



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis de las propiedades mecánicas del concreto modificado  
con fibra de polipropileno: una revisión de literatura**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:**

Bachiller en Ingeniería Civil

**AUTORES:**

Baldoceda Puentes, Joel Adi Omar ([orcid.org/0000-0003-4513-1816](https://orcid.org/0000-0003-4513-1816))

Quezada Trujillo, Karen Mirna([orcid.org/0000-0002-1771-8292](https://orcid.org/0000-0002-1771-8292))

**ASESOR:**

Dr. Requis Carbajal, Luis Villar ([orcid.org/0000-0002-3816-7047](https://orcid.org/0000-0002-3816-7047))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, REQUIS CARBAJAL LUIS VILLAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto modificado con fibra de polipropileno: una revisión de literatura", cuyos autores son BALDOCEDA PUENTES JOEL ADI OMAR, QUEZADA TRUJILLO KAREN MIRNA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 12 de Julio del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
REQUIS CARBAJAL LUIS VILLAR <b>DNI:</b> 04067813 <b>ORCID:</b> 0000-0002-3816-7047	Firmado electrónicamente por: LREQUIS el 12-07- 2024 18:20:38

Código documento Trilce: TRI - 0812440



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, BALDOCEDA PUENTES JOEL ADI OMAR, QUEZADA TRUJILLO KAREN MIRNA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto modificado con fibra de polipropileno: una revisión de literatura", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado, ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
JOEL ADI OMAR BALDOCEDA PUENTES <b>DNI:</b> 74974456 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4513-1816	Firmado electrónicamente por: ABALDOCEDAPU el 12-07-2024 21:32:38
KAREN MIRNA QUEZADA TRUJILLO <b>DNI:</b> 76945629 <b>ORCID:</b> 0000-0002-1771-8292	Firmado electrónicamente por: KQUEZADAT el 12-07-2024 15:25:45

Código documento Trilce: TRI - 0812441

## Índice de contenidos

Declaratoria de autenticidad del asesor.....	ii
Declaratoria de originalidad de los autores.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	3
III. RESULTADOS.....	5
IV. CONCLUSIONES.....	24
REFERENCIAS.....	25
ANEXOS.....	29

## Índice de tablas

Tabla 1. Búsqueda con palabras clave .....	4
Tabla 2. Procesamiento de la información .....	4
Tabla 3. Propiedades mecánicas del concreto con fibras a los 28 días.....	7
Tabla 4. Resultados experimentales de resistencias a compresión, tracción, flexión y módulo de elasticidad .....	17

## Índice de figuras

Figura 1. Resistencia a la compresión del concreto con macropolifibras .....	5
Figura 2. Resistencia media a la tracción del concreto con macropolifibras. ....	6
Figura 3. Resistencia a la flexión del concreto con macropolifibras .....	6
Figura 4. Resistencia a la compresión con fibras de polipropileno.....	7
Figura 5. Permeabilidad de las 15 mezclas de UHPC (eje x) calculadas a partir de la ecuación .....	9
Figura 6. Resistencia a la compresión de las muestras de cemento base y a base de PPF 10 y 20 días.....	10
Figura 7. Resistencia a la tracción de las muestras de cemento base y a base de PPF 10 y 20 días.....	10
Figura 8. Permeabilidad de las muestras de cemento base y a base de PPF 10 y 20 días.....	11
Figura 9. resistencia a la compresión cúbica y axial a los 7 y 28 días .....	12
Figura 10. Resultados de la resistencia a la flexión .....	12
Figura 11. Resultados de la resistencia a la tracción .....	13
Figura 12. Resistencia a la compresión del hormigón modificado con adición de fibras .....	14
Figura 13. Resistencia a la flexión y tracción del hormigón modificado con la adición de fibras .....	14
Figura 14. Resistencia a la compresión de muestras con PPG y PPW durante el proceso de curado.....	15
Figura 15. Resistencia a la flexión de muestras con PPG y PPW durante el curado.....	16
Figura 16. Resistencia a la tracción dividida de muestras con PPG y PPW durante el curado .....	16
Figura 17. Resistencia a la tracción axial estimada para diferentes mezclas de concreto .....	18
Figura 18. Resistencia a la compresión de las edades de 3, 7 y 28 días.....	19

Figura 19. Efecto sobre la densidad del hormigón para diferentes porcentajes de árido de PP .....	21
Figura 20. Variación en la resistencia a la compresión del concreto para diferentes mezclas... ..	21
Figura 21. Variación en la resistencia a la compresión del concreto para diferentes mezclas... ..	22
Figura 22. Resistencia a la flexión del hormigón para diferentes mezclas .....	22
Figura 23. Efecto del tamaño y contenido de fibras sobre la resistencia a la compresión del concreto .....	23
Figura 24. Efecto del tamaño y contenido de fibras sobre la resistencia a la flexión del concreto.....	23

## Resumen

Los estudios revisados han abordado el impacto de diferentes tipos y dosificaciones de fibras de polipropileno en el concreto modificado desde varias perspectivas. La metodología se inició con una búsqueda exhaustiva en diversas fuentes académicas y científicas. Esta búsqueda incluyó bases de datos especializadas, revistas científicas relevantes y actas de conferencias. A partir de esta búsqueda, se seleccionaron los estudios que abordaron directamente el tema de interés, aplicando criterios predefinidos de inclusión y exclusión. Una vez identificados los estudios pertinentes, se procedió a la extracción de datos relevantes de cada uno de ellos. Se observa una diversidad de resultados en términos de propiedades mecánicas, trabajabilidad y durabilidad del concreto. Aunque algunos estudios sugieren mejoras en la resistencia a la tracción y flexión con ciertas fibras de polipropileno, la trabajabilidad y la resistencia a la compresión también pueden verse influenciadas. Sin embargo, existe una falta de estándares uniformes para la caracterización y evaluación de estas propiedades, lo que dificulta la comparación directa entre los estudios y la generalización de los resultados. Además, la variabilidad en los métodos de ensayo y las condiciones de aplicación hace que sea desafiante extrapolar los hallazgos a diferentes situaciones y entornos de uso del concreto con fibras de polipropileno. En general, se requiere más investigación para comprender mejor cómo los diferentes factores influyen en el desempeño y la aplicabilidad práctica del concreto modificado con fibra de polipropileno.

**Palabras clave: Polipropileno, concreto, mecánicas**

## **Abstract**

The studies reviewed have addressed the impact of different types and dosages of polypropylene fibers in modified concrete from various perspectives. The methodology began with an exhaustive search in various academic and scientific sources. This search included specialized databases, relevant scientific journals and conference proceedings. From this search, studies that directly address the topic of interest will be selected, applying predefined inclusion and exclusion criteria. Once the relevant studies were identified, relevant data was extracted from each of them. A diversity of results is observed in terms of mechanical properties, workability and durability of the concrete. Although some studies suggest improvements in tensile and flexural strength with certain polypropylene fibers, workability and compressive strength can also be influenced. However, there is a lack of uniform standards for the characterization and evaluation of these properties, which makes direct comparison between studies and generalization of results difficult. Furthermore, the variability in test methods and application conditions makes it challenging to extrapolate findings to different situations and environments of use of polypropylene fiber concrete. Overall, more research is required to better understand how different factors influence the performance and practical applicability of polypropylene fiber modified concrete.

**Keywords: Polypropylene, concrete, mechanical**

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los desafíos prominentes en este nuevo ciclo implica alcanzar una armonización efectiva entre la resistencia necesaria y la utilización de materiales de construcción. Tanto fibras artificiales como naturales han emergido como recursos prometedores en ingeniería, desempeñando un papel crucial como en la resistencia a la compresión, tracción y a la flexión (Elbehiry y Mostafa, 2020). Las deficiencias actuales en elementos de gran escala han propiciado la adopción de fibras con el propósito de potenciar el desempeño del hormigón (Sumukh, Goudar y Das, 2021). Este tipo de concreto ofrece mejoras significativas en propiedades como resistencia a la tensión, flexión, fatiga, impacto y capacidad para prevenir o reducir la formación de grietas. Además, destacan por su capacidad de absorción de energía, lograda mediante el uso de mezclas específicas de FRC (Campoy, Chávez, Rojas, Gaxiola, Millány Rosa, 2021). La problemática abordada es la necesidad de realizar un análisis exhaustivo de las propiedades del concreto de tipo mecánicas cuando se modifica con polipropileno. Los problemas de investigación son: PI1. ¿Qué estudios comparativos existen que evalúen diferentes fibras de material polipropileno en el concreto modificado? PI2. ¿Cuáles son las variaciones en los métodos de ensayo utilizados con los que se evalúan las propiedades mecánicas del concreto con fibra de polipropileno? PI3. ¿Se han establecido estándares uniformes para la caracterización y evaluación sobre propiedades de características mecánicas del concreto modificado con fibra de polipropileno? PI4. ¿Los resultados de los estudios revisados son generalizables a diferentes condiciones y aplicaciones hacia el concreto con fibra de polipropileno? La justificación de esta revisión de literatura es, los aportes teóricos consisten en recopilar y sintetizar conocimientos previos relacionados con su uso en el concreto. Esta revisión permite identificar investigaciones anteriores sobre el tema, analizar tendencias y comprender mejor cómo influye este material de polipropileno en las propiedades mecánicas del concreto. Este análisis proporcionara información para futuras investigaciones y aplicaciones en la industria de la construcción. Aportes de relevancia social, radica en su capacidad para mejorar la seguridad y durabilidad de las infraestructuras, lo que repercute directamente a una vida de calidad de las personas y en el desarrollo económico. Aporte metodológico, radica en proporcionar una guía hacia investigaciones venideras y aplicaciones prácticas en el campo de la ingeniería civil. Al recopilar y analizar estudios previos, esta revisión establece un marco de

referencia para la realización de experimentos y pruebas, así como para el desarrollo de nuevas técnicas de diseño y construcción que incorporen la fibra de polipropileno. Esto facilita la búsqueda de soluciones innovadoras ante desafíos relacionados hacia el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto y su aplicación en diversas estructuras y proyectos de ingeniería. OI1. Identificar estudios comparativos que evalúen diferentes tipos de el material clasificado como polipropileno en fibra en el concreto modificado. OI2. Describir las variaciones en los métodos de ensayo usados en la evaluación de las propiedades mecánicas del concreto con fibra de polipropileno. OI3. Determinar si existen estándares uniformes para la caracterización y evaluación de las propiedades mecánicas del concreto modificado con fibra de polipropileno. OI4. Evaluar la generalización de los resultados de los estudios revisados a diferentes condiciones y usos del concreto con fibra de polipropileno.

## **II. METODOLOGÍA**

El enfoque del es narrativo, centrándose en la recopilación, síntesis y análisis crítico de investigaciones previas relacionadas con el tema. La metodología se inicia con una búsqueda exhaustiva. Esta búsqueda incluye bases de datos especializadas, revistas científicas relevantes y actas de conferencias. A partir de esta búsqueda, se seleccionan los estudios que abordan directamente el tema de interés, aplicando criterios predefinidos de inclusión y exclusión. Una vez identificados los estudios pertinentes, se procede a la extracción de datos relevantes de cada uno de ellos. Esta extracción implica recopilar información detallada sobre los métodos utilizados en los estudios. Esta fase es crucial para comprender la diversidad de enfoques y hallazgos presentes en la literatura existente. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis crítico de los estudios seleccionados. Este análisis implica evaluar la calidad metodológica de cada estudio, así como la consistencia de los resultados reportados. Se buscan posibles sesgos o limitaciones que puedan afectar la validez de los resultados y se consideran en la interpretación de los hallazgos. Una vez completado el análisis de los estudios individuales, se procede a sintetizar los resultados. Esta síntesis implica identificar patrones y tendencias comunes en los hallazgos de los estudios revisados, así como destacar las áreas de discrepancia o controversia en la literatura. Finalmente, se interpretan los resultados de la revisión en su conjunto y se formulan conclusiones basadas en la evidencia recopilada. Estas conclusiones pueden tener implicaciones importantes, así como para su aplicación práctica en la ingeniería civil y la construcción. Se realizaron exploraciones en múltiples bases de datos, como Scopus, MDPI, Scielo y Science Direct, además de efectuar consultas en motores de búsqueda como Google Académico. Durante este proceso, se ubicaron documentos científicos en diversos idiomas, entre ellos el español, así como en lenguas internacionales como el inglés, portugués y otros idiomas extranjeros. Los datos recopilados se organizan en tabla 1 para su posterior consulta.

*Tabla 1. Búsqueda con palabras clave*

<b>Base de datos</b>	<b>Palabra clave</b>
Scielo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibra</li> <li>• Polipropileno</li> <li>• Fibras + polipropileno</li> <li>• Propiedades+ mecánicas</li> <li>• Concreto + propiedades</li> </ul>
MDPI	
Science Direct	
Scopus	
Academia Google	

Fuente: Propia

Se llevaron a cabo búsquedas de artículos científicos utilizando las palabras clave especificadas. Posteriormente, se aplicaron diversos criterios de selección para identificar y resaltar los artículos más relevantes. Véase la tabla 2.

*Tabla 2. Procesamiento de la información*

<b>Preselección</b>	<b>Selección inicial</b>	<b>Selección final</b>
Durante esta etapa, al introducir las palabras clave, se encontró una amplia variedad de información disponible.	En esta parte, se implementó el primer filtro, el cual se centró en limitar los artículos a aquellos publicados en los últimos 5 años.	Se seleccionaron los artículos científicos más relevantes y con una mayor relación con el tema de investigación.

Fuente: Propia

Al llevar a cabo este proceso de selección de información se revisaron un total de 50 artículos de los cuales fueron artículos, tesis y materiales bibliográficos, donde se logró identificar y utilizar los artículos más relevantes para la elaboración del artículo. Es crucial abordar consideraciones éticas y de integridad científica. Además, es fundamental evitar el plagio y citar adecuadamente todas las fuentes utilizadas en el estudio. La manipulación de datos debe ser evitada a toda costa, asegurando que los resultados se presenten de manera honesta y transparente. Cualquier conflicto de interés debe ser revelado para mantener la objetividad de la investigación. Además, es importante respetar los derechos humanos y garantizar se realice investigaciones de manera ética, cumpliendo con todas las normativas y regulaciones establecidas. Estas consideraciones éticas y de integridad científica son esenciales para los resultados obtenidos en este estudio tengan credibilidad y valia.

### III. RESULTADOS

Identificamos estudios el O1

Las fibras de polipropileno son materiales sintéticos utilizados como refuerzo en una variedad de aplicaciones dentro del campo de la construcción y la ingeniería civil. Estas fibras están fabricadas principalmente a partir de polipropileno, un tipo de plástico conocido por su resistencia, durabilidad y bajo peso específico. Una categoría común es la de las fibras de polipropileno monofilamento, que consisten en fibras individuales largas y delgadas, similares a hilos, que se dispersan uniformemente en el concreto fresco durante el proceso de mezclado. Otro tipo son las fibras de polipropileno multifilamento, que están compuestas por varios hilos delgados entrelazados entre sí. Además, existen las fibras de polipropileno microfibriladas, que se caracterizan por tener una estructura fibrilar más compleja y una mayor área superficial. Esto ayuda a mejorar la cohesión del material y a reducir la formación de grietas, especialmente en aplicaciones que experimentan cargas dinámicas o cíclicas. Cada tipo de fibra de polipropileno ofrece beneficios específicos según las necesidades de resistencia, durabilidad y comportamiento frente a cargas que requiere el proyecto. La selección adecuada de fibras de polipropileno puede significar una mejora, contribuyendo así a la construcción de estructuras más seguras y duraderas en diversos entornos y condiciones de servicio.

Este estudio investiga los posibles beneficios de utilizar macropolifibras extruidas en el hormigón, empleando dos dosis de fibra:  $4 \text{ kg/m}^3$  y  $6 \text{ kg/m}^3$ . Se realizaron diversas pruebas físicas, mecánicas y microestructurales. Los resultados mostraron una mejora significativa en todas las propiedades de tipo mecánicas y microestructurales. En particular, la capacidad de resistir a compresión, a tracción y flexión del hormigón con una dosis de  $6 \text{ kg/m}^3$  de fibra aumentó en un 19%, 41% y 17% respectivamente, en comparación con el hormigón sin refuerzo de fibra. Aunque no se observó impacto en el módulo de ruptura, las fibras mejoraron la tenacidad del hormigón, resultando en un fallo progresivo en lugar de una rotura repentina y frágil (Abousnina et al., 2021).

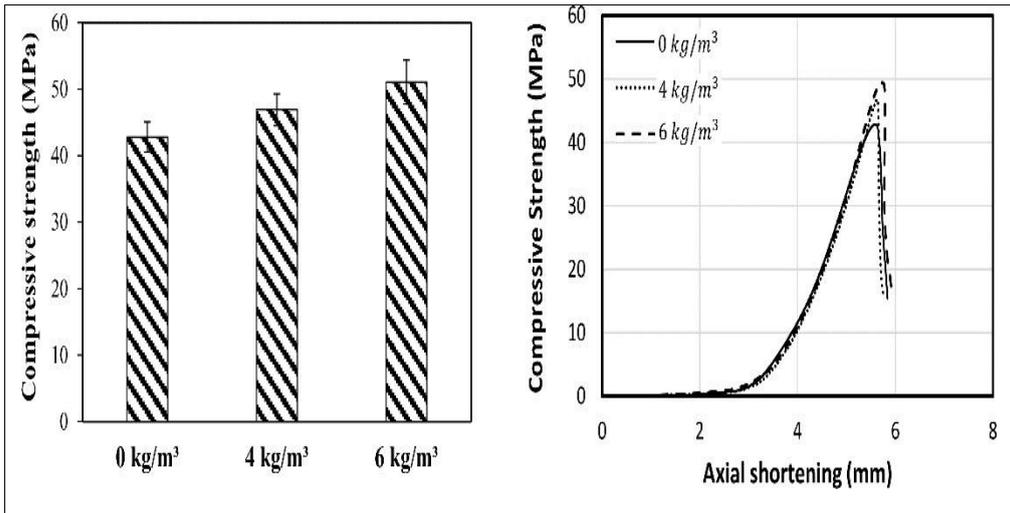


Figura 1. Resistencia a la compresión del concreto con macropolifibras

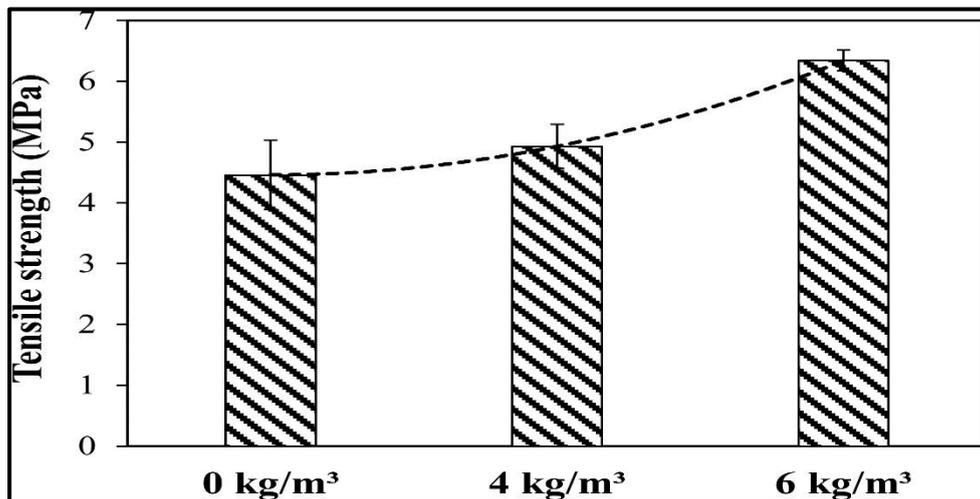


Figura 2. Resistencia media a la tracción del concreto con macropolifibras.

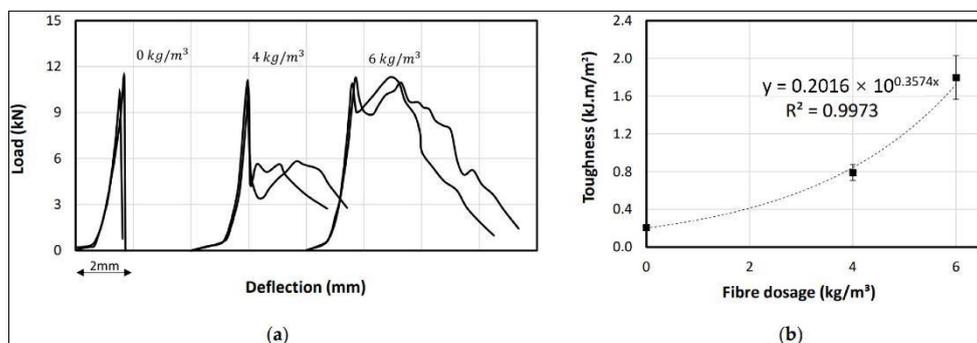


Figura 3. Resistencia a la flexión del concreto con macropolifibras

El estudio investiga la aplicación de la fibra de polipropileno en el concreto, elaborado con cenizas y cáscara de coco como materiales principales. Se analizaron dos combinaciones de agregados, tanto con cáscara del coco como el único agregado grueso y otra a su vez otra con una mezcla de agregados convencionales y la cáscara del coco. Además, se sustituyó el 10% del peso del concreto con cenizas volantes de clase F. Se probaron diferentes proporciones de volumen de fibras de polipropileno (0.25%, 0.5%, 0.75% y 1.0%). La inclusión de fibras resultó en una ligera disminución en la fluidez y densidad del concreto de cáscara de coco. A medida que se incrementaba la proporción de fibras, se observó una mejora en la resistencia a la compresión y en el módulo de elasticidad, alcanzando su máximo en el 0.5%. La resistencia a la tracción y a la flexión también aumentaron con la adición de fibra, aunque las proporciones del 0.75% y 1.0% podrían disminuir ligeramente la resistencia a la compresión (Prakash et al., 2020).

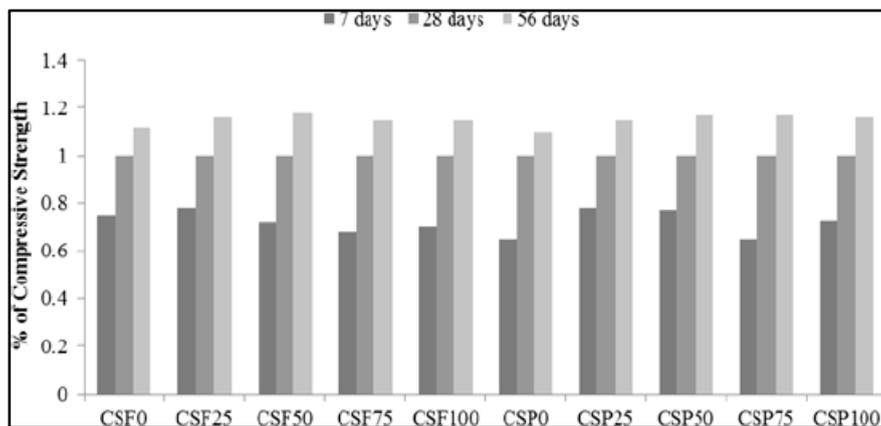


Figura 4. Resistencia a la compresión con fibras de polipropileno

Tabla 3. Propiedades mecánicas del concreto con fibras a los 28 días

Mix ID	Split tensile Strength	Flexural strenght	Modulus of elasticity
CSF 0	2.8	4.6	14.3
CSF 25	3.2	5.	16.1
CSF 50	3.	5.98	15.4
CSF 75	3.4	5.7	14.9
CSF 100	3.1	4.7	14.1
CSP 0	3.5	5.2	20.2
CSP 25	4.0	5.9	21.1
CSP 50	4.3	6.3	21.8
CSP 75	4.2	5.9	21.3
CSP 100	4.6	5.4	20.1

Fuente: Prakash et al.2020

En este estudio, se evaluaron las fibras macrosintéticas de polipropileno Forta y Barchip, agregadas en concentraciones del 0,5%, 1%, 1,5% y 2% en peso de cemento. Se utilizaron diversas combinaciones de estas fibras para crear hormigón, con muestras cúbicas, vigas de flexión y muestras de impacto preparadas en base al porcentaje de fibra. Los resultados mostraron que el uso de un 1,5% de fibras Forta fibriladas aumentó la resistencia a la compresión del hormigón en un 18% y la resistencia a la flexión en un 58%. Por otro lado, al aumentar el uso de fibras monocatenarias de Barchip en un 1,5%, aumentó compresión un 36% y flexión un 89%. La mayor tasa de ductilidad se observó en la muestra que contenía un 1,5% de fibra Forta, con una capacidad energética de 672

J. Las muestras híbridas también mostraron una alta tasa de ductilidad. Se encontró que las fibras Forta fibriladas son más efectivas en términos de ductilidad, mientras que las fibras monofilamentos Barchip pueden aumentar significativamente la resistencia a la flexión del concreto. El uso combinado de fibras mejoró su capacidad de resistir a la compresión en un 32% y la resistencia a la flexión en un 85%. Además, al combinar fibras de forma híbrida (Najaf y Abbasi, 2023).

El estudio analizó cómo la geometría y la cantidad de fibra de polipropileno (PP), junto con las microfisuras inducidas, afectan la permeabilidad del hormigón de ultra alto rendimiento (UHPC) a altas temperaturas. Se evaluaron la permeabilidad residual y las redes de microfisuras en quince mezclas de UHPC, proponiendo un modelo analítico que relaciona la permeabilidad residual del UHPC con la fracción de fibra y su geometría. Los resultados indicaron que aumentar la longitud y la cantidad de fibra tuvo un impacto más significativo que aumentar el diámetro de la fibra en la reducción de la permeabilidad, debido a una mejora en la percolación de los túneles de fibra. Se encontró una correlación positiva entre la permeabilidad del UHPC y la relación de aspecto y la cantidad de fibras de PP. Sin embargo, con una relación de aspecto de fibra baja, una mayor cantidad de fibra no aumenta la permeabilidad del UHPC. Del mismo modo, con bajas cantidades de fibra, aumentar solo la relación de aspecto de la fibra no contribuye significativamente a aumentar la permeabilidad del UHPC. En resumen, el modelo propuesto ofrece orientación sobre la selección y optimización de las fibras de PP para prevenir el desconchado explosivo del hormigón (Li et al., 2019).

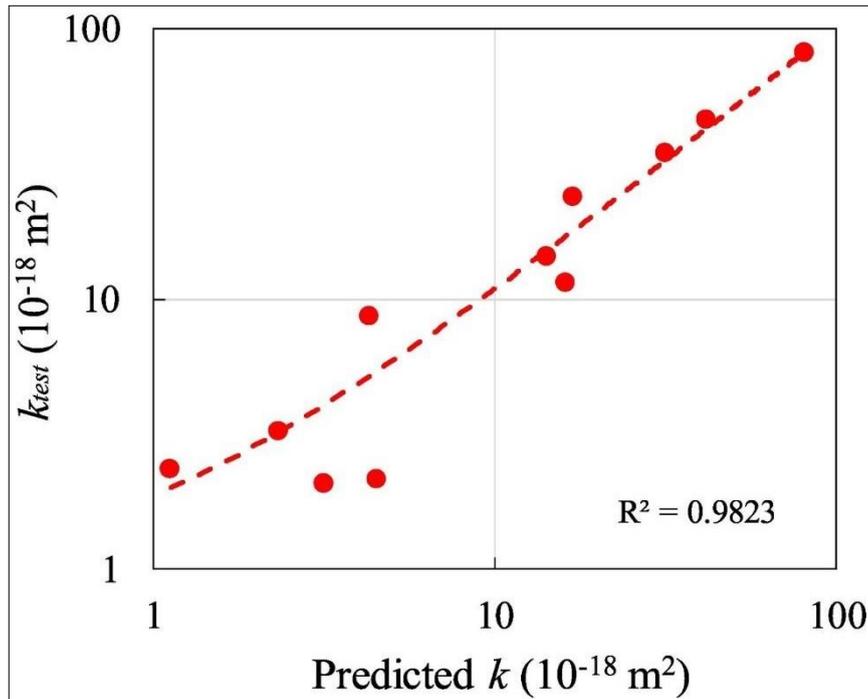


Figura 5. Permeabilidad de las 15 mezclas de UHPC (eje x) calculadas a partir de la ecuación

En este estudio, se examinó cómo diferentes concentraciones sintéticas de fibra de material polipropileno afectan la resistencia a la retrogradación de la matriz de cemento durante el proceso de carbonatación. Se realizaron pruebas en cuatro mezclas de cemento con diferentes proporciones de PPF (0%, 0.125%, 0.25% y 0.375% en peso de cemento) para observar cambios en la resistencia a la compresión y tracción, así como en la permeabilidad después de la exposición a una solución de CO<sub>2</sub> saturada a 0.5 M y a una solución de NaCl a 130°C y 10 MPa durante 10 y 20 días. Los resultados indicaron que la inclusión de un 0.125% del peso de cemento de PPF redujo la concentración de portlandita y significativamente la permeabilidad del cemento, mejorando así su resistencia a la carbonatación, como se evidencia por una menor profundidad y tasa de carbonatación. Además, esta concentración de PPF mejoró la resistencia a la retrogradación del cemento frente a la solución saturada de CO<sub>2</sub>. Después de 20 días de carbonatación, las muestras de cemento con un 0.125% de PPF mostraron incrementos del 50.6% en capacidad de resistir a la compresión y del 27.4% en resistencia a la tracción comparado al cemento base. Además, la tasa de carbonatación en estas muestras fue un 31.0% menor que en el cemento base, y mostraron la permeabilidad más baja entre todas las muestras evaluadas (Mahmoud y Elkatatny, 2020).

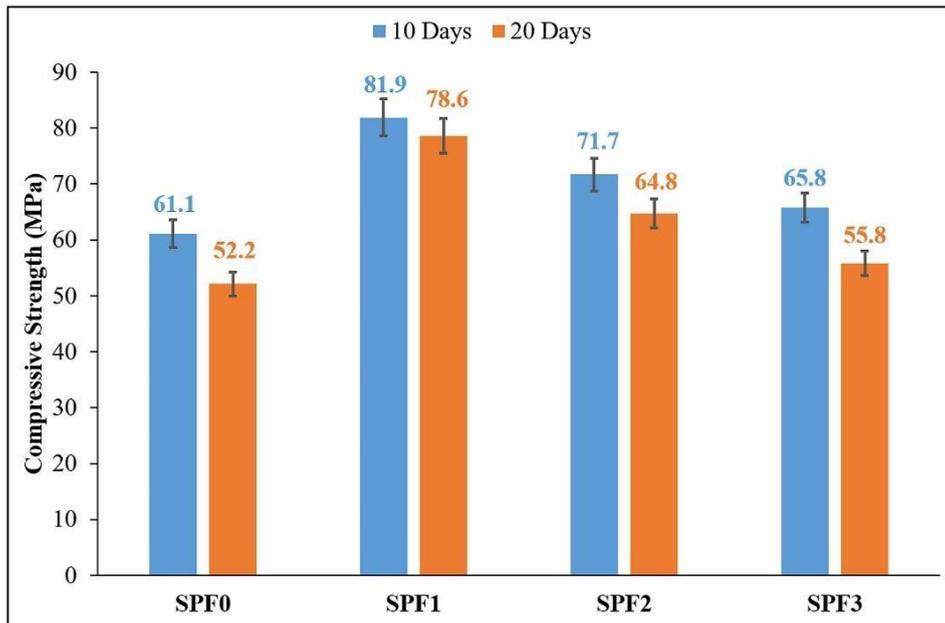


Figura 6. Compresión de las muestras de cemento base y a base de PPF 10 y 20 días.

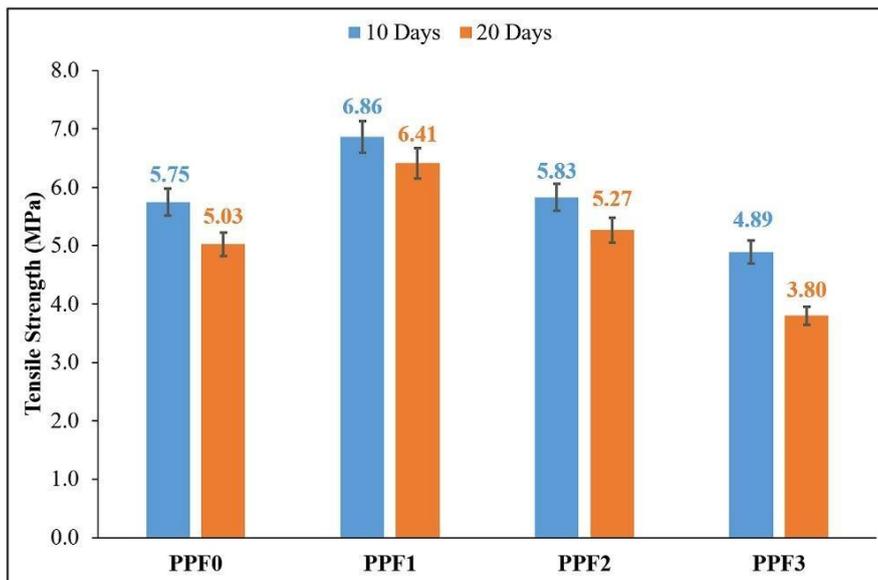


Figura 7. Tracción de las muestras de cemento base y a base de PPF 10 y 20 días.

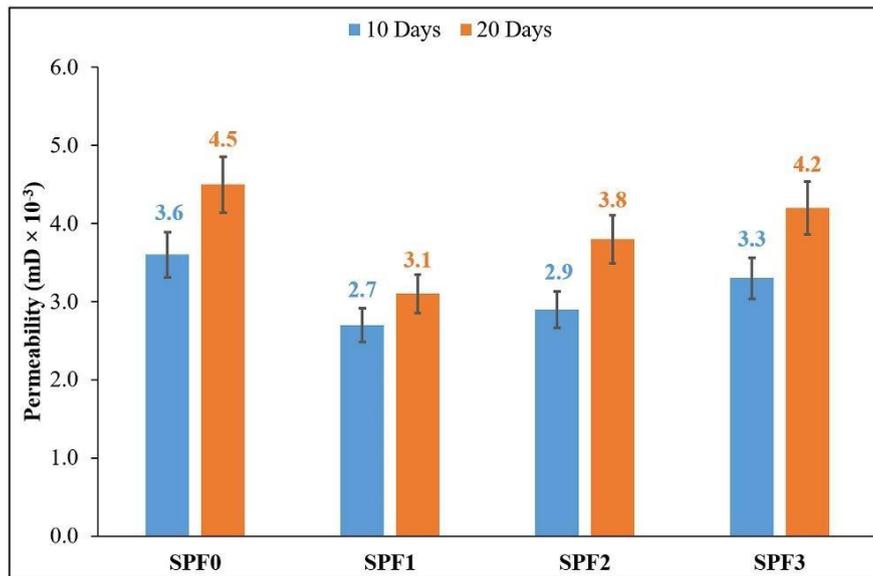


Figura 8. Permeabilidad de las muestras de cemento base y a base de PPF 10 y 20 días.

Se utilizaron en esta indagación fibras recicladas, las cuales se incorporaron en el concreto así de esa forma fabricar muestras prismáticas. Se evaluó detalladamente el rendimiento a flexión de estas muestras, considerando aspectos clave como la resistencia y la rigidez, mediante ensayos específicos realizados en especímenes sometidos a carga central. La rigidez a flexión se calculó siguiendo meticulosamente el método establecido por la JSCE (Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles) (Luna et al., 2021).

Se investigó cómo la inclusión de vidrio en fibra (GF) y polipropileno (PPF) afecta las propiedades mecánicas y microestructurales del hormigón, considerando la relación agua/aglutinante y el contenido de fibra. Se realizaron pruebas con diferentes relaciones agua/aglutinante, contenidos de GF y PPF, y tiempos de curado para preparar muestras de concreto. Mostrándose en los resultados que la relación a/c influye en el contenido óptimo de fibra, y que el GF tuvo un mayor efecto en la absorción de agua que el PPF. La estabilidad de la absorción de agua varió según el a/c y la dosis de fibra (Yuan y Jia, 2021).

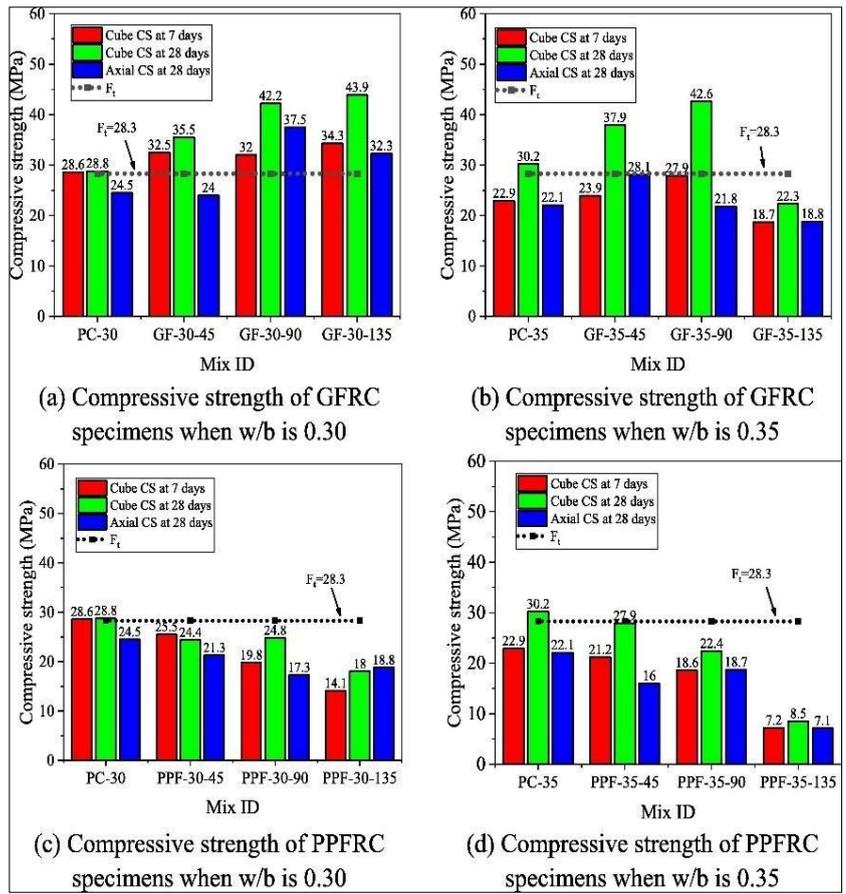


Figura 9. resistencia a la compresión cúbica y axial a los 7 y 28 días

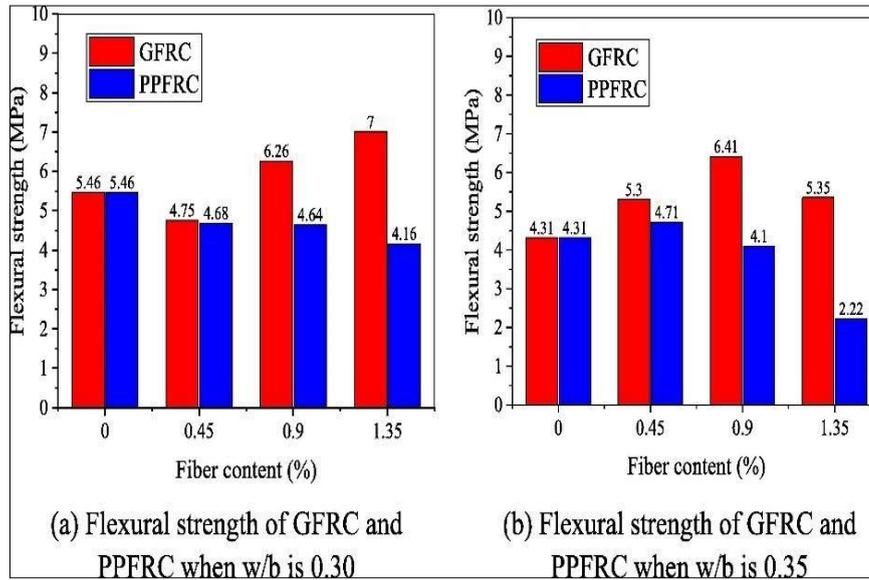


Figura 10. Resultados de la resistencia a la flexión

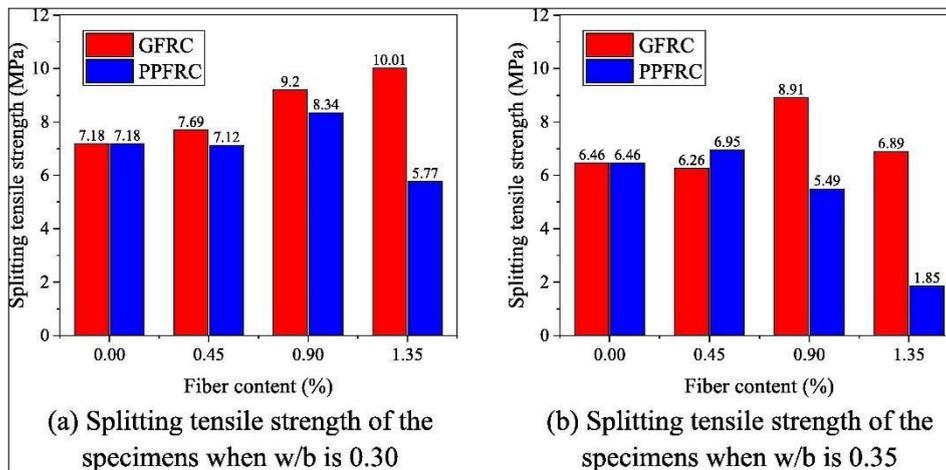


Figura 11. Resultados de la resistencia a la tracción

El propósito de este documento es investigar como se comporta el concreto reforzado con diversos tipos de fibra, incluida la fibra de polipropileno, frente a diferentes procesos mecánicos, con el objetivo de analizar los efectos de las fibras en la resistencia a la compresión del hormigón. Se presentan los resultados obtenidos con diferentes dosificaciones de fibra de polipropileno para comprender las mejoras en la resistencia del concreto. Se concluye sobre el uso de la fibra de polipropileno produce los siguientes cambios en las propiedades del hormigón: aumento en su capacidad de tracción, reducción de la trabajabilidad y mayor ductilidad del concreto (Obando-Guillermo et al., 2021).

El artículo aborda una comparación sobre la influencia de la inclusión de fibras de acero y polipropileno tanto de las mezclas de concreto fresco como del concreto endurecido, especialmente en aplicaciones de pisos de concreto en la industria. Dado que el concreto utilizado en pisos se dispone horizontalmente, su comportamiento difiere del concreto estructural convencional, lo que plantea la necesidad de comprender cómo las fibras afectan estas propiedades en dicha disposición. Se evaluaron varias características del concreto fresco, incluyendo consistencia, contenido de aire y densidad aparente, así como propiedades del concreto endurecido como resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y fragilidad. Se observó que las fibras de acero y polipropileno tienen efectos diferentes en estas propiedades tanto en las mezclas frescas como en el concreto endurecido. Además, se llevó a cabo un análisis combinado tanto económico como mecánico al final del

estudio (Chajec y Sadowski 2020).

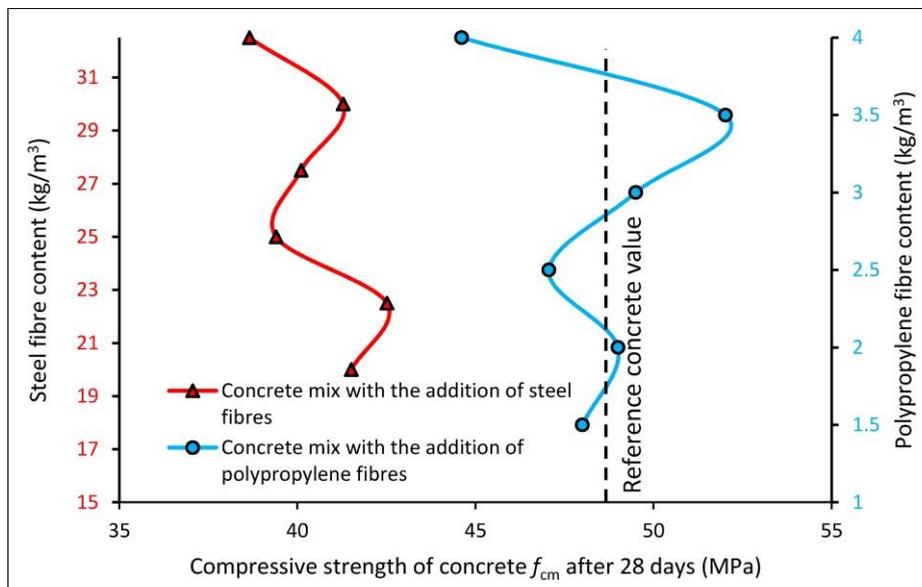


Figura 12. Resistencia a la compresión del hormigón modificado con adición de fibras

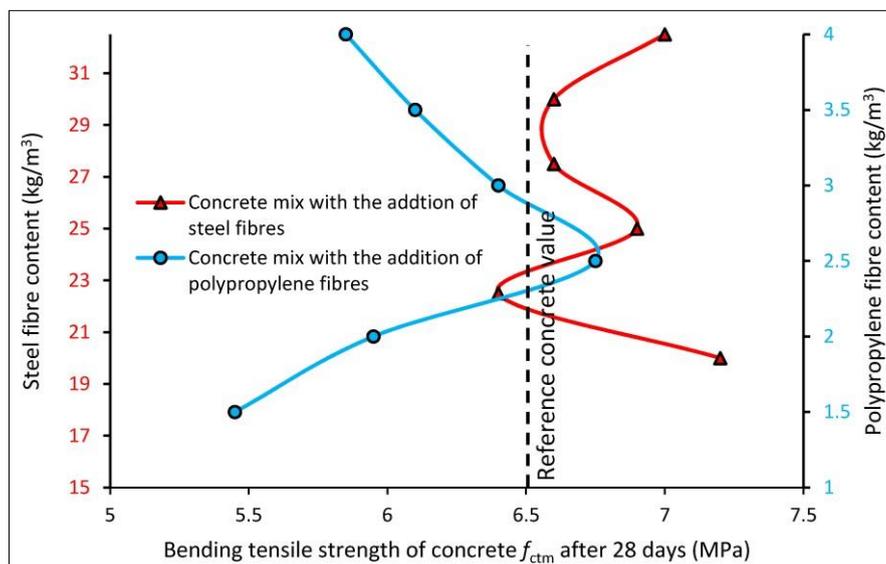


Figura 13. Resistencia a la flexión y tracción del hormigón modificado con la adición de fibras

Se identifico el O2. Uno de los métodos más utilizados es el ensayo de compresión, donde se someten muestras cilíndricas o cúbicas de concreto a cargas que incrementan gradualmente hasta que se produce la falla. Otro método es el ensayo de flexión, esencial para evaluar la resistencia del concreto a soportar cargas que

generan momentos de flexión. Cada uno de estos métodos de ensayo se adapta específicamente para evaluar distintos aspectos, ayudando así a entender cómo estas fibras afectan y mejoran el comportamiento del material en condiciones de carga variadas.

El estudio analiza la influencia de incorporar polipropileno en fibras recicladas en el hormigón no reforzado. Estas fibras, obtenidas de envases de plástico reciclado. Se probaron tres niveles de contenido de fibras para dos tipos de polipropileno reciclado. La incorporación de fibras mejoró significativamente las propiedades mecánicas del hormigón, con resultados positivos obtenidos con un 1.0% de contenido de fibras. Este efecto fue notablemente superior al del hormigón sin refuerzo e incluso al del concreto fortalecido con polipropileno en fibra virgen. En concreto, existió aumentos del 69.7% y 39.4% en la capacidad de resistir cargas de compresión para los dos tipos de fibras, así como incrementos del 276.0% y 162.4% en la resistencia a la flexión, y del 269.4% y 254.2% en la tracción dividida, respectivamente. (Małek et al., 2020).

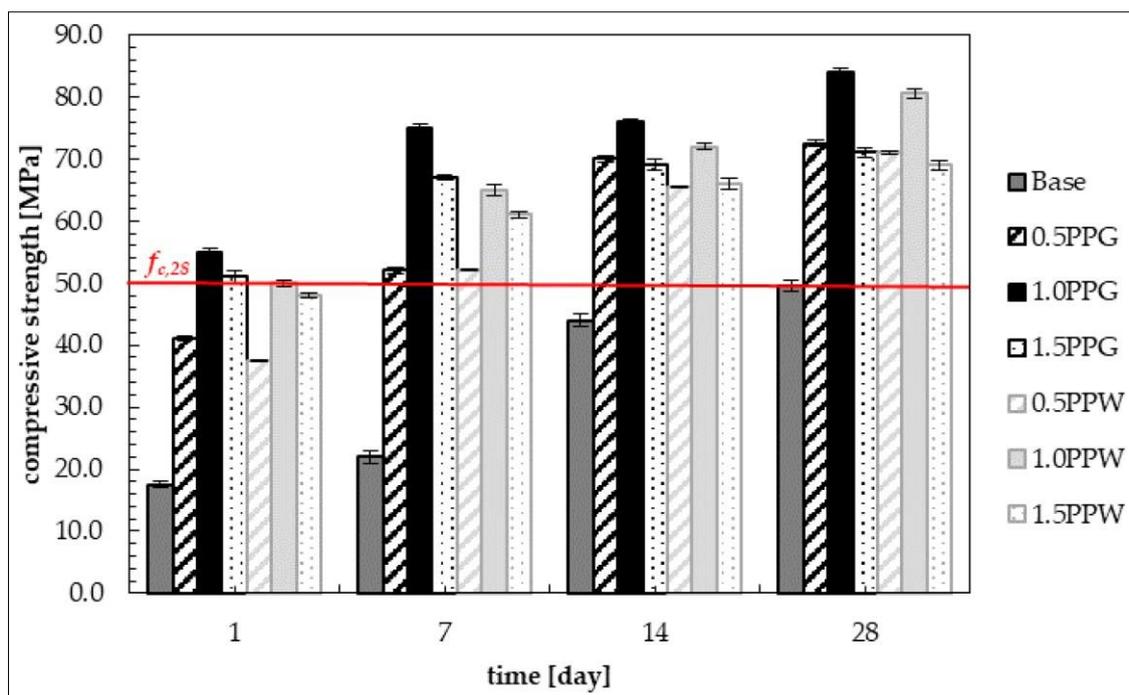


Figura 14. Resistencia a la compresión de muestras con PPG y PPW durante el proceso de curado

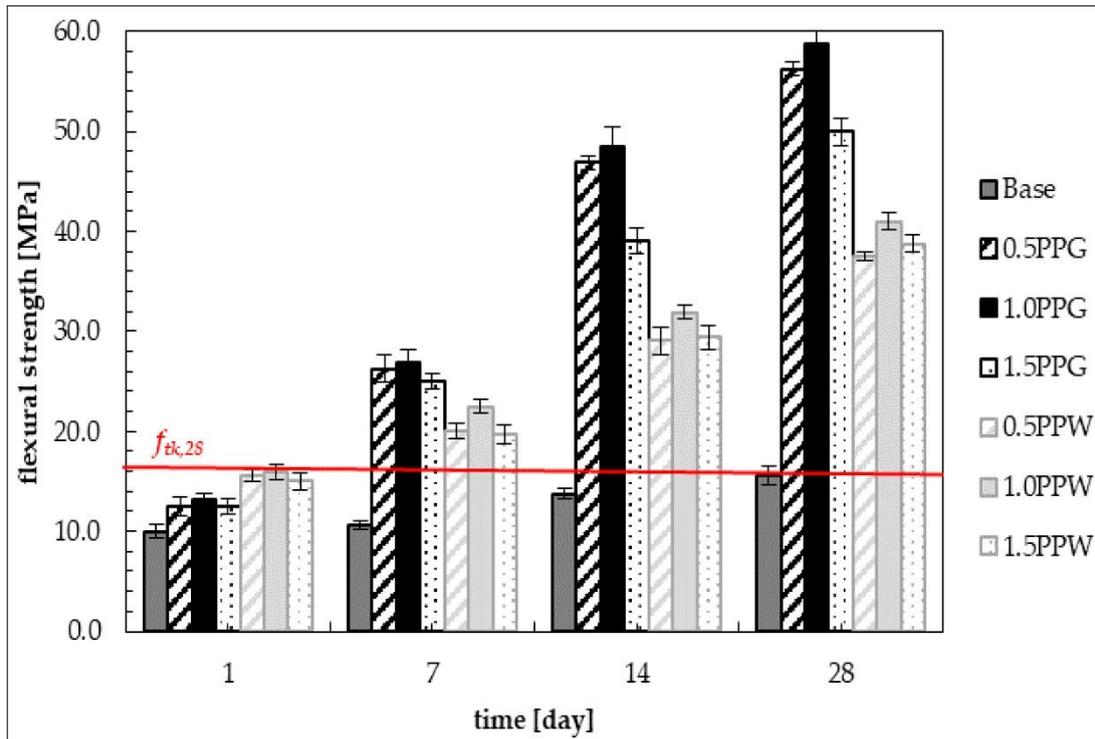


Figura 15. Resistencia a la flexión de muestras con PPG y PPW durante el curado

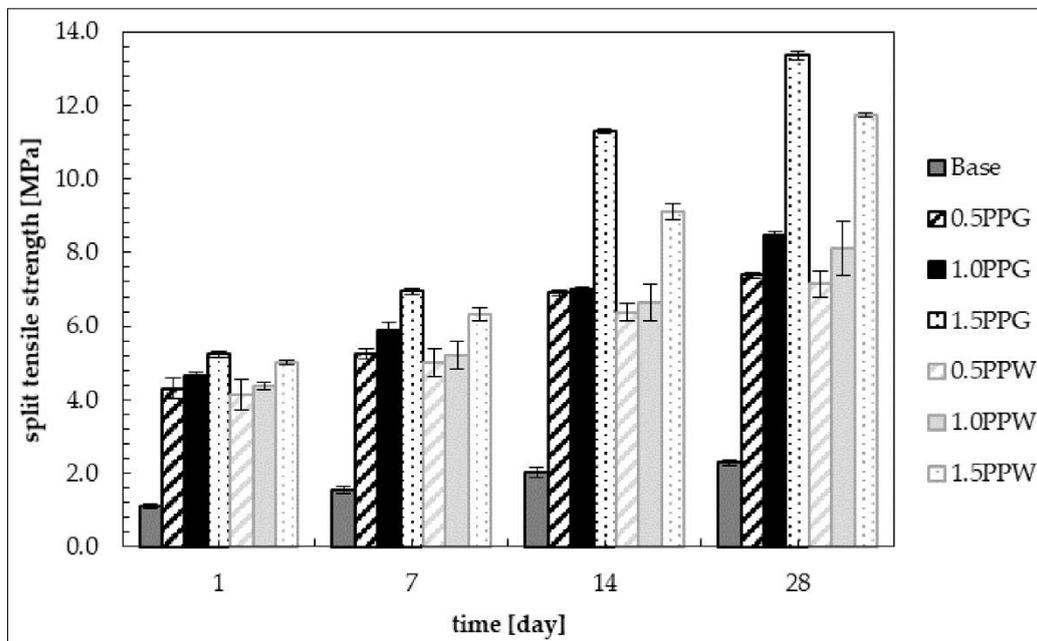


Figura 16. Resistencia a la tracción dividida de muestras con PPG y PPW durante el curado

Se investigó el efecto de sustituir el Agregado Grueso Normal (NA) en mezclas de concreto de alta resistencia (HSC), que contenían humo de sílice, por diferentes proporciones de Agregado Grueso Reciclado (RA), junto de diversas cantidades de fibra de polipropileno. Llevándose a cabo un programa experimental para evaluar cómo estos cambios afectaban las propiedades mecánicas del hormigón. Los resultados mostraron que al incluir fibra de PP mejoró las propiedades mecánicas del concreto RA hasta cierto punto, con un crecimiento en la resistencia a la compresión observado al utilizar una proporción de fibra del 0.6%. Además, se determinó una solución óptima para el diseño de parámetros utilizando el método de superficie de respuesta (RSM), lo que permitió maximizar las propiedades mecánicas y el contenido de agregado reciclado, mientras se minimizaba el porcentaje de fibra utilizado (Ahmed, Ali y Zidan 2020).

*Tabla 4. Resultados experimentales de resistencias a compresión, tracción, flexión y módulo de elasticidad*

%PP	% RA	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la flexión (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)
0	0	66,3	4.53	2.7	32.56
	50	61.2	4.37	2.67	31.417
	100	59,5	3.9	1,98	31.025
0,15	0	71.2	4.76	2.81	33.69
	50	67,2	4.67	2.77	32.83
	100	65.1	4.08	2.19	32.37
0,30	0	78,3	4.8	2.91	35.234
	50	74,6	4.73	2.83	34.478
	100	72,6	4.16	2.25	34.06
0,45	0	79,3	4.85	2,95	35.51
	50	75.1	4.77	2,87	34.656
	100	73,9	4.24	2.34	34.408
0,60	0	80.1	4.9	3.01	35.746
	50	76,4	4,89	2.91	34.998
	100	74	4.34	2.44	34.503
0,75	0	76,3	4.83	2.93	35.053
	50	73.3	4.78	2.81	34.433
	100	70.1	4.26	2.36	33.757
0,90	0	60,9	4.34	2.41	31.8
	50	56.3	4.23	2.31	30.724
	100	53.2	3.76	1,75	29,975

Fuente: Ahmed, Ali y Zidan 2020

Se identificó el O3. Actualmente, no existen estándares uniformes globalmente aceptados para la caracterización y evaluación acerca de propiedades mecánicas del concreto modificado con este material. La falta de estándares específicos puede dificultar la comparación directa de resultados entre diferentes estudios y limitar la generalización de hallazgos en esta área de investigación. En su lugar, los investigadores y profesionales suelen basarse en métodos de ensayo reconocidos y normativas locales o específicas de proyectos. Las organizaciones y entidades de normalización pueden desarrollar directrices o normas técnicas que aborden aspectos específicos de la caracterización del concreto reforzado con fibras, aunque estas normativas pueden variar significativamente entre diferentes países o regiones. Por lo tanto, es común que los investigadores adapten y utilicen métodos de ensayo estandarizados según las directrices específicas de cada proyecto o las prácticas aceptadas en su campo de estudio.

Los resultados de este estudio revelaron lo siguiente: (1) al aumentar la longitud de las fibras de polipropileno, disminuye la temperatura en el momento de la fisuración del HPC; (2) la longitud creciente de las fibras reduce la contracción autógena del HPC; (3) al aumentar la longitud de las fibras, disminuye la relación entre la tensión de fisuración y la resistencia a la tracción axial y la reserva de tensión del HPC; (4) la longitud más larga de las fibras reduce la fluencia específica por tracción del HPC; y (5) las fibras más largas reducen la resistencia a la fisuración del HPC (Shen et al. 2020).

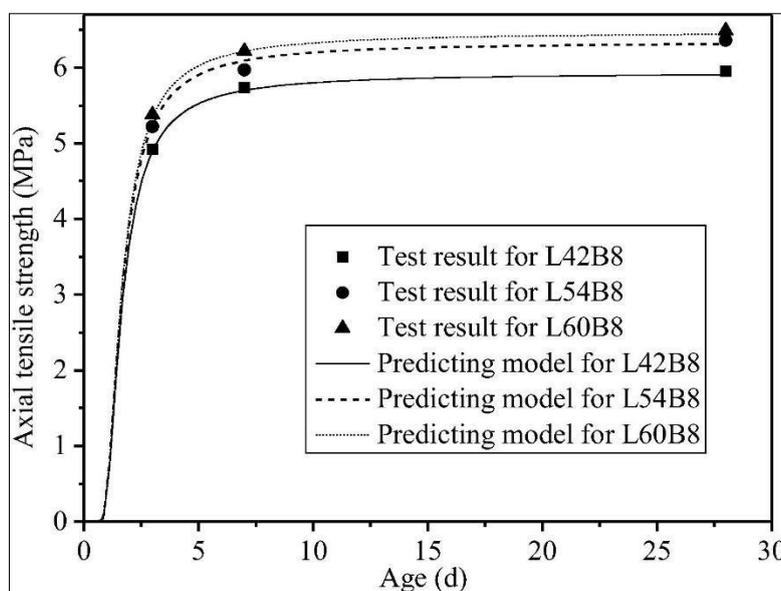


Figura 17. Resistencia a la tracción axial estimada para diferentes mezclas de concreto

El artículo presenta un estudio comparativo que examina el efecto de fibras naturales y sintéticas sobre las propiedades del concreto, tanto en su estado fresco como endurecido. Se incorporaron fibras de sisal y polipropileno en una matriz de concreto de resistencia normal con un contenido volumétrico del 1%. Se realizaron pruebas destructivas y no destructivas en el concreto endurecido, incluyendo compresión y flexión, así como pruebas de velocidad del pulso ultrasónico y número de rebote. Se observó que el concreto con fibras de sisal tenía una trabajabilidad ligeramente menor debido a la naturaleza hidrófila de las fibras naturales, mientras que las pruebas mostraron mejoras en la resistencia a la compresión y tracción en comparación con el concreto no reforzado. Por otro lado, con fibras de polipropileno el concreto presentó propiedades prácticamente similares al concreto de referencia. Se discutieron los impactos ambientales asociados con la producción de fibra y concreto, concluyendo que las fibras naturales, como el sisal, pueden ser una alternativa más sostenible a las fibras sintéticas, ofreciendo un buen equilibrio entre trabajabilidad y resistencia (Acosta et al., 2022).

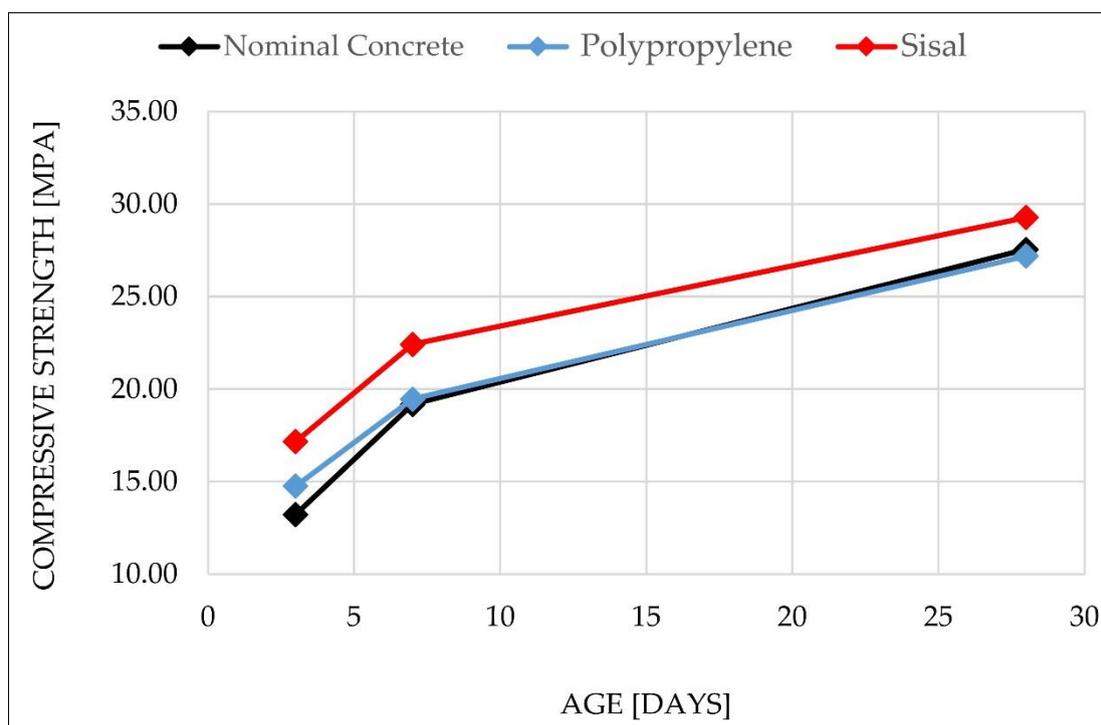


Figura 18. Resistencia a la compresión de las edades de 3, 7 y 28 días

Se identificó el O4. Reforzado con fibra de polipropileno el concreto se utiliza en una variedad extensa de condiciones y aplicaciones debido a las mejoras significativas que ofrece sobre el concreto convencional. Estas aplicaciones abarcan diversos

entornos y necesidades específicas. En pavimentos y suelos industriales, como aeropuertos, autopistas y áreas de tráfico pesado, las fibras de polipropileno ayudan a resistir la abrasión y reducen la formación de grietas causadas por cargas repetidas. Esto mejora la durabilidad y prolonga la vida útil de las superficies expuestas a desgastes constantes. Para estructuras como puentes y elementos prefabricados, las fibras de polipropileno refuerzan el concreto contra condiciones climáticas severas y cargas dinámicas. Esto incluye protección contra la corrosión y mejora la resistencia a impactos, garantizando una mayor resistencia estructural y prolongando la vida útil de las estructuras expuestas. En construcciones subterráneas, como túneles y cimentaciones profundas, el concreto con fibra de polipropileno es fundamental debido a su resistencia al agua y a los agentes químicos del suelo. Esto ayuda a mantener la integridad estructural y prevenir el deterioro por humedad y sustancias corrosivas, crucial para la seguridad y la durabilidad en entornos subterráneos. Para aplicaciones arquitectónicas y paneles decorativos, donde se requiere tanto una estética atractiva como una resistencia estructural, las fibras de polipropileno permiten diseños más delgados y ligeros sin comprometer la resistencia. Esto es especialmente importante en elementos decorativos expuestos a tensiones mecánicas y ambientales. Finalmente, en proyectos de construcción sostenible, el uso de fibras de polipropileno recicladas contribuye a reducir el impacto ambiental al incorporar materiales reciclados en el concreto. Esto promueve prácticas constructivas más eco-amigables sin sacrificar las propiedades mecánicas y funcionales del material, facilitando una construcción más responsable y sostenible a largo plazo.

Como propósito primordial de esta investigación se comparo el desempeño mecánico de hormigones reforzados con fibras de polipropileno y sisal. Ambas fibras, con una longitud de 51 mm, fueron agregadas en fracciones de 3, 6 y 10 kg/m<sup>3</sup> a las matrices de hormigón. Se sometieron los compuestos a cargas de flexión cíclicas y monótonas de tres puntos, y se realizaron pruebas de extracción para analizar la interacción fibra-matriz. Se encontró que la fibra de sisal podría ofrecer niveles similares de resistencia residual que la fibra de polipropileno, siempre y cuando se mantuviera la equivalencia en las dosificaciones de las fibras. Los compuestos fueron clasificados según el Código Modelo fib 2010, basándose en parámetros obtenidos de las pruebas de flexión. La durabilidad de los compuestos se evaluó mediante ciclos de mojado y

secado, y se observó que el hormigón reforzado con ambas fibras no presentó pérdida mecánica después de estos ciclos (Castoldi, Souza y de Andrade Silva, 2019).

Este estudio examina la influencia de la combinación de fibra híbrida de acero y polipropileno (SF-PF) y agregado grueso (CA) en el comportamiento tensión-deformación del concreto de ultra alto rendimiento (UHPC) bajo compresión uniaxial. Se realizaron pruebas de compresión uniaxial en muestras de UHPC con diferentes dosis de SF-PF, CA y relaciones de aspecto de PF. Los resultados revelan que la inclusión de SF-PF mejora las interfaces en el UHPC y modifica el patrón de falla, aumentando la tenacidad, pero disminuyendo la resistencia a la compresión y el módulo elástico debido a la estructura de "esqueleto" menos compacta. Se observó que una mayor relación de aspecto de PF mejora aún más la tenacidad al restringir el crecimiento de microfisuras. La adición de CA aumenta la resistencia y el módulo, pero reduce la deformabilidad y la tenacidad, aunque el PF puede compensar estos efectos adversos sin comprometer demasiado la resistencia. Se presenta un modelo analítico para predecir el comportamiento tensión-deformación del UHPC considerando la dosis de SF, PF y CA (Deng et al., 2020).

Evaluar las propiedades mecánicas y de durabilidad del hormigón reforzado con polipropileno (PP) fue el objetivo de este estudio. Se examinaron diversas características. Los resultados mostraron que la trabajabilidad del hormigón mejoró con la adición de agregado de PP, y se observó una reducción en la densidad del hormigón al aumentar el contenido de PP. Sin embargo, las propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción, disminuyeron con la incorporación de agregado de PP. Se observó una disminución en la resistencia a la compresión a temperaturas elevadas, y un aumento en el porcentaje de contracción con un mayor contenido de PP. A pesar de esto, la penetrabilidad de losiones cloruro en el hormigón PP se mantuvo en una categoría moderada. El concreto con un 10% de PP mostró una mejor resistencia de adherencia y una mayor capacidad de carga deslizante en comparación con otros porcentajes. Además, los cilindros de hormigón PP exhibieron una falla dúctil en comparación con la falla frágil del concreto de referencia. Como conclusión, se sugiere utilizar hasta un 10% de agregado de PP en el concreto estructural para producir un concreto eficiente y respetuoso con el medio ambiente (Islam, Shahjalal y Haque, 2022).

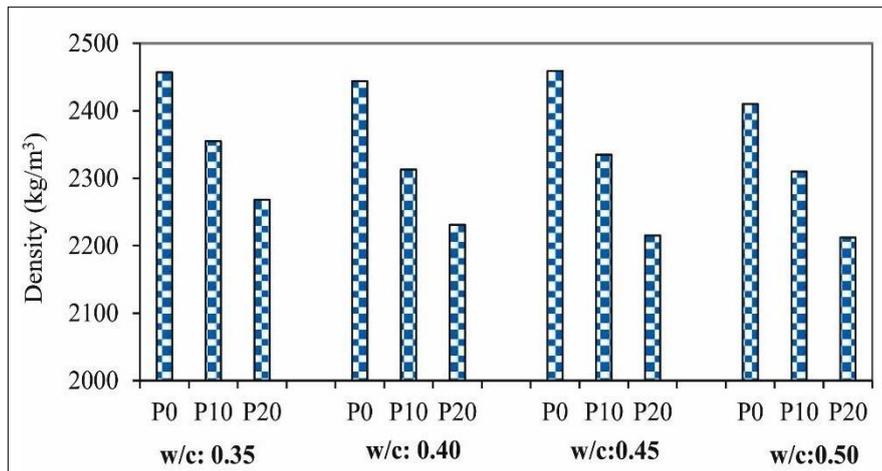


Figura 19. Efecto sobre la densidad del hormigón para diferentes porcentajes de árido de PP

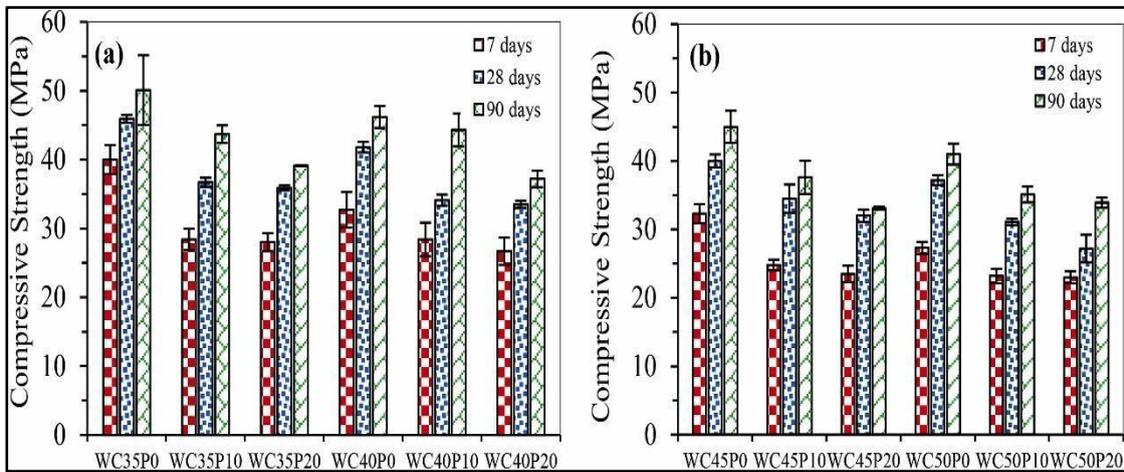


Figura 20. Variación en la resistencia a la compresión del concreto para diferentes mezclas

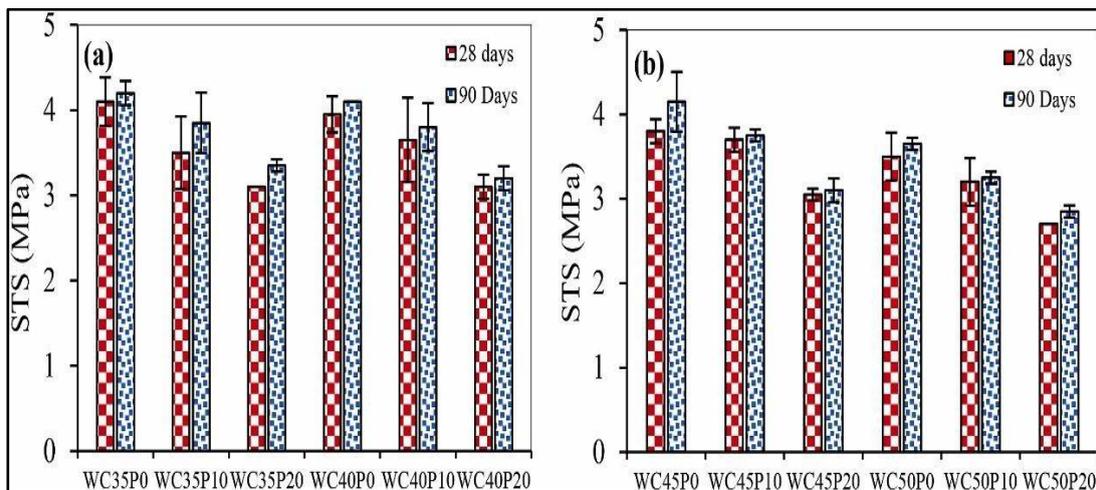


Figura 21. Variación en la resistencia a la compresión del concreto para diferentes mezclas

El artículo presenta los resultados de experimentos de laboratorio. Como principal objetivo se planteó mejorar las propiedades de carácter físico, técnicas y de deformación del SCC, así como comprender mejor su comportamiento. Los investigadores proponen varias combinaciones de fibras de polipropileno. Se halló que adicionando fibras de 9 a 15 mm en una cantidad de 1 a 2 kg por 1 m<sup>3</sup> incrementa de forma significativa las propiedades físicas y técnicas del SCC, como la resistencia a la flexión en un 10% y la reducción de deformaciones por contracción en hasta un 75% en comparación con el hormigón sin fibras. Además, se observó que el refuerzo disperso con fibras de bajo módulo mejoró las características de producción del SCC. Basándose en estos hallazgos, se presentan recomendaciones prácticas para el tamaño y la cantidad óptimos de fibras en el SCC para obtener una relación calidad-precio óptima y mejorar la calidad del concreto en condiciones de altas temperaturas mayor a 20 °C (Akhmetov et al., 2022).

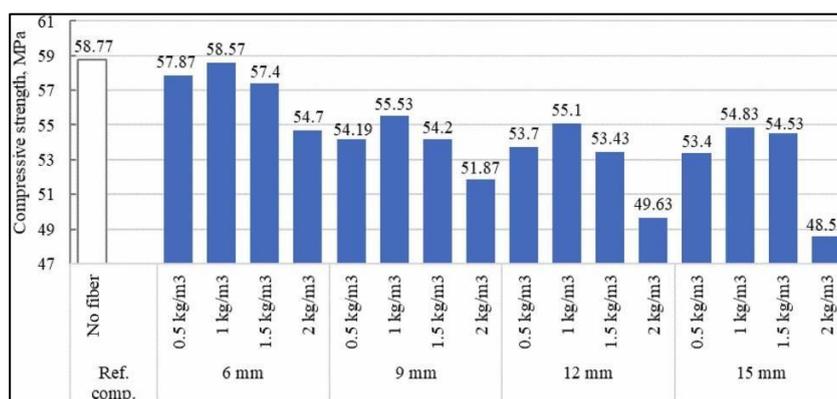


Figura 23. Efecto del tamaño y contenido de fibras sobre la resistencia a la compresión del Concreto

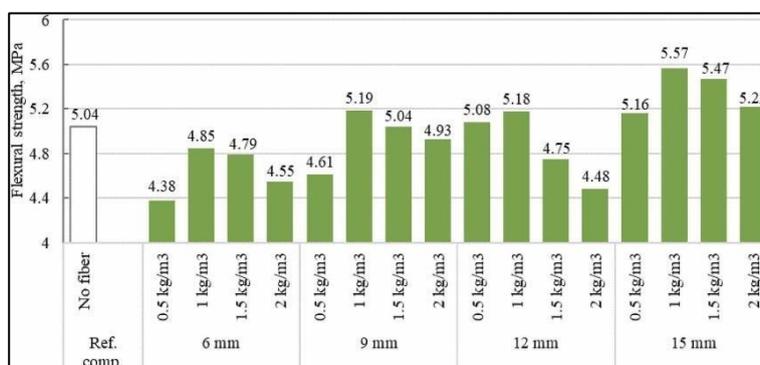


Figura 24. Efecto del tamaño y contenido de fibras sobre la resistencia a la flexión del concreto

#### **IV. CONCLUSIONES**

Los estudios comparativos que analizan diversos tipos de polipropileno en fibras en el concreto modificado muestran variedad de resultados en procesos de propiedades mecánicas y trabajabilidad. Algunos estudios indican que ciertos tipos de fibras de polipropileno pueden mejorar la tracción y flexión del concreto, mientras que otros resaltan un efecto más notable en la resistencia a la compresión.

Se observan variaciones en los métodos de ensayo utilizados para evaluar estas propiedades mecánicas. Algunos investigadores emplean ensayos de compresión, tracción y flexión para medir la resistencia y ductilidad del concreto, mientras que otros prefieren métodos más específicos para evaluar la adherencia de las fibras al concreto y su distribución en la matriz.

No parece haber estándares uniformes establecidos para la caracterización y evaluación del concreto modificado con fibra de polipropileno. Cada estudio revisado utiliza sus propios métodos de ensayo y criterios de evaluación, lo que dificulta la comparación directa entre los resultados y la generalización de los hallazgos.

Extrapolando los resultados de estas investigaciones, a diferentes condiciones y aplicaciones del concreto con fibra de polipropileno es un desafío debido a las variaciones en tipos de fibras, dosificaciones, métodos de mezcla y entornos de exposición. Se requiere más investigación para determinar cómo estos factores afectan el concreto con fibra de polipropileno en el rendimiento en diversas situaciones y aplicaciones prácticas.

## REFERENCIAS

ABOUSNINA, R., PREMASIRI, S., ANISE, V., LOKUGE, W., VIMONSATIT, V., FERDOUS, W. y ALAJARMEH, O., 2021. Mechanical Properties of Macro Polypropylene Fibre-Reinforced Concrete. *Polymers* [en línea], vol. 13, no. 23, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.3390/polym13234112. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/23/4112>.

ACOSTA-CALDERON, S., GORDILLO-SILVA, P., GARCÍA-TRONCOSO, N., BOMPA, D.V. y FLORES-RADA, J., 2022. Comparative Evaluation of Sisal and Polypropylene Fiber Reinforced Concrete Properties. *Fibers* [en línea], vol. 10, no. 4, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.3390/fib10040031. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-6439/10/4/31>.

AHMED, T.W., ALI, A.A.M. y ZIDAN, R.S., 2020. Properties of high strength polypropylene fiber concrete containing recycled aggregate. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 241, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.118010. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820300155>.

AKHMETOV, D., AKHAZHANOV, S., JETPISBAYEVA, A., PUKHARENKO, Y., ROOT, Y., UTEPOV, Y. y AKHMETOV, A., 2022. Effect of low-modulus polypropylene fiber on physical and mechanical properties of self-compacting concrete. *Case Studies in Construction Materials* [en línea], vol. 16, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.cscm.2021.e00814. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509521003296>.

CAMPOY-BENCOMO, N. A., CHÁVEZ-ALEGRIA, O., ROJAS-GONZÁLEZ, E., GAXIOLA-CAMACHO, J. R., MILLÁN-ALMARAZ, J. R., & ROSA-HERNÁNDEZ, D. D. L. Análisis esfuerzo-deformación de concreto reforzado con fibras metálicas y polímeros. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 2021, vol. 22, no 1, p. 0-0. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2021.22.1.007>

CASTOLDI, R. de S., SOUZA, L.M.S. de y DE ANDRADE SILVA, F., 2019. Comparative study on the mechanical behavior and durability of polypropylene and sisal fiber reinforced concretes. *Construction and Building Materials* [en línea], vol.

211, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2019.03.282. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819307822>.

CHAJEC, A. y SADOWSKI, Ł., 2020. The Effect of Steel and Polypropylene Fibers on the Properties of Horizontally Formed Concrete. *Materials* [en línea], vol. 13, no. 24, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.3390/ma13245827. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/24/5827>.

DENG, F., XU, L., CHI, Y., WU, F. y CHEN, Q., 2020. Effect of steel-polypropylene hybrid fiber and coarse aggregate inclusion on the stress–strain behavior of ultra-high performance concrete under uniaxial compression. *Composite Structures* [en línea], vol. 252, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.compstruct.2020.112685. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263822320326118>.

ELBEHIRY, Amgad; MOSTAFA, Marwan. Finite element analysis of beams reinforced with banana fiber bars (BFB). *Fibers*, 2020, vol. 8, no 8, p. 52. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/fib8080052>

ISLAM, Md.J., SHAHJALAL, Md. y HAQUE, N.M.A., 2022. Mechanical and durability properties of concrete with recycled polypropylene waste plastic as a partial replacement of coarse aggregate. *Journal of Building Engineering* [en línea], vol. 54, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.job.2022.104597. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710222006106>.

LI, Y., ZHANG, Y., YANG, E.-H. y TAN, K.H., 2019. Effects of geometry and fraction of polypropylene fibers on permeability of ultra-high performance concrete after heat exposure. *Cement and Concrete Research* [en línea], vol. 116, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.cemconres.2018.11.009. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884618303387>.

LUNA, A.M., GURBIR, K., PRECIADO-MARTÍNEZ, H.J. y GUTIÉRREZ-LÓPEZ, I.A., 2021. Desempeño a Flexión del Concreto Reforzado con Fibras Plásticas Recicladas. *Conciencia Tecnológica* [en línea], no. 61, [consulta: 13 mayo 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/944/94467989001/>.

MAHMOUD, A.A. y ELKATATNY, S., 2020. Improving class G cement carbonation resistance for applications of geologic carbon sequestration using synthetic

polypropylene fiber. *Journal of Natural Gas Science and Engineering* [en línea], vol. 76, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.jngse.2020.103184. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187551002030038X>.

MAŁEK, M., JACKOWSKI, M., ŁASICA, W. y KADELA, M., 2020. Characteristics of Recycled Polypropylene Fibers as an Addition to Concrete Fabrication Based on Portland Cement. *Materials* [en línea], vol. 13, no. 8, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.3390/ma13081827. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/8/1827>.

NAJAF, E. y ABBASI, H., 2023. Impact resistance and mechanical properties of fiber-reinforced concrete using string and fibrillated polypropylene fibers in a hybrid form. *Structural Concrete* [en línea], vol. 24, no. 1, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.1002/suco.202200019. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/suco.202200019>.

OBANDO-GUILLERMO, H., CARRANZA-MUÑOZ, Z., DÍAZ-QUEPUY, J., SERRANO-OTOYA, D. y MUÑOZ-PEREZ, S., 2021. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRA DE POLIPROPILENO. *Paideia XXI* [en línea], vol. 11, no. 2, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.31381/paideia.v11i2.4039. Disponible en: <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/view/4039>.

PRAKASH, Ramaiah, et al. Fibre reinforced concrete containing waste coconut shell aggregate, fly ash and polypropylene fibre. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 2020, no 94, p. 33-42. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/430/43062873004/>

SHEN, D., LIU, X., ZENG, X., ZHAO, X. y JIANG, G., 2020. Effect of polypropylene plastic fibers length on cracking resistance of high performance concrete at early age. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 244, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2019.117874. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819333276>.

SUMUKH, E. P.; GOUDAR, Sharan Kumar; DAS, Bibhuti Bhusan. A review on the properties of steel-concrete interface and characterization methods. *Smart Technologies for Sustainable Development: Select Proceedings of SMTS 2019, 2021*, p. 167-203. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-5001-0\\_15](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5001-0_15)

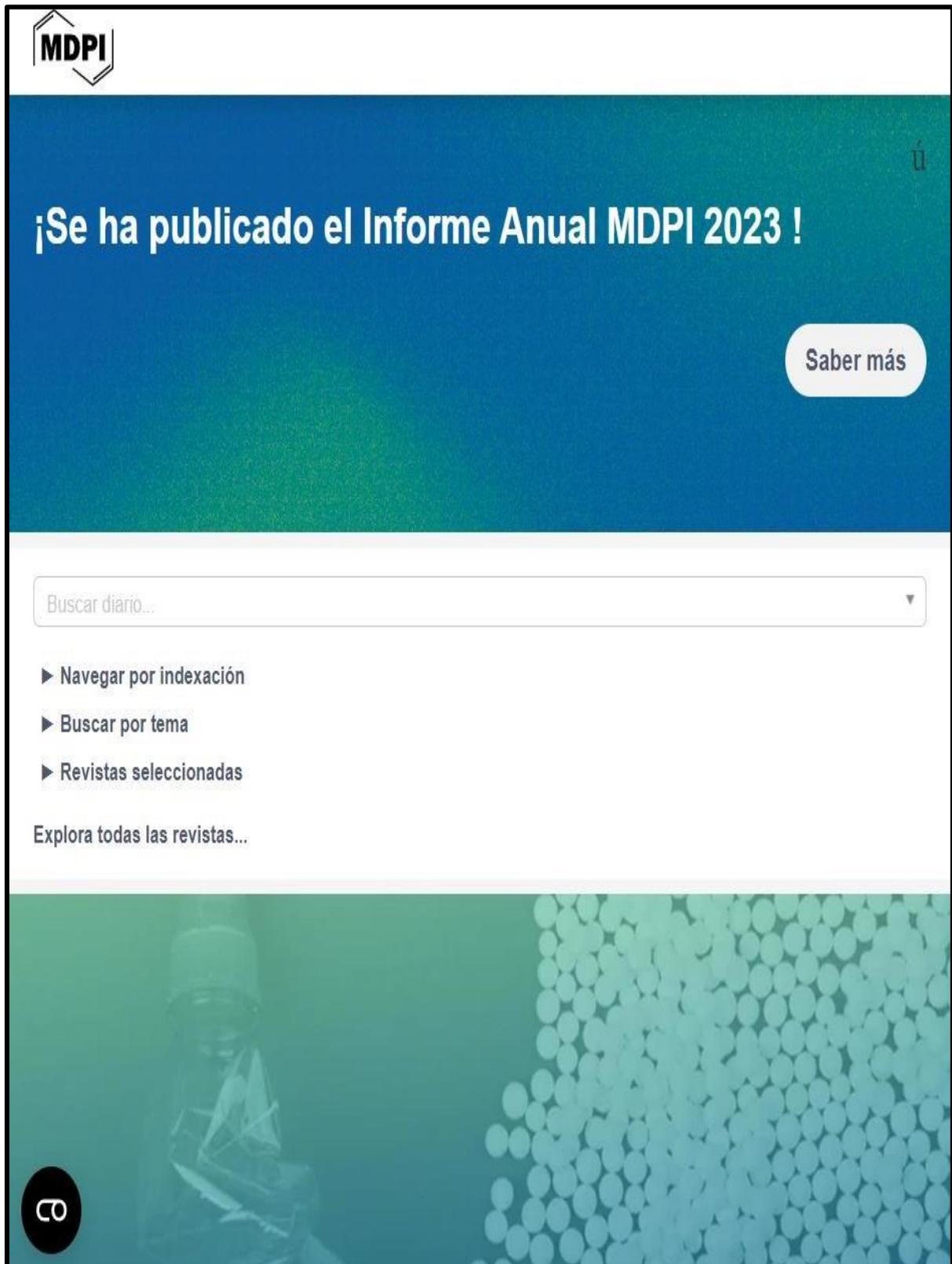
YUAN, Z. y JIA, Y., 2021. Mechanical properties and microstructure of glass fiber and polypropylene fiber reinforced concrete: An experimental study. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 266, [consulta: 13 mayo 2024]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.121048. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006182033052X>.

## ANEXOS

Anexo1: <https://www.sciencedirect.com/>

The image shows a screenshot of the ScienceDirect website. At the top left is the ScienceDirect logo. Below it is a search bar with the text "Search for peer-reviewed journal articles and book chapters (including open access content)". There are three input fields: "Find articles with these terms", "In this journal or book title", and "Author(s)". To the right of these fields is a blue "Search" button with a magnifying glass icon. Below the search fields is a link for "Advanced search".

The bottom half of the image shows a promotional banner for "STORIES BEHIND THE FACTS". The banner features three portraits of individuals. The first portrait is a woman wearing a brown hijab. The second portrait is a woman with dark hair. The third portrait is a man with glasses. The text on the banner reads: "See personal stories from the global research community on misinformation, public exposure, online abuse and other key issues." Below this text is a button that says "Explore stories" with an arrow icon. At the bottom of the banner, there is a navigation bar with a "Cite" button and three tabs: "Confidence in research", "Climate change", and "The Lancet 200".



**MDPI**

¡Se ha publicado el Informe Anual MDPI 2023 !

Saber más

Buscar diario...

- ▶ Navegar por indexación
- ▶ Buscar por tema
- ▶ Revistas seleccionadas

Explora todas las revistas...



Anexo 3: <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>

The image shows a screenshot of the Google Académico search interface. At the top left, there is a hamburger menu icon. At the top right, the text "INICIAR SESIÓN" is visible. The main heading is "Google Académico", with "Google" in its multi-colored font and "Académico" in grey. Below the heading is a search bar with a magnifying glass icon on the right. Under the search bar, there are two radio buttons: "Cualquier idioma" (selected) and "Buscar solo páginas en español". The search results area is currently empty, displaying the text "A hombros de gigantes" in green. At the bottom left, there is a globe icon and the text "ES". At the bottom right, there are links for "Privacidad", "Términos", and "Ayuda".

Anexo 4: <https://www.scielo.org/es/>

[Sobre el SciELO](#) [English](#) [Português](#)



Scientific Electronic Library Online

Buscar artículos: Entre una o más palabras 

BÚSQUEDA AVANZADA

[Colecciones](#) [Revistas](#)

REVISTAS

 [Argentina](#)

 [Bolivia](#)

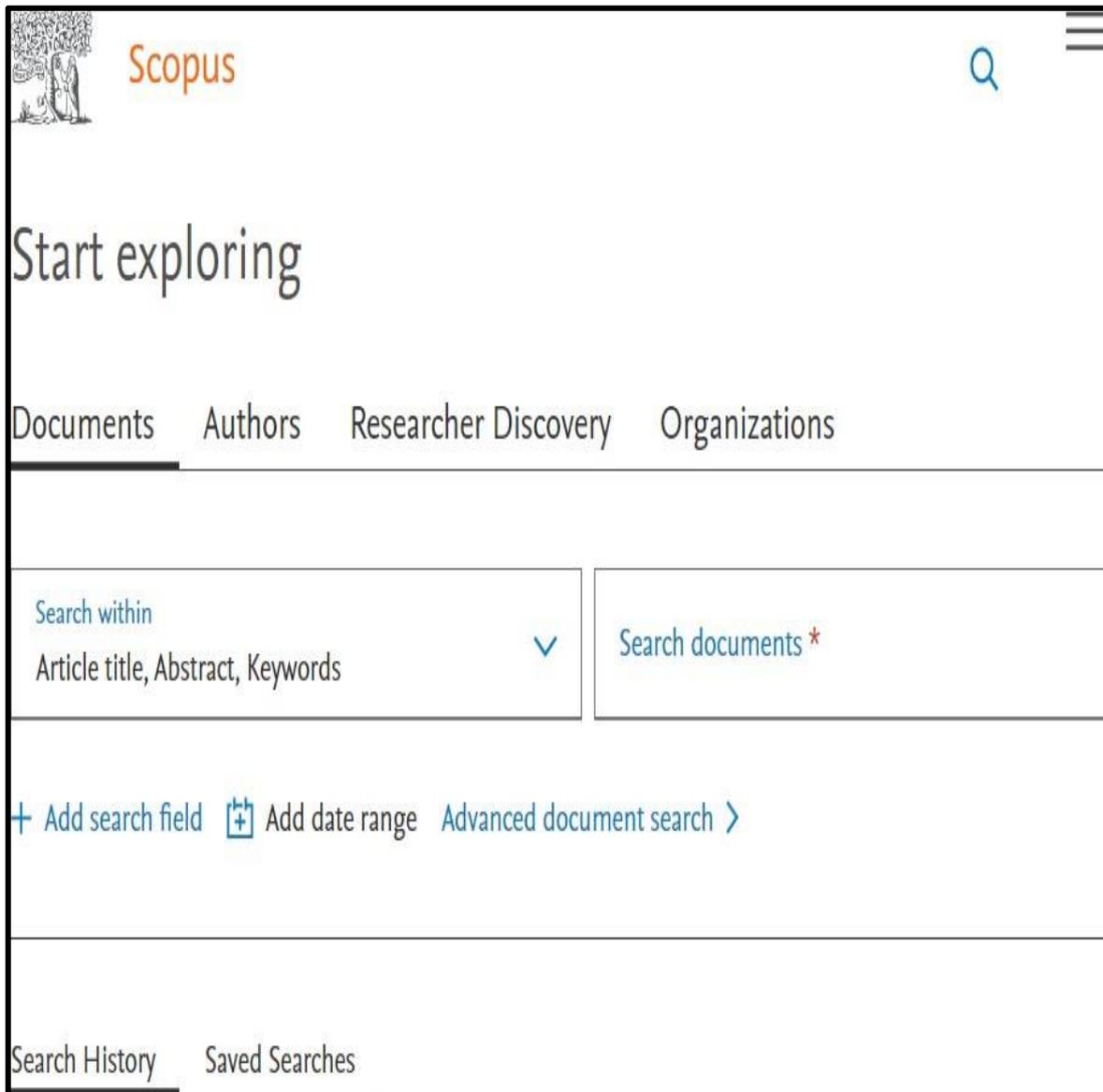
 [Salud Publica](#)

 [Sudáfrica](#)

 [Uruguay](#)

Anexo 5:

<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic&zone=header&origin=#basic>



The image shows the Scopus search interface. At the top left is the Scopus logo, which includes a tree and a figure. To the right of the logo is the word "Scopus" in orange. In the top right corner, there is a magnifying glass icon and a hamburger menu icon. Below the logo, the text "Start exploring" is displayed in a large, dark font. Underneath this, there are four navigation tabs: "Documents", "Authors", "Researcher Discovery", and "Organizations". The "Documents" tab is currently selected and has a dark underline. Below the tabs, there is a search filter section. On the left, it says "Search within" followed by a dropdown menu showing "Article title, Abstract, Keywords" and a downward arrow. To the right of this is a search input field containing the text "Search documents \*". Below the search filter section, there are three links: "+ Add search field" with a plus icon, "+ Add date range" with a date range icon, and "Advanced document search >" with a right arrow icon. At the bottom of the interface, there are two more tabs: "Search History" and "Saved Searches". The "Search History" tab is selected and has a dark underline.