

Natural Fibers and the Mechanical Properties of Simple Concrete, a Systematic Review between the years 2012 – 2022

Naysha Ysabel Vegas Romero¹, Nycol Sarai Velasquez Rodriguez², Melving Luis Rivera Muñoz³, Marlon Walter Valderrama Puscan⁴, Grant Ilich Llaque Fernandez⁵ and Flor Alicia Calvanapon Alva⁶.

¹Ingeniería Civil, Universidad Privada del Norte, Perú, N00172150@upn.pe.

²Ingeniería Civil, Universidad Privada del Norte, Perú, N00158448@upn.pe.

³Universidad Privada del Norte, Perú, melving.rivera@upn.edu.pe.

⁴Universidad Privada del Norte, Perú, marlon.valderrama@upn.edu.pe.

⁵Universidad Privada del Norte, Perú, grant.llaque@upn.edu.pe.

⁶Universidad Privada del Norte, Perú, flor.calvanapon@upn.edu.pe.

Abstract– This research work shows the influence of concrete when the addition of natural fibers is included. Its objective is to know the behaviors suffered by the mechanical properties of simple concrete with natural fiber, in addition to its function and resistance. From the analysis of research articles found in the Ebsco, Scielo, Redalyc and Dialnet databases, which were studied and analyzed using the systematic review methodology, giving a result of 43 sources of information (28 articles and 15 theses), that were chosen through the exclusion criteria. In these studies, it was found that natural fibers are not aggregates that have been used since the present, but since the 70s trying to improve the conditions of the concrete and thus increase its durability. Outside of maintaining a low environmental impact and low-cost construction systems.

Keywords-- Natural Fibers, Simple Concrete, Mechanical Properties, Influence.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.32>

ISBN: 978-628-95207-3-6 ISSN: 2414-6390

Natural Fibers and the Mechanical Properties of Simple Concrete, a Systematic Review between the years 2012 – 2022

Fibras Naturales y las Propiedades Mecánicas del Concreto Simple, una Revisión Sistemática entre los años 2012 – 2022

Naysha Ysabel Vegas Romero¹, Nycol Sarai Velasquez Rodriguez², Melving Luis Rivera Muñoz³, Marlon Walter Valderrama Puscan⁴, Grant Ilich Llaque Fernandez⁵ and Flor Alicia Calvanapon Alva⁶.

¹Ingeniería Civil, Universidad Privada del Norte, Perú, N00172150@upn.pe.

²Ingeniería Civil, Universidad Privada del Norte, Perú, N00158448@upn.pe.

³Universidad Privada del Norte, Perú, melving.rivera@upn.edu.pe.

⁴Universidad Privada del Norte, Perú, marlon.valderrama@upn.edu.pe.

⁵Universidad Privada del Norte, Perú, grant.llaque@upn.edu.pe.

⁶Universidad Privada del Norte, Perú, flor.calvanapon@upn.edu.pe.

Resumen— Este trabajo de investigación se muestra la influencia que presenta el concreto cuando se incluye la adición de fibras naturales. Tiene como objetivo conocer los comportamientos que sufren las propiedades mecánicas del concreto simple con fibra natural; además de su función y resistencia. A partir del análisis de artículos de investigación encontrados en las bases de datos Ebsco, Scielo, Redalyc y Dialnet, que fueron estudiados y analizados mediante la metodología de revisión sistemática, dando un resultado de 43 fuentes de información (28 artículos y 15 tesis), que fueron elegidas a través de los criterios de exclusión. En estos estudios se encontró que las fibras naturales no son agregados que se vienen usando desde la actualidad, si no desde los años 70s tratando de mejorar las condiciones del concreto y así aumentar su durabilidad. Fuera de que se mantiene un bajo impacto ambiental y sistemas constructivos de bajo costo.

Palabras Clave—Fibras Naturales, Concreto Simple, Propiedades Mecánicas, Influencia.

Abstract— This research work shows the influence of concrete when the addition of natural fibers is included. Its objective is to know the behaviors suffered by the mechanical properties of simple concrete with natural fiber, in addition to its function and resistance. From the analysis of research articles found in the Ebsco, Scielo, Redalyc and Dialnet databases, which were studied and analyzed using the systematic review methodology, giving a result of 43 sources of information (28 articles and 15 theses), that were chosen through the exclusion criteria. In these studies, it was found that natural fibers are not aggregates that have been used since the present, but since the 70s trying to improve the conditions of the concrete and thus increase its durability. Outside of maintaining a low environmental impact and low-cost construction systems.

Keywords-- Natural Fibers, Simple Concrete, Mechanical Properties, Influence.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.32>
ISBN: 978-628-95207-3-6 ISSN: 2414-6390

I. INTRODUCCIÓN

El Concreto tiene una serie de características que lo convierten en el material estructural más utilizado, y a pesar de esto, este material tiene una serie de limitaciones, que conllevan a un comportamiento no tan satisfactorio para el diseño de mezcla en la estructura; lo que conlleva al uso de concretos especiales y uno de ellos es el que se tendrá presente en esta investigación, el cual es el concreto reforzado con fibras “Reinforced Concrete” Ahora por la complejidad de este problema es que se plantea la siguiente pregunta **¿Cuál es la Influencia que ejerce el agregado de Fibras Naturales en las Propiedades Mecánicas del Concreto Simple entre los años 2012 y 2022?**. Sabiendo que en las últimas tres décadas se ha incrementado el uso de fibras en los concretos [1] dice que existe una amplia variedad de formas, tamaños y espesor; las hay cilíndricas, llanas, onduladas (rizadas) y deformadas, la longitud puede variar de 60 mm a 150 mm y el espesor de 0.005 mm a 0.75 mm. En el pasado, diferentes autores han investigado sobre concretos que incluyen fibras naturales, ya sea para mejorar el comportamiento mecánico de este material o bien sustituir parcial o totalmente los agregados pétreos convencionales de las mezclas de concreto [2]. Además, los hallazgos de [3] estiman que el consumo mundial de agregados áridos supera los 30 mil millones de toneladas anuales, y entre el 65 - 74 % se utiliza para concreto, a esto hay que añadir que, los métodos de explotación minera perjudican la fauna, la flora, y los recursos hídricos de las áreas interesadas. También, de estudiar su viabilidad en la construcción, tomando en consideración los distintos tipos de fibra de origen natural (vegetal y/o animal) y los distintos ensayos a los que está sometido. [4] argumenta que se busca la alternativa de utilizar materiales resistentes, de buena calidad y asimismo que ayuden al medio ambiente, por ese motivo

esta novedosa alternativa de utilizar las fibras naturales ayuda a disminuir la producción de cemento, disminuyendo las emisiones de CO₂ asociadas con las mezclas de cemento promedio.

El concreto tradicionalmente siempre ha sido el material más utilizado en la industria de la construcción, esto debido a las grandes propiedades que presenta en cuanto a durabilidad y resistencia a la compresión, pero presenta bajas capacidades de resistencia a la tracción y flexión. Para solventar las falencias del concreto frente a la tracción y flexión [5] ha utilizado tradicionalmente el acero en conjunto con el concreto, esto ha permitido la construcción de grandes estructuras, gracias a la fusión de estos 2 materiales. También dicen que, gracias a los avances científicos en las ciencias de materiales, se ha optado por el estudio e implementación de nuevos materiales en la industria de la construcción, como lo han sido las fibras sintéticas, fibras metálicas, y las fibras naturales. [6] dice que, las fibras naturales de refuerzo son obtenidas a bajo costo y son de particular interés en regiones de menos desarrollo, donde los materiales de construcción son de menor accesibilidad o muy caros. Estas fibras tienen como principales características disminuir el peso de las estructuras, proporcionar grados aceptables de resistencia, y disminución de los costos, las fibras naturales pueden constituir una posibilidad de uso para modificar las propiedades del hormigón en los países en desarrollo, ya que están disponibles en grandes cantidades y representan una fuente renovable continua. No obstante, el estudio de [7] demuestra que estas fibras son afectadas principalmente por la alcalinidad de la matriz cementante del concreto, haciendo que su durabilidad dependa de la protección que tengan las fibras. Asimismo, dependiendo del grado de polimerización de los componentes de las fibras existirá un mayor o menor grado de solubilidad en el medio acuoso o alcalino lo cual puede provocar pérdida de la resistencia mecánica por descomposición cuando son empleadas como refuerzo. Esto ha generado numerosas investigaciones de diferentes fibras naturales, que han demostrado las propiedades mecánicas que le aportan al concreto, y los beneficios que trae consigo el uso de recursos naturales y renovables.

Las fibras siempre estuvieron presentes en materiales que tuvieron usos estructurales similares al concreto como el adobe, la tapia pisada y los morteros de cal entre otros. Las fibras vegetales son de uso obligado en la tapia pisada y el adobe debido a que les ayudan a asumir esfuerzos de tensión y le confieren así un mayor monolitismo (no fisuración) a los elementos. El uso de las fibras naturales como un componente más en materiales de relleno o aglomerantes, no es así nuevo y se remonta varios siglos atrás. En concreto existen referencias tempranas de experimentación con un refuerzo discontinuo (clavos, segmentos de cable, ganchos) que se remontan a 1910 [8]. Además, indica que las Fibras de Origen Natural, son secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción superiores al 12%.

Por consiguiente, la fibra disminuye la deformación en todos los casos con el hecho de que esta no deja progresar las grietas que se presentan en el momento de la rotura en los cilindros y las vigas fundidas, permitiendo la unión del material antes de fallar, los ensayos de resistencias de [9] demostraron que, los especímenes a la compresión arrojaron datos de mejor resistencia para los de adición de fibra de 1,5% mejorando la tenacidad de la matriz.

Asimismo, sabemos bien que hoy es casi habitual la construcción utilizando concretos reforzados con fibras en: pisos industriales, concreto proyectado para el sostenimiento de túneles y taludes, estructuras a base de elementos de concreto prefabricado, entre otras muchas más aplicaciones. Sin embargo, se utilizaron fibras naturales desde tiempos muy antiguos para reforzar materiales frágiles utilizados en la construcción; es el caso de las cerdas de crin de caballo adicionadas a morteros, y la paja para reforzar ladrillos de barro [10].

[11] explica que, en consecuencia, con el desarrollo sostenible y la posibilidad de utilizar materiales alternativos de construcción, que permitan reducir la extracción y uso de materiales convencionales, se presenta la necesidad de continuar investigando en el campo de materiales que permitan no solamente reducir costos, sino que brinden seguridad en cuanto a sus propiedades y necesidades de resistencia según sus usos. Para tales efectos, existe la posibilidad de uso de fibras naturales en concretos y morteros las cuales han tenido un amplio estudio desde los años 70's, entre las cuales se tienen las fibras de coco, plátano, bagazo de caña y algunos tipos de bambúes.

De acuerdo con la temperatura de exposición, el concreto está sujeto a cambios volumétricos, como la contracción por secado en las primeras horas de fraguado para el cual es necesario el uso de fibras sintéticas y naturales para reducir el efecto. Para mejorar su propiedad [12] señala que las fibras naturales pueden ser procesadas químicamente, de acuerdo con la técnica para su obtención, son llamadas típicamente naturales no procesadas. Incluso, para mejorar las propiedades del concreto como la resistencia y la durabilidad ha sido investigado a través de los años. Con ayuda de la tecnología se han obtenido óptimos diseños para concretos reforzados con fibras, pero su aplicación comercial aún está limitada debido a que estas fibras incrementan el costo.

Por otro lado, [13] indica que culminada la investigación se llegó a la conclusión de que la resistencia a la compresión (f'_c) de concreto con agregado de fibras de origen animal es más resistente a partir de la adición de 1% del peso de la fibra adicionada con respecto al peso de cemento, mejorando la resistencia en un 40.53%. Este tipo de experimentos técnicos buscan la toma de conciencia en el aprovechamiento de elementos que puedan ser utilizados o reutilizados para la construcción, convirtiendo esta actividad en un icono de desarrollo sostenible y sustentable [14].

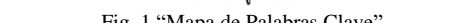
A causa de que se empezó a usar este tipo de fibras (vegetal/animal) [15] declara que al determinar las propiedades físicas de la fibra natural (peso específico,

Para finalizar, [16] en la investigación que realizó, adicionó fibras naturales al concreto; y determinó que a medida que se incrementa el porcentaje de reemplazo la distribución de esfuerzos disminuye obteniendo un concreto poco manejable, que dificultó su compactación. Dando a entender que si queremos implementar el uso de fibras naturales para potenciar las propiedades mecánicas del concreto debemos encontrar la dosificación adecuada y un material que nos brinde trabajabilidad y durabilidad.

II. METODOLOGÍA

49 del total de fuentes de investigación encontradas provienen de Ebsco, que es un portal proveedor de información de fácil acceso brindada por la biblioteca de la Universidad Privada del Norte, como EBSCO Discovery. Del mismo modo se encontraron 11 fuentes en Redalyc que es un sistema que integra a su índice revistas de alta calidad científica para su difusión y acceso. De igual manera se hizo uso de Scielo dando como resultado 5 nuevas fuentes de investigación, esta plataforma es un modelo para la publicación y obtención fácil de revistas científicas en internet. Por último, utilizamos Dialnet que es uno de los mayores portales bibliográficos del mundo, cuyo principal

En el Figura 1 “Mapa de Palabras” se muestra de manera didáctica uno de los criterios por los cuales se seleccionaron las Fuentes de Información, mostrando las distintas palabras clave que deben tener los estudios para esta investigación. Los documentos deben llevar palabras clave como “Fibras Naturales”, “Concreto”, “Propiedades Mecánicas”, “Fibra Vegetal”, “Fibra Animal”, “cemento”, “comportamiento” o similares a estas para ser seleccionados como respaldo y base de la investigación. Además, se descartan fuentes con temas y/o estudio de fibras muy repetitivas y con resultados similares, ya que lo que se busca es la mayor obtención de datos posible. Así mismo, se buscan fuentes que muestran el comportamiento de las fibras para con el concreto.



ve que deben tener las fuentes de in

III. RESULTADOS

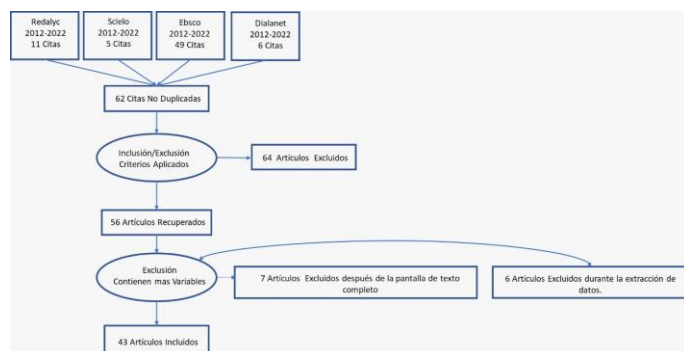


Fig. 2 Diagrama de Flujo de PRISMA para la Identificación de Estudios a Seleccionar

Nota. La ilustración muestra el proceso de selección por el que fueron procesadas las distintas fuentes de información encontradas para ser utilizadas en este trabajo de investigación.

En la Tabla I se muestra la cantidad y porcentaje de Artículos y Tesis que se utiliza para desarrollar este trabajo, además del idioma en que han sido publicadas y si son de procedencia nacional o extranjera.

TABLA I
ESPECIFICACIONES DE LA FUENTES DE INFORMACIÓN

Base de Datos	Estudios		%	Idioma			Origen	
	Art.	Tesis		Esp.	Inglés	Port.	Extrj.	Nac.
Redalyc	5	-	11.63	4	-	1	3	2
Scielo	2	-	4.65	2	-	-	2	-
Ebsco	18	15	76.74	27	6	-	23	10
Dialnet	3	-	6.98	1	2	-	3	-
Total	43		100	34	8	1	31	12
	%			79.07	18.60	2.33	72.09	27.91

Nota. La tabla muestra la cantidad de estudios seleccionados de base de datos confiables, además se evidencia que más de la mitad de estudios son provenientes de la base de datos Ebsco, también que en su mayoría son redactados en español y de origen extranjero.

La investigación tiene como objetivo identificar la influencia de las fibras naturales en las propiedades mecánicas del concreto simple, por los que en primera instancia se cree conveniente identificar los ensayos que se realizaron en cada Estudio. Teniendo en consideración el tipo de Fibra Natural, Fibra Vegetal y Fibra Animal.

TABLA II
ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS CON FIBRA VEGETAL

Análisis de los Estudios que contiene Fibra Natural Vegetal			
Ensayos	Est.	Fibra Vegetal	Resultados
Resistencia a la Compresión	[17]	Cascarilla y ceniza de arroz y ceniza volante	Existe disminución en la resistencia a la compresión, pero es viable el uso de las adiciones para la elaboración de bloques de concreto.
	[18]	Bagazo de caña de azúcar	Conforme se incrementa el contenido de bagazo de caña de azúcar en el concreto la resistencia a la compresión disminuye, dado que la fibra tiene pobres propiedades mecánicas.
	[11]	Bagazo de caña	La resistencia a compresión del concreto es inversamente proporcional al porcentaje de la fibra adicionada y al diámetro de las partículas.

Resistencia a la Compresión y Resistencia a la Flexión	[19]	Coco y yute	La combinación de las diferentes fibras naturales mejora las propiedades mecánicas y físicas. Los resultados demostraron que, añadiendo mayor porcentaje de fibra, menor resistencia del concreto.
	[20]	Totora	Cumple con la resistencia mínima ante la compresión de las normas, ambas formulaciones permiten además tener un material con alta capacidad de aislamiento térmico y densidades menores a 1500 kg/m3
	[2]	Cáscara de arroz	Existe una mejora de resistencia llegando a estar entre una capacidad de resistencia ante esfuerzos a compresión mayores a f'c de 210 kg/cm2.
	[21]	Caña de azúcar	No es recomendable manejar porcentajes tan altos, las fibras le permiten al concreto fallar sin que se desintegre y en algunos casos obligan a que la falla termine allí.
Resistencia a la Compresión y Ductilidad	[22]	Cáñamo	Incrementa la Resistencia al concreto en un 8.82 %
	[23]	Cola de Caballo	Las adiciones de fibra disminuyen la resistencia a la compresión
	[24]	Coco	La resistencia a la compresión aumenta y la resistencia a la flexión es superior.
	[6]	Bagazo de caña de azúcar	Mejoras en el comportamiento mecánico del hormigón.
Resistencia a la Compresión y Ductilidad	[25]	Sisal y cenizas residuales	El concreto con adición orgánica incrementó su resistencia con respecto al control. La durabilidad de los concretos que contenían adiciones orgánicas fue mejorada con respecto al control
	[26]	Mucílago de cactus y extracto de algas pardas marinas	Las fibras disminuyen procesos erosivos. Se han demostrado que las fibras ayudan a la ductilidad, la resistencia a la compresión del suelo que se está mejorando
	[27]	Coco, yute y sisal	Ofrecen mayor resistencia, ductilidad y tenacidad. También se encontró que la durabilidad se puede mejorar reemplazando parcialmente el cemento con puzolanas.
	[28]	Madera, bambú y la pulpa, coco, yute, bagazo, ramio, sisal	Mejoría notable en la resistencia a compresión en cuanto al uso de las fibras de tamaño largo con tendencia muy similar a un concreto sin fibras. Se mostró una eficiencia de refuerzo en falla dúctil y puentes en la formación de grietas
Resistencia a la Compresión, Tracción y Resistencia a la Flexión	[7]	Bagazo de caña de azúcar	Su resistencia a la compresión, a la tracción por compresión diametral y a la flexión mejora.
	[29]	Estopa de coco	Redujo las fisuras en las losas y se obtuvieron resultados satisfactorios en la compresión, tracción y flexión dando un incremento a la resistencia de un concreto convencional.
Resistencia a la Compresión, Tracción y Resistencia a la Flexión	[4]	Zanahoria	

Compresión Axial, Tracción y Resistencia a la Flexión	[30]	Estopa de coco	Disminuyó la deformación máxima, los refuerzos de fibra mejoran de varias maneras la tenacidad de la matriz del compuesto.				del diseño de mezcla, aumenta la resistencia
Resistencia a Compresión y Deformación	[5]	Fique	La adición de la fibra aportó a la matriz de concreto mayor resistencia a la compresión. Sin embargo, no aportó resistencia a la deformación		[39]	Hueso de res	A medida que se le aumenta el porcentaje de fibra el concreto reduce la resistencia en un 3% aprox.
Resistencia a la Compresión y Resistencia a la Tracción	[31]	Cascarilla de arroz	La resistencia a compresión no se ve afectada. La resistencia a tracción indirecta tiene un aumento significativo, pero al aumentar los porcentajes de la fibra disminuye		[3]	Caparazones, conchas de crustáceos y Moluscos	Disminuyeron en rendimiento respecto a las muestras de control.
Elasticidad, Resistencia a la Compresión y Flexión	[32]	Luffa	Los resultados muestran disminución en los valores de la resistencia a compresión y la flexión y la elasticidad para las probetas con fibras.		[40]	Conchas de abanico	Disminuye la resistencia a la compresión
Ductilidad y Resistencia a la Flexión	[33]	Lechuguilla	Su resistencia a tensión permite que sean consideradas como posible refuerzo en el concreto. Las fibras largas adicionadas en bajas cantidades, soportan mayores cargas de flexión en comparación con el concreto simple.		[16]	Concha de abanico	Se obtienen mejores resultados a comparación de un concreto f'c = 210 kg/cm2
Permeabilidad y Resistencia a la Compresión	[34]	Cabuya	La adición de 0.3% fibras de cabuya disminuye la velocidad de absorción capilar de los morteros en una etapa inicial, pero tiene la mejor resistencia		[41]	Concha de moluscos	Se obtiene una mejor resistencia con la adición del 7% de fibra.
	[35]	Agave lecheguilla	La resistencia inicial del concreto con fibras disminuye cuando se expone tanto a ciclos de humedecimiento y secado.		[42]	Tejido óseo	Aporta resistencia a la mezcla cuando se adhiere un 10% de la fibra
Resistencia a la Compresión, Flexión Módulo de Elasticidad, Tensión y Ductilidad	[1]	Paja, palma, hojas de maíz, bagazo de caña, bambú, lechuguilla	La resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad se reducen conforme aumenta la cantidad de fibra; la resistencia a la tensión indirecta aumenta conforme se incrementa la cantidad de fibras. contribuye al mejoramiento de la ductilidad de este material	Resistencia a la Compresión y Resistencia a la Flexión	[13]	Pelo de Cerdo	Es más resistente a partir de la adición de 1% del peso fibras de pelo de cerdo con respecto al peso de cemento y la mayor resistencia a la flexión es con la adición de 1.5%
	[36]	Bagazo de caña de azúcar	El comportamiento mecánico fue decreciendo a medida que aumentaba el porcentaje de inclusión de la fibra		[15]	Plumas de Ave	Disminuye las resistencias
Durabilidad	[37]	Caña de azúcar, fibra de bagazo	Compuestos con la mayor rigidez y el valor del módulo elástico, los vacíos dentro de las matrices se redujeron considerablemente. Aumenta las propiedades mecánicas de los materiales compuestos		[43]	Pelo de Cerdo	No se ven afectados significativamente
<i>Nota.</i> La tabla muestra los ensayos que se realizaron en los diferentes estudios, describiendo el tipo de fibra vegetal utilizada y los resultados que se obtuvieron.				Resistencia a la Compresión y Ductilidad	[12]	Plumas de Ave	Las fibras naturales pueden reemplazar a las fibras artificiales ya que presentan muy poca diferencia, además disminuyen su costo y tendría un impacto ambiental positivo
				Resistencia a la Compresión y Resistencia a la Tracción	[44]	Concha de mejillón	El aumento de fibra podría afectar la resistencia tanto a la compresión como a la tracción dividida de manera negativa

Nota. La tabla muestra los ensayos que se realizaron en los diferentes estudios, describiendo el tipo de fibra animal utilizada y los resultados que se obtuvieron.

Se identifican distintos tipos de fibras en las Fuentes de Información analizadas, obteniendo así una vista general de la influencia de la fibra para con las propiedades del concreto.

TABLA III
ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS CON FIBRA ANIMAL

<i>Análisis de los Estudios que contiene Fibra Natural Animal</i>			
Ensayos	Est.	Fibra Animal	Resultados
Resistencia a la Compresión	[14]	Lana de borrego	A mayor volumen de fibra en el hormigón, disminuye su resistencia
	[38]	Hueso de res	Para el porcentaje del 13% presentó una resistencia a la compresión por encima

TABLA IV
EFECTOS DE LAS FIBRAS NATURALES EN EL CONCRETO

<i>Efectos de las Fibras Naturales en el Concreto</i>		
Fibra Natural	Est.	Resultados
Cascarilla de arroz	[2]	- Cumple con la resistencia mínima ante la compresión.
	[17]	- Disminución en la resistencia a la

		compresión.
	[31]	- La resistencia a compresión no se ve afectada y la resistencia a tracción indirecta tiene un aumento significativo con pocos porcentajes de fibra.
Bagazo de caña de azúcar	[18]	- La resistencia a la compresión disminuye.
	[11]	- La resistencia a compresión del concreto es inversamente proporcional al porcentaje de la fibra.
	[21]	- Mejora su resistencia a la Compresión
	[6]	- La resistencia a la compresión aumenta y la resistencia a la flexión es superior.
		- Mejoría notable en la resistencia a compresión
	[7]	- Eficiencia de refuerzo en falla dúctil y puentes en la formación de grietas
	[36]	- El comportamiento mecánico fue decreciendo al aumentar el porcentaje de fibra.
	[37]	- Aumenta las propiedades mecánicas de los materiales compuestos
Cáñamo	[22]	- Aumenta la resistencia a la compresión y flexión, genera mayor tenacidad y evita el rompimiento/desprendimiento total del material, se sufre fractura parcial.
Coco y yute	[19]	- Mejora las propiedades mecánicas y físicas
Totora	[20]	- Mayor porcentaje de fibra, menor resistencia del concreto,
Mucílago de cactus y extracto de algas pardas marinas	[26]	- Incrementó su resistencia y la durabilidad mejora respecto al control.
Coco, yute y sisal	[27]	- Disminuyen procesos erosivos, pero ayudan a la ductilidad y a la resistencia a la compresión
Madera, bambú y la pulpa, coco, yute, bagazo, ramio, sisal	[28]	- Ofrecen mayor resistencia, ductilidad y tenacidad
Estopa de coco	[29]	- Mejora la resistencia a la compresión, a la tracción por compresión diametral y a la flexión.
	[30]	- Disminuyó la deformación máxima.
Zanahoria	[4]	- Redujo las fisuras y se obtuvieron resultados satisfactorios en la compresión, tracción y flexión incrementando la resistencia.
Fique	[5]	- Mayor resistencia a la compresión, pero no aportó resistencia a la deformación.
Luffa	[32]	- Disminución en los valores de la resistencia a compresión y la flexión y la elasticidad
Lechuguilla	[33]	- Aumenta la tensión y la resistencia a la flexión en bajos porcentajes de fibra.
	[35]	- La resistencia inicial del concreto con fibras disminuye.
Cabuya	[34]	- Disminuye la velocidad de absorción, pero tiene mejor resistencia.
Paja, palma, hojas de maíz, bagazo de caña, bambú, lechuguilla	[1]	- La resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad del concreto se reducen y la resistencia a la tensión indirecta aumenta al incrementar el porcentaje de fibras. Contribuye al mejoramiento de la ductilidad.
Coco	[24]	- Disminuían la resistencia a la compresión
Sisal y cenizas residuales	[25]	- Mejora el comportamiento mecánico del hormigón.

Nota. La tabla muestra los resultados en el concreto por el tipo de fibra vegetal utilizada.

TABLA V EFECTOS DE LAS FIBRAS NATURALES EN EL CONCRETO		
<i>Efectos de las Fibras Naturales en el Concreto</i>		
Fibra Natural	Est.	Resultados
Lana de Borrego	[14]	- A mayor volumen de fibra en el hormigón, disminuye su resistencia, es directamente proporcional
	[38]	- Aumenta su resistencia a la compresión con adherencia del 13%
Hueso de res	[39]	- Al aumentar el % de fibra la resistencia se reduce en un 3% aprox.
Caparazones, conchas de crustáceos y Moluscos	[3]	- Disminuyeron en rendimiento respecto a las muestras de control.
Conchas de abanico	[16]	- Disminuye la resistencia a la compresión
	[40]	- Mejores resultados en la compresión
Concha de moluscos	[41]	- Se obtiene una mejor resistencia con un 7% de la fibra
Tejido Óseo	[42]	- Mayor resistencia con el 10% de la fibra
Pelo de Cerdo	[13]	- Incrementó su resistencia a compresión y flexión
	[43]	- No afecta a las propiedades mecánicas significativamente
Plumas de Ave	[15]	- Disminuye la resistencia a compresión y flexión
	[12]	- Presenta poca diferencia a un concreto normal en compresión y ductilidad
Concha de mejillón	[44]	- Afecta a la compresión y tracción.
Cola de Caballo	[23]	- Incrementa la Resistencia al concreto

Nota. La tabla muestra los resultados en el concreto por el tipo de fibra animal utilizada.

IV. DISCUSIÓN

La búsqueda que se llevó a cabo en el periodo de 2012 – 2022, trajo consigo resultados que dieron respuesta a nuestra interrogante planteada al inicio de esta Revisión Sistemática. Ya que, la cantidad de estudios conseguidos da prueba de que existe un interés por parte de la comunidad estudiantil y profesional por mantener la sostenibilidad ambiental utilizando agregados naturales que muchas veces percibimos como residuos, trayendo como consecuencia la mejoría de las propiedades mecánicas del concreto, disminuyendo el impacto socioambiental que uso y producción que este representa.

De las 43 Fuentes de Información seleccionadas la fibra más predominante es la del “Bagazo de caña de azúcar”, la cual actúa de manera positiva en la Resistencia a la Compresión, siempre y cuando se usen cantidades mínimas dentro del rango establecido como lo demuestran [11 - 18]. Además, trae beneficios aumentando la Resistencia a la Flexión [6], demuestra una eficiencia en cuanto al refuerzo en las fallas dúctil [7] y reduce los vacíos internos (En probetas las cangrejeras) [37].

De igual manera, se menciona a la fibra de “Cascarilla de Arroz”, que del mismo modo que la fibra anterior disminuye la Resistencia a la Compresión del Concreto [17] o cumple con la resistencia mínima permitida [2] en esa misma línea se encuentra a Resistencia a la Tracción, esta solo aumenta en caso que el porcentaje de fibra agregada no sea en grandes

cantidades [32]. Algo positivo que agregarle a esta fibra es que actúa mejorando la capacidad de aislamiento térmico [2].

Así mismo, se habla del uso de fibras combinadas, las más sonadas “Estopa de Coco y Yute”, la mezcla de estas fibras trae mejoras en cuanto a las propiedades mecánicas y físicas del concreto [20], en comparación al concreto simple. Disminuyen los procesos erosivos [27]. Así como ofrecen mayor resistencia, ductilidad y tenacidad [7].

Del mismo modo, las demás fibras comparadas en esta investigación, como “Lechuguilla”, “Estopa de Coco”, “Luffa”, “Cabuya”, “Bambú”, “Fique”, “Zanahoria”, “Mucílago de Cactus y Extracto de Algas Pardas Marinas”, “Cañamo” “Plumas de Ave”, etc. Traen consigo la disminución en la Resistencia a la Compresión si se usa la fibra en altos porcentajes. Por otra parte, las fibras le permiten al concreto fallar sin que se desintegre, como demuestra [19] También, se reducen las fisuras y se obtienen resultados satisfactorios tracción y flexión dando un incremento a la resistencia de un concreto convencional [4].

Finalmente analizando las fibras naturales de origen animal donde las investigaciones de [13-16] destacan por sus hallazgos; estas nos señalan que es posible obtener un concreto de características mecánicas aceptables al reemplazar parte del agregado grueso por conchas de abanico trituradas, en tamaños menores a 1” en proporciones máximas del 40%. Más allá de este porcentaje de reemplazo la trabajabilidad disminuye considerablemente y no se logra la resistencia especificada. Por otro lado con el pelo de cerdo en porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 5%, es más resistente a partir de la adición de 1% del peso fibras de pelo de cerdo con respecto al peso de cemento, mejorando la resistencia en un 40.53% a los 7 días y 17.32% a los 28 días con respecto al concreto patrón, y la mayor resistencia a la flexión es con la adición de 1.5% de fibras de pelo de cerdo con respecto al peso del cemento, mejorando en un 62.44% a los 7 días y en un 27.86% a los 28 días con respecto al concreto patrón

V. CONCLUSIONES

Después del análisis exhaustivo de las fuentes de información seleccionadas se concluyó que al realizar la mezcla de concreto simple con diferentes fibras naturales y al determinar las diferentes resistencias, se puede afirmar que la resistencia a la compresión tiende a disminuir debido a que hay menos adherencia entre las partículas. Además, con los estudios realizados nos damos cuenta que no es recomendable manejar un porcentaje alto de fibras naturales, el rango óptimo se mantiene entre el 1% para que no disminuya sus propiedades.

Por ende, cuando se agrega grandes cantidades de fibras naturales, como se observa con el bagazo de caña, su resistencia disminuye ya que presenta propiedades mecánicas muy pobres lo que indica que debe usarse en las cantidades mínimas necesarias para que la resistencia a la compresión dé buenos resultados. También, nos damos cuenta de que cuando se combinan fibras naturales de mayor resistencia se puede

optimizar al concreto presentando mejores propiedades físicas y mecánicas.

De igual manera, el concreto que tiene agregado de fibra natural presenta mayor durabilidad que la mayoría de las mezclas, y mejora su resistencia respecto al control al que son sometidas las muestras. El agregado de fibras naturales como la lechuguilla en bajas cantidades al concreto comporta mayores cargas de flexión en comparación al concreto simple.

Por último, se concluye que el uso de fibras naturales muchas veces contribuye con el ambiente ya que se reutiliza estos residuos y así se optimiza la condición del concreto. Además de que la fibra natural, en especial la cascarilla de arroz, fuera de mejorar la resistencia también nos sirve como aislante térmico, contribuyendo con países que enfrentan condiciones climáticas deplorables.

REFERENCIAS

- [1] J. Betancourt, P. Hernández, R. Narayanasamy e J. Rentería, “Revisión sobre el Uso de Fibras en Concretos y su Comportamiento Mecánico”, 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.academiajournals.com/s/Compendio-de-Investigacion-Academia-Journals-Los-Mochis-2018-Tomo-02.pdf>
- [2] P. Martínez, S. Hans, y M. Araya, “Comportamiento físico y mecánico de elementos no estructurales a base de concreto elaborado con fibra de cáscara de arroz”, 2021. [En línea]. Disponible: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/5915/5644
- [3] R. Alvares, “Rendimiento de caparzones y conchas de crustáceos y moluscos como sustituto parcial de agregados en mezclas de concreto”, 2021. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/14643/MONOGRAFIA%2C%20ALVAREZ%20LOPEZ%20RICARDO%20ANDRES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [4] C. Llontop y M. Ruiz, “Mezcla con Fibra de Zanahoria para Mejorar las Propiedades Mecánicas del Hormigón”, 2019. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2627/MEZCLA%20CON%20FIBRA%20DE%20ZANAHORIA%20PARA%20MEJORAR%20LAS%20PROPIEDADES%20MECANICAS%20DEL%20HORMIGON.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] J. Saavedra y C. Ortega, “Comportamiento Mecánico del Concreto Reforzado en Losas y Vigas con Fibras de Fique”, 2020. [En línea]. Disponible: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25825/1/DOCUMENTO%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- [6] J. Fernández y N. Díaz, “Evaluación de un material compuesto reforzado con fibras de bagazo en matriz de cemento”, 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894009.pdf>
- [7] B. Paricaguán y J. Muñoz, “Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar”, 2019 [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/707/70760276009/html/>
- [8] Sika. Colombia. Concreto - Concreto Reforzado con Fibras, “Innovation and Consistency”, pp. 6-24, agosto de 2014. [En línea]. Disponible: <https://col.sika.com/content/dam/dms/co01/6/Concreto%20reforzado%20con%20fibras.pdf>
- [9] J. Mora, “Análisis mecánico de un concreto con adición del 2 % de fibra natural de cañamo”, 2017. [En línea]. Disponible: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14547/1/Trabajo%20de%20Grado%20Final.pdf>
- [10] I. Vidaud, Z. Frómeta, y E. Vidaud, “Una aproximación a los concretos reforzados con fibras (Parte I)”, julio de 2015. [En

- línea]. Disponible:
<http://www.revistacyt.com.mx/pdf/julio2015/tecnologia.pdf>
- [11] J. Osorio, F. Varón, y J. Herrera, “*Comportamiento Mecánico de Concreto reforzado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar*”, 2007. [En línea]. Disponible:
<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v74n153/a08v74n153.pdf>
- [12] P. Díaz, “*Concreto Reforzado Con Fibra Natural De Origen Animal (Plumas De Aves)*”, 2016. [En línea]. Disponible:
<http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/453/443>
- [13] D. Limpe y A. Ortiz, “*Análisis de la resistencia a la flexión y compresión de concreto con agregados de las canteras de vicho y cunyac adicionado con fibras de pelo de cerdo*”, 2016. [En línea]. Disponible:
<https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/713>
- [14] G. Valdiviezo, “*Análisis técnico comparativo del comportamiento a compresión de concretos fabricados con fibra proteica (lana de borrego) y fibra celular (algodón) como una alternativa sostenible de aprovechamiento de recursos*”, 2016. [En línea]. Disponible:
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23921/1/Tesis%201045%20-%20Valdiviezo%20Quispe%20Grace%20Estefan%C3%ADa.pdf>
- [15] S. Soares, “*Aplicación de la fibra natural de las plumas en el diseño de mezcla de concreto ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) Chiclayo - 2018*”, 2018. [En línea]. Disponible:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36499>
- [16] D. Nizama, “*Valoración de residuos crustáceos para concretos de baja resistencia*”, 2014. [En línea]. Disponible:
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2194/ICI_210.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [17] N. Fuentes, O. Fragozo Tarifa y L. Vizcaino Mendoza, “*Residuos Agroindustriales como Adiciones en la Elaboración de Bloques de Concreto no Estructural*”, 2015. [En línea]. Disponible:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91142868006>
- [18] E. Silupu, S. Muñoz, y C. Reyna, “*Reutilización de plástico pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo*”, 2019. [En línea]. Disponible:
<http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/viewFile/1264/1094>
- [19] I. Bongarde, y V. Shinde, *Review on natural fiber reinforcement polymer composites*. [En línea]. Disponible:
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Review+on+natural+fiber+reinforcement+polymer+composites&btnG=
- [20] A. Quilluya Escobedo y D. Flores Ramos, Juliaca. “*Influencia de las fibras de Totorá (Schoenoplectus californicus) en la resistencia mecánica del concreto*”, 2019. [En línea]. Disponible:
https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2722/Andrea_Trabajo_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [21] L. Carrión, J. Ordoñez, J. Duran y J. Farias, “*Hormigón reforzado con fibra natural de caña de azúcar y su resistencia a la compresión*”, 2019. [En línea]. Disponible:
<https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/download/435/375/785>
- [22] I. Carvajal Corredor y L. Terreros Rojas, “*Uso de la fibra de cáñamo para mejorar las propiedades mecánicas del Concreto*”, 2019. [En línea]. Disponible:
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-del-norte/tecnologia/articulo-analisis-de-las-propiedades-mecanicas-de-un-concreto-convencional-adicionando-fibra-de/26699824>
- [23] J. Velásquez, “*Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituido 15% el cemento por ceniza de cola de caballo*”, 2018. [En línea]. Disponible:
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7978>
- [24] H. Gil, A. Zuleta y D. Reyes, “*Mechanical properties and sustainability aspects of coconut fiber modified concrete*”, 2021. [En línea]. Disponible:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7873281>
- [25] I. Soto y M. Ramalho, “*Aplicação de cinzas residuais e de fibra de sisal na produção de argamassas e concretos: Revisão*”, 2014. [En línea]. Disponible:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85232596009>
- [26] Hernández, Cano, y Torr. “*Influence of cactus mucilage and marine brown algae extract on the compressive strength and durability of concrete*”, 2016. [En línea]. Disponible:
<https://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/1975/2409>
- [27] I. Hernández, D. Perdomo y J. Rincón, “*Implementación de Fibras Naturales en la Estabilidad de Taludes*”, 2015. [En línea]. Disponible:
https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3388/Implementacion_fibrasnaturales_estabilidad_taludes.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [28] E. Sera, L. Robles y R. Pama, “*Natural Fibers as Reinforcement*”, 1990. [En línea]. Disponible: https://id1-bnc-idrc.dspace.direct.org/bitstream/handle/10625/42865/IDL-42865_v20n2.pdf?sequence=2#page=6
- [29] L. Vela y R. Yovera, “*Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionado con Fibra de Estopa de Coco*”, 2016. [En línea]. Disponible:
https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/3167/VELA_REQUEJO_LUIS_GUSTAVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [30] S. Quintero y L. González, “*Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto*”, 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/852/85202010.pdf>
- [31] E. Rimay, “*Diseño de Concreto Fibroreforzado De $F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ con Fibra Vegetal en la Ciudad de Jaén*”, 2017. [En línea]. Disponible: <https://docplayer.es/147154195-Universidad-nacional-de-cajamarca.html>
- [32] G. Martínez, M. Martínez y E. Martínez, “*Concreto Polimérico Reforzado con Fibras de Luffa*”, 2013. [En línea]. Disponible:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642013000400008&script=sci_arttext
- [33] C. Juárez, P. Rodríguez, R. Rivera y M. Rechy, “*Uso de las Fibras Naturales de Lechuguilla como Refuerzo en el Concreto*”, 2004. [En línea]. Disponible:
http://eprints.uanl.mx/1318/1/art_delalechuguilla.pdf
- [34] P. Viera, D. Morillo y J. Parion, “*Influencia de fibras naturales y sintéticas en la permeabilidad de morteros de cemento - arena, y cemento, cal y arena*”, 2022. [En línea]. Disponible:
<http://portal.amelica.org/ameli/journal/624/6242851007/6242851007.pdf>
- [35] C. Juárez, “*Concretos base Cemento Portland Reforzados con Fibras Naturales (Agave Lechuguilla), como Materiales para Construcción en México*”, 2022. [En línea]. Disponible:
<http://eprints.uanl.mx/5833/1/1020150648.PDF>
- [36] M. Espinoza, “*Comportamiento mecánico del Concreto Reforzado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar*”, 2015. [En línea]. Disponible:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23026/1/tesis.pdf>
- [37] M. Ghazali, C. Azhari, S. Abdullah, y M. Omar, “*Characterisation of Natural Fibres (Sugarcane)*”, 2008. [En línea]. Disponible:
http://iaeng.org/publication/WCE2008/WCE2008_pp1307-1309.pdf
- [38] D. Beltran, J. Chacon y M. Vigoya, “*Uso del hueso de res triturado como aditivo de reemplazo del agregado grueso en porcentajes de cambio de 0%, 10% y 13%. Para Ensayos a compresión en concreto de 14mpa.*”, 2021. [En línea]. Disponible:
<http://repositorio.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10932/Trabajo%20de%20Grado.pdf?sequence=1>
- [39] J. Ardila, y J. Echeverry, “*Modificación del diseño de mezcla del concreto convencional a partir del uso del hueso triturado como agregado grueso para ensayos de resistencia a la compresión*”, 2018. [En línea]. Disponible:
<http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00004849.pdf>
- [40] V. Laura y W. Tong, “*Concreto modificado con conchas de abanico y aditivo Sikacem plastificante para mejorar las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido*”, 2019.

[En línea]. Disponible:

<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2821>

- [41] D. Ore y A. Rojas, “*Elaboración de concreto estructural adicionando conchas de diversos moluscos de la playa la Pocita – Huarmey para la mejora de sus propiedades físicas*”, 2019. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3557>
- [42] J. Mora, “*Tejido óseo, una nueva alternativa en agregados para el concreto*”, 2019. [En línea]. Disponible: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/download/2741/2697/>
- [43] G. Araya, F. Antico, P. Parra y M. Carrasco, “*Fiber-Reinforced Mortar Incorporating Pig Hair*”, 2017. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/314101402_Fiber-Reinforced_Mortar_Incorporating_Pig_Hair
- [44] S. Muhammad, “*Performance of concrete containing mussel shell (Perna viridis) ash under effect of sodium chlorideCuring*”, 2019. [En línea]. Disponible: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/601/1/012033/pdf>