciones que incluyen fibras en el concreto, hay gran variación en la manera en la que se mide la trabajabilidad y en la forma en la que se expresan parámetros relacionados con dichas mediciones, como el contenido de fibra, se encontraron hasta 4 formas de expresarlo, estas son: en kg/m3, porcentaje en peso de la mezcla, porcentaje en peso del cemento y porcentaje del volumen. Respecto a la forma de medición predominaron los códigos europeos BS-EN usado por 7 investigaciones, los códigos americanos ASTM usados por 6 artículos y 4 emplearon códigos particulares de regiones y países específicas.

El establecimiento de procedimientos de evaluación y medición más uniformes permitirían análisis más profundos, extensos y precisos. Sería conveniente para tal fin establecer códigos de diseño que extiendan el alcance de los códigos regionales actuales.

Esta investigación se ha centrado principalmente en analizar los efectos de la adición de fibras sobre la consistencia y trabajabilidad del concreto refractario en estado fresco, sin embargo, es necesario investigar también el comportamiento del material en estado endurecido. En particular, resulta relevante investigar cómo la cantidad, forma, tipo y geometría de las fibras influyen en sus propiedades mecánicas y durabilidad, así como profundizar en los mecanismos mediante los cuales estas variables afectan la trabajabilidad de la mezcla.

REFERENCIAS

[1] K. L. Scrivener, V. M. John, and E. M. Gartner, "Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry," *Cem Concr Res*, vol. 114, pp. 2–26, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.cemconres.2018.03.015.

[2] Y. Lima, L. Sulbarán, and Y. L. Mack-Vergara, "La necesidad de un inventario de agua, energía y CO 2 del hormigón en Panamá The need for a water, energy and CO2 inventory of concrete in Panama," *Revista de Iniciación Científica*, vol. 9, no. 2, pp. 17–22.

[3] H. E. Beytekin, Ö. Biricik Altun, A. Mardani, and F. Şenkal Sezer, "Innovative lightweight concrete: effect of fiber, bacteria and nanomaterials," Sep. 01, 2024, *Springer Science and Business Media Deutschland GmbH*. doi: 10.1007/s13726-024-01313-w.

[4] H. Jahangir Qureshi, J. Ahmad, A. Aljabr, and N. Garcia-Troncoso, "Review on characteristics of concrete reinforced with nylon fiber," Jan. 01, 2023, *SAGE Publications Ltd*. doi: 10.1177/15589250231189812.

[5] J. Blazy, R. Blazy, and Ł. Drobiec, "Glass Fiber Reinforced Concrete as a Durable and Enhanced Material for Structural and Architectural Elements in Smart City—A Review," *Materials*, vol. 15, no. 8, Apr. 2022, doi: 10.3390/ma15082754.

[6] Q. Liao, X. D. Zhao, W. W. Wu, J. X. Lu, K. Q. Yu, and C. S. Poon, "A review on the mechanical performance and durability of fiber reinforced lightweight concrete," Jul. 01, 2024, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.jobe.2024.109121.

[7] I. Bentegri, O. Boukendakdji, E. H. Kadri, T. T. Ngo, and H. Soualhi, "Rheological and tribological behaviors of polypropylene fiber reinforced concrete," *Constr Build Mater*, vol. 261, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119962.

[8] S. Singh, R. Batra, B. Nagappan, and D. Choudhary, "Fiber-reinforced concrete in high-temperature environments: In-depth survey on mechanical performance and rheological features," in *Multidisciplinary Reviews*, Malque Publishing, 2023. doi: 10.31893/MULTIREV.2023SS056.

[9] D. Hernández-Figueirido *et al.*, "Spalling phenomenon and fire resistance of ultrahigh-performance concrete," *Constr Build Mater*, vol. 443, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2024.137695.

[10] O. B. Shalby, H. M. Elkady, E. A. R. Nasr, and M. Kohail, "Assessment of mechanical and fire resistance for hybrid nano-clay and steel fibres concrete at different curing ages," *Journal of Structural Fire Engineering*, vol. 11, no. 2, pp. 189–203, May 2020, doi: 10.1108/JSFE-06-2019-0024.

[11] O. Gencel *et al.*, "Influence of bottom ash and polypropylene fibers on the physico-mechanical, durability and thermal performance of

foam concrete: An experimental investigation," *Constr Build Mater*, vol. 306, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.124887.
[12] N. A. S. Aljabbri, M. N. Hussein, and A. A. Khamees, "Performance of ultra high strength concrete expose to high rise temperature," *Annales de Chimie: Science des Materiaux*, vol. 45, no. 4, pp. 351–359, Aug. 2021, doi: 10.18280/acsm.450411.
[13] G. J. Kumari, S. S. Mousavi, and C. Bhojaraju, "Influence of thermal cycles and high-temperature exposures on the residual strength of hybrid steel/glass fiber-reinforced self-consolidating concrete," *Structures*, vol. 55, pp. 1532–1541, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.istruc.2023.06.096.
[14] M. A. O. Mydin *et al.*, "Influence of Polyformaldehyde Monofilament Fiber on the Engineering Properties of Foamed Concrete," *Materials*, vol. 15, no. 24, Dec. 2022, doi: 10.3390/ma15248984.
[15] H. H. Moghaddam, M. A. Lotfollahi-Yaghin, and A. Maleki, "Comprehensive analysis of mechanical characteristics in self-compacting concrete (SCC) with aluminum oxide (Al2O3) nanoparticles and glass fibers: An experimental and analytical investigation," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 22, Jul. 2025, doi: 10.1016/j.cscm.2024.e04095.
[16] M. J. Page *et al.*, "The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews," Mar. 29, 2021, *BMJ Publishing Group*. doi: 10.1136/bmj.n71.
[17] N. R. Haddaway, M. J. Page, C. C. Pritchard, and L. A. McGuinness, "PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis," *Campbell Systematic Reviews*, vol. 18, no. 2, Jun. 2022, doi: 10.1002/cl2.1230.
[18] N. A. S. Aljabbri, M. N. Hussein, and A. A. Khamees, "Performance of ultra high strength concrete expose to high rise temperature," *Annales de Chimie: Science des Materiaux*, vol. 45, no. 4, pp. 351–359, Aug. 2021, doi: 10.18280/acsm.450411.
[19] J. A. Jabin, M. T. H. Khondoker, M. H. R. Sobuz, and F. S. Aditto, "High-temperature effect on the mechanical behavior of recycled fiber-reinforced concrete containing volcanic pumice powder: An experimental assessment combined with machine learning (ML)-based prediction," *Constr Build Mater*, vol. 418, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2024.135362.
[20] O. Gencel *et al.*, "Influence of bottom ash and polypropylene fibers on the physico-mechanical, durability and thermal performance of foam concrete: An experimental investigation," *Constr Build Mater*, vol. 306, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.124887.
[21] O. B. Shalby, H. M. Elkady, E. A. R. Nasr, and M. Kohail, "Assessment of mechanical and fire resistance for hybrid nano-clay and steel fibres concrete at different curing ages," *Journal of Structural Fire Engineering*, vol. 11, no. 2, pp. 189–203, May 2020, doi: 10.1108/JSFE-06-2019-0024.
[22] B. Zegardło, C. Maraveas, K. Świeczka, and A. Bombik, "Recycling Waste Agricultural Nets as Cement Composites," *Materials*, vol. 17, no. 8, Apr. 2024, doi: 10.3390/ma17081828.
[23] W. H. Al-Kabi and H. K. Awad, "Fire flame effect on some properties of hybrid fiber reinforced LECA lightweight self-compacting concrete," *Magazine of Civil Engineering*, vol. 17, no. 4, 2024, doi: 10.34910/MCE.128.6.
[24] M. A. O. Mydin *et al.*, "Influence of Polyformaldehyde Monofilament Fiber on the Engineering Properties of Foamed Concrete," *Materials*, vol. 15, no. 24, Dec. 2022, doi: 10.3390/ma15248984.
[25] S. Olalekan Odeyemi and Z. Tolu Giwa, "Thermal resistance of raffia palm reinforced concrete," *Revista de la construcción*, vol. 20, no. 1, pp. 5–14, 2021, doi: 10.7764/RDLC.20.1.5.
[26] I. Bentegri, O. Boukendakdji, E. H. Kadri, T. T. Ngo, and H. Soualhi, "Rheological and tribological behaviors of polypropylene fiber reinforced concrete," *Constr Build Mater*, vol. 261, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119962.
[27] S. K. C. Osmi, H. Husen, M. Othman, N. M. Nor, S. Sojipto, and M. A. H. M. Termizi, "Performance of Bamboo Fibre on Modifying Mechanical Properties of Concrete," *The Open Civil Engineering Journal*, vol. 18, no. 1, May 2024, doi: 10.2174/0118741495288340240312050220.
[28] F. Aslani, J. Sun, and G. Huang, "Mechanical Behavior of Fiber-Reinforced Self-Compacting Rubberized Concrete Exposed to Elevated Temperatures," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 31, no. 12, Dec. 2019, doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002942.
[29] D. A. Emiri, P. C. Chiadighikaobi, and P. Ng'andu, "Compressive Strength Dependency on the Effect of Temperature Variation on the Percentages of Steel Fiber in Concrete," *The Open Construction & Building Technology Journal*, vol. 17, no. 1, Feb. 2023, doi: 10.2174/18748368-v17-e230202-2022-17.
[30] S. Q. Abdulridha, M. S. Nasr, B. H. Al-Abbas, and Z. A. Hasan, "Mechanical and structural properties of waste rope fibers-based concrete: An experimental study," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 16, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e00964.
[31] N. Bheel, T. Tafsirojjaman, Y. Liu, P. Awoyera, A. Kumar, and M. A. Keerio, "Experimental study on engineering properties of cement concrete reinforced with nylon and jute fibers," *Buildings*, vol. 11, no. 10, Oct. 2021, doi: 10.3390/buildings11100454.
[32] G. J. Kumari, S. S. Mousavi, and C. Bhojaraju, "Influence of thermal cycles and high-temperature exposures on the residual strength of hybrid steel/glass fiber-reinforced self-consolidating concrete," *Structures*, vol. 55, pp. 1532–1541, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.istruc.2023.06.096.
[33] S. M. Alogla and V. Kodur, "Temperature-induced transient creep strain in fiber-reinforced concrete," *Cem Concr Compos*, vol. 113, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2020.103719.
[34] I. Netinger Grubeša, B. Marković, A. Gojević, and J. Brdarić, "Effect of hemp fibers on fire resistance of concrete," *Constr Build Mater*, vol. 184, pp. 473–484, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.07.014.
[35] A. M. Yassin, M. M. Eldin, M. S. Omar, M. A. Hafez, and M. A. Elnaggar, "A new approach to calculate the shear strength of high-performance reinforced concrete beams fibered with micro polypropylene (experimental and analytical study)," *Eng Struct*, vol. 314, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.engstruct.2024.118347.
[36] H. H. Moghaddam, M. A. Lotfollahi-Yaghin, and A. Maleki, "Comprehensive analysis of mechanical characteristics in self-compacting concrete (SCC) with aluminum oxide (Al2O3) nanoparticles and glass fibers: An experimental and analytical investigation," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 22, Jul. 2025, doi: 10.1016/j.cscm.2024.e04095.
[37] M. Amin, B. A. Tayeh, and I. saad agwa, "Investigating the mechanical and microstructure properties of fibre-reinforced lightweight concrete under elevated temperatures," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 13, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.cscm.2020.e00459.