

## Control de fisuras por retracción plástica en pavimento rígido, puno-2023

Control of cracks due to plastic shrinkage in rigid pavement, puno-2023

**Maycol Henry Torres Arizaca**

[dkmaykel93@gmail.com](mailto:dkmaykel93@gmail.com)

**ORCID 0009-0008-0939-2422**

**Universidad cesar vallejo**

**Perú, Lima**

### RESUMEN

La retracción plástica en el concreto es uno de los problemas más frecuentes que se origina con la aparición de grietas o fisuras. El propósito es analizar las propiedades físicas, mecánicas e identificar el tipo de fisura con la adición de fibra de lino para el control de fisura por retracción plástica. el diseño es de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y diseño experimental. La población lo conforman los pavimentos rígidos de la ciudad de Puno, está conformada por 36 especímenes y paños de prueba de 2x1m. la adición de fibra de lino en el concreto obtuvo un resultado satisfactorio cuando se utilizó el 4% obteniendo una máxima resistencia a compresión de 316.08 kg/cm<sup>2</sup> y tipo de fisura mínima de 0.1mm, 0.02mm de ancho. En conclusión, la adición de 4% de fibra de lino mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

**Palabras clave:** concreto, fibra de lino, resistencia, fisura

### ABSTRACT

Plastic shrinkage in concrete is one of the most frequent problems that originates with the appearance of cracks or fissures. The purpose is to analyze the physical and mechanical properties and identify the type of crack with the addition of flax fiber to control cracks due to plastic shrinkage. the design is of the applied type, with a quantitative approach and experimental design. The population is made up of the rigid pavements of the city of Puno, it is made up of 36 specimens and 2x1m test cloths. The addition of flax fiber in the concrete obtained a satisfactory result when 4% was used, obtaining a maximum compressive strength of 316.08 kg/cm<sup>2</sup> and a minimum crack type of 0.1mm, 0.02mm wide. In conclusion, the addition of 4% flax fiber improves the physical and mechanical properties of concrete.

**Key words:** concrete, flax fiber, resistance, fissure

## INTRODUCCIÓN

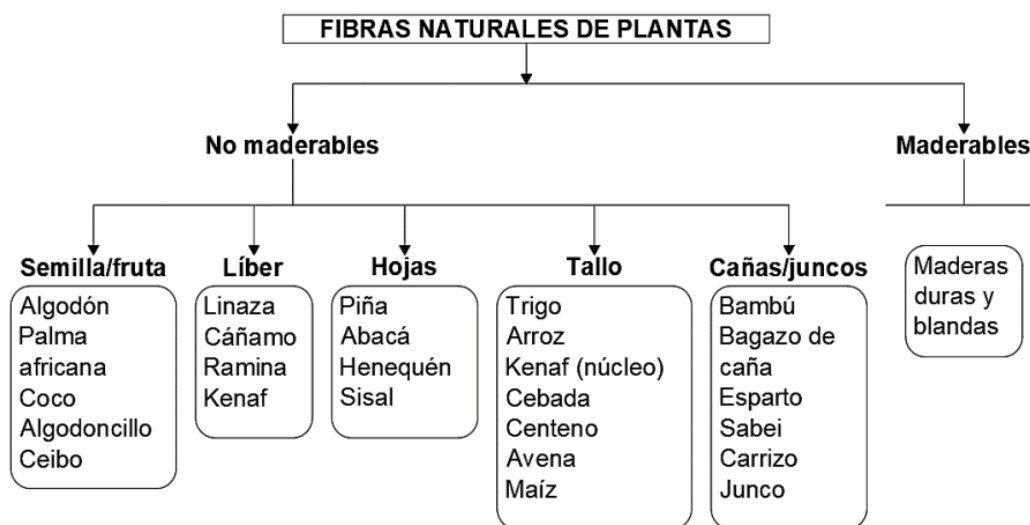
Actualmente una de las grandes problemáticas y preocupaciones a nivel internacional está relacionada con la retracción del concreto que es uno de los problemas más frecuentes, por el cual se originan la aparición de las fisuras o grietas que se encuentran en las estructuras. A pesar de ello, se desconoce este fenómeno y cuáles son sus causas (Bailon, 2022) Este problema afecta el desempeño de las estructuras, los cuales se ven reflejados ya sea a mediano o largo plazo, por lo que es muy importante realizar estudios de diferentes opciones que permitan reducir la aparición de fisuras (Lopez, 2019).

El uso de refuerzos de fibra no es una práctica novedosa. Se ha informado que el rendimiento mecánico de los materiales cementosos avanza con la inclusión de diferentes tipos de fibras de ingeniería, es decir, acero, carbono, polipropileno sintético, nailon, vidrio, basalto y alcohol polivinílico (Raza, 2020).

La condición climática en serranía de nuestro país presenta temperaturas extremas durante algunos meses del año, donde generalmente se tiene climas secos (humedad relativamente baja), las condiciones extremas de temperatura varían de 17°C a -4°, estas situaciones influyen provocando que se contraiga la superficie del concreto, donde los esfuerzos internos de la capacidad de resistir del concreto es excedida por las sollicitaciones internas o externas que afectan el concreto manifestándose ocasionando la aparición de fisuras (Bailon, 2022).

Adición de fibra:

Son de origen natural por lo que son un material renovable, tiene presente características físicas y mecánicas que llaman la atención. Lo que incentivo en los últimos años a que sea investigada en torno a que se establezcan mejores metodologías que permitan aprovecharlas para ser usadas con el fin de elaborar materiales compuestos (Djafari, 2017). Estas fibras de origen naturales se dividen en diversos grupos de acuerdo a su origen, ya sean fibras de tallos de yute o lino, fibras de hojas de sisal o fique, fibras de maderas de roble o pino, fibras de semillas de algodón y fibras de plátano o coco (Fombuena, 2014).



**Fig. 1.** clasificación de fibras naturales

**Fuente:** (Abdul Khali, 2015)

## MÉTODO

La muestra de la investigación está conformada por los paños de 2m x 1m elaborados con concreto con incorporación de fibras de lino y los 36 especímenes cilíndricos de concreto.

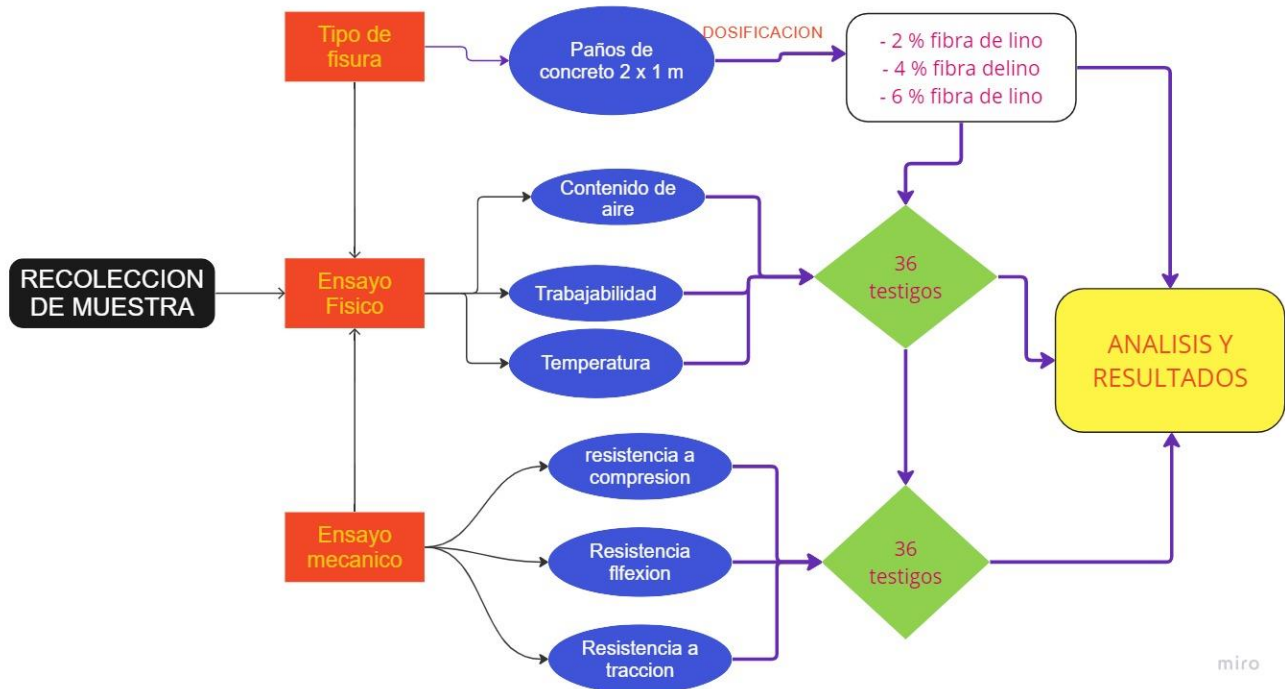


Fig. 2. Población, muestreo, unidad de análisis.

la metodología desarrollada en este estudio tiene un enfoque cuantitativo y diseño experimental aplicada. Las técnicas para la recolección de datos son las siguientes: ensayos de laboratorio, extracción de muestras, recolección de datos e interpretación.

## RESULTADOS

### Propiedades físicas

Tabla 1. Temperatura del concreto

Muestras	Medición de temperatura	% Variación
0% FL	16.40	
2% FL	16.80	2.44%
4% FL	17.00	3.66%
6% FL	17.10	4.27%

En la tabla 1 se muestra la temperatura del concreto donde 16.40°C es sin adición y con adiciones de fibra de lino en porcentajes de 2%, 4% y 6% es de 16.80°C, 17.00°C y 17.10°C respectivamente.

**Tabla 2.**Consistencia del concreto

<b>Muestras</b>	<b>Consistencia/slump</b>	<b>% Variación</b>
0% FL	3.08	
2% FL	3.00	-2.60%
4% FL	2.90	-5.84%
6% FL	2.82	-8.44%

En la tabla 2 se muestra el asentamiento del concreto donde 3.08 pulg. es para la muestra sin adición y con adiciones de fibra de lino en porcentajes de 2%, 4% y 6% es de 3.0 pulg, 2.9 pulg y 2.82 pulg respectivamente.

**Tabla 3.** Aire atrapado en el concreto

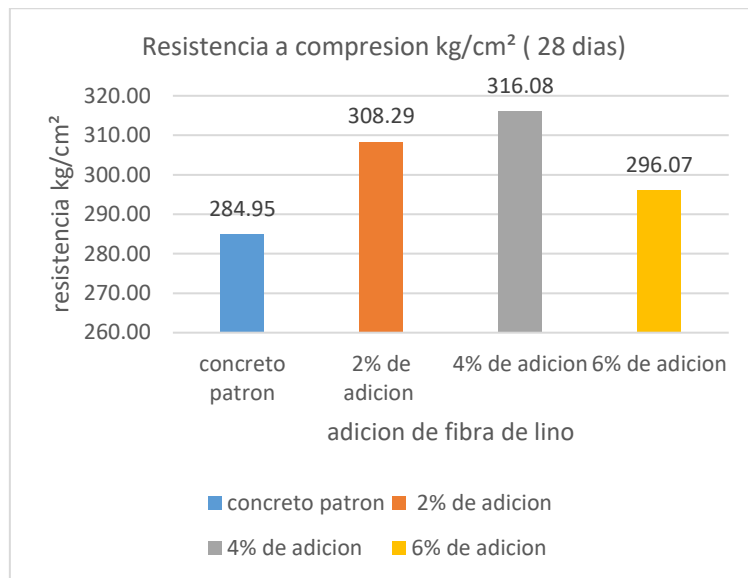
<b>Muestras</b>	<b>Aire atrapado</b>	<b>% Variación</b>
0% FL	2.40	
2% FL	2.30	-4.17%
4% FL	2.20	-8.33%
6% FL	2.00	-16.67%

En la tabla 3 se muestra el porcentaje de aire atrapado en el concreto donde 2.40%. es para la muestra sin adición y con adiciones de fibra de lino en porcentajes de 2%, 4% y 6% son de 2.30%, 2.20% y 2.00% respectivamente.

### Propiedades mecánicas

**Tabla 4.**Resistencia a la compresión 28 días.

<b>MUESTRAS</b>	<b>Resistencia a la compresión kg/cm2 (28 días)</b>			
	M-1	M-2	M-3	Promedio
0% FL	291.53	269.15	294.18	284.95
2% FL	308.91	310.57	305.39	308.29
4% FL	313.07	317.92	317.24	316.08
6% FL	294.89	298.94	294.37	296.07

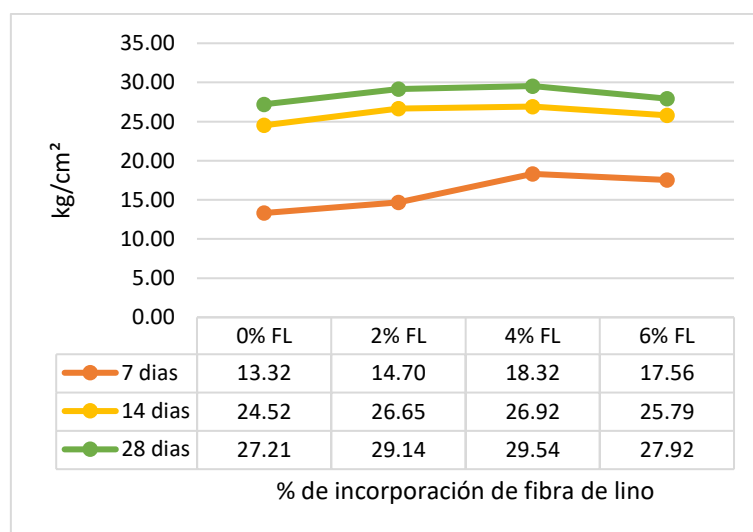


**Fig. 3.** Resistencia a la compresión 28 días.

En la tabla 4 y la figura 4 se muestran los valores de la resistencia a la compresión obtenidos para un tiempo de curado de 28 días, donde el promedio del esfuerzo patrón es de 284.95 kg/cm<sup>2</sup>, adicionando 2% de fina de lino se obtiene un promedio de 308.29 kg/cm<sup>2</sup>, adicionando 4% de fibra de lino se obtiene un promedio de 316.08 kg/cm<sup>2</sup> y adicionando 6% de fibra de lino se obtiene 296.07 kg/cm<sup>2</sup>; lo que representa una variación del 8.19%, 10.92% y 3.90% respecto a la muestra patrón.

**Tabla 5.** Resistencia a flexión

MUESTRAS	7 días	14 días	28 días
0% FL	13.32	24.52	27.21
2% FL	14.70	26.65	29.14
4% FL	18.32	26.92	29.54
6% FL	17.56	25.79	27.92

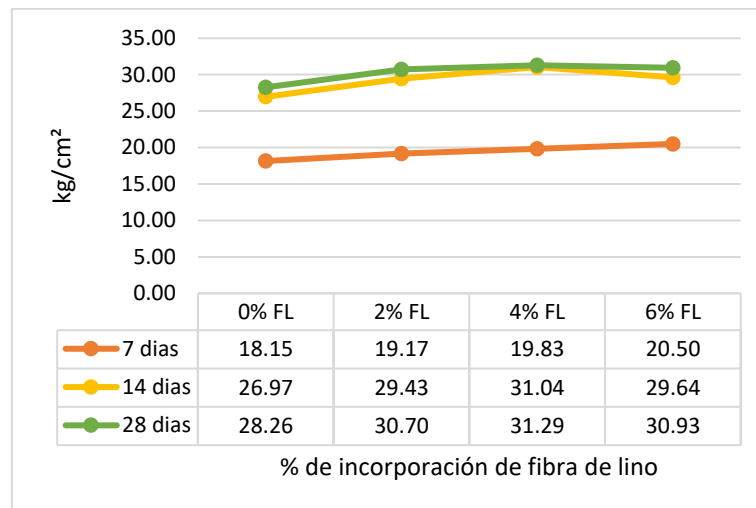


**Fig. 4.** Resistencia a flexión

En la tabla 5 y la figura 5 se muestran los valores de la resistencia a la flexión obtenidos para tiempos de curado de 7,14 y 28 días, donde los resultados de la muestra patrón para los 28 días son de 27.21 kg/cm<sup>2</sup>, adicionando 2% de fibra de lino se obtiene un 29.14 kg/cm<sup>2</sup>, adicionando 4% de fibra de lino se obtiene 29.54 kg/cm<sup>2</sup> y adicionando 6% de fibra de lino se obtiene 27.92 kg/cm<sup>2</sup>; lo que representa una variación del 7.09%, 8.56% y 2.61% respecto a la muestra patrón.

**Tabla 6.** Resistencia a tracción

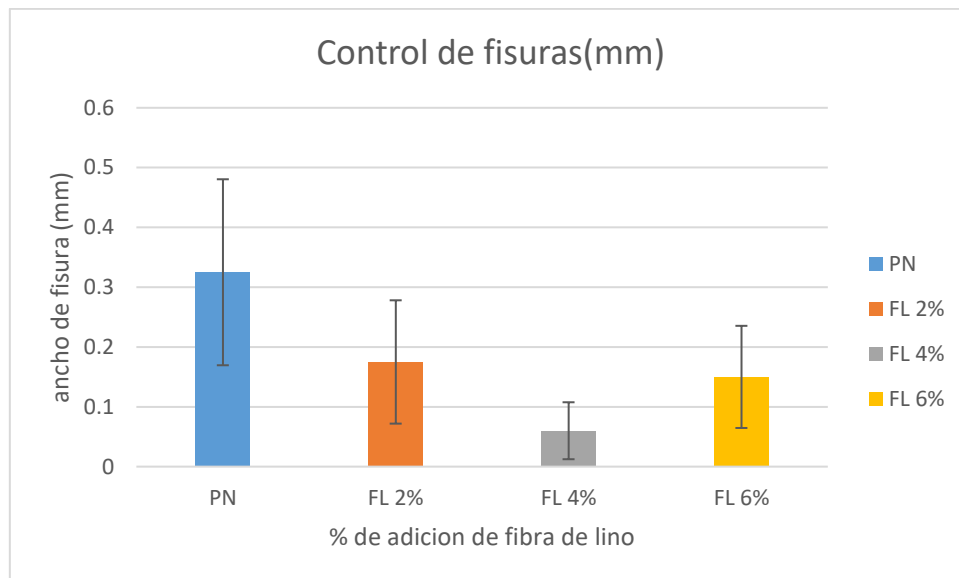
Resistencia a la tracción kg/cm <sup>2</sup>				
MUESTRAS	7 días	14 días	28 días	% VARIACION
0% FL	18.15	26.97	28.26	
2% FL	19.17	29.43	30.70	8.63%
4% FL	19.83	31.04	31.29	10.72%
6% FL	20.50	29.64	30.93	9.45%



**Fig. 5.** Resistencia a tracción

En la tabla 6 y la figura 6 se muestran los valores de la resistencia a la tracción obtenidos para tiempos de curado de 7,14 y 28 días, donde los resultados de la muestra patrón para los 28 días son de 27.26 kg/cm<sup>2</sup>, adicionando 2% de fibra de lino se obtiene un 30.70 kg/cm<sup>2</sup>, adicionando 4% de fibra de lino se obtiene 31.29 kg/cm<sup>2</sup> y adicionando 6% de fibra de lino se obtiene 30.93 kg/cm<sup>2</sup>; lo que representa una variación del 8.63%, 10.72% y 9.45% respecto a la muestra patrón.

## Tipos de fisuras



**Fig. 6.** Promedio de fisuras

En la figura 7 se muestran los tipos de fisuras obtenidos en los paños de prueba de 2x1m, donde se encontraron 3 tipos de fisura: micro fisura, fisura, macro fisura. obteniendo mejor resultado en el paño con adición de 4% de fibra de lino.

## DISCUSIÓN

Según las tablas 1,2,3 se muestra la temperatura del concreto donde 16.40°C es sin adición y con adiciones de fibra de lino en porcentajes de 2%, 4% y 6% es de 16.80°C, 17.00°C y 17.10°C respectivamente, el porcentaje de aire atrapado en el concreto es 2.40% es para la muestra sin adición y con adiciones de fibra de lino en porcentajes de 2%, 4% y 6% son de 2.30%, 2.20% y 2.00% respectivamente. Al igual que Manríquez (2018) quien obtuvo los siguientes resultados, adicionando 0%, 1.3%, 1.95% y 2.6% de mucilago de nopal, donde obtuvo los siguientes asentamientos de 7.5 cm, 6.5 cm, 6 cm y 5 cm y la temperatura del concreto endurecido fueron 22 °C, 21°C, 22°C y 21°C respectivamente. Los datos obtenidos son viables ya que se cumplen con las exigencias de las normativas NTP 339.184, NTP 339.035:2009 y NTP 339.080:2017.

De la tabla 4 podemos precisar que los esfuerzos a compresión obtenidos para un tiempo de curado de 28 días son de 284.95 kg/cm<sup>2</sup> para la muestra patrón con 0% de adición de fibra de lino, con la adición del 2% de fibra de lino su resistencia aumento a 308.29 kg/cm<sup>2</sup> que representa una variación respecto a la muestra patrón en un 8.19%, con la adición del 4% de fibra de lino la resistencia aumento a 316.08 kg/cm<sup>2</sup> que representa una variación respecto a la muestra patrón en un 10.92%, y con la adición del 6% de fibra de lino la resistencia disminuyo a 296.07 kg/cm<sup>2</sup> que representa un ligero aumento del 3.90% en la variación respecto a la muestra patrón.

Chávez & Cosaca (2018) obtuvo de las pruebas a compresión de los testigos de diseño de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  curados a los 28 días el patrón alcanzó una resistencia de  $211.20 \text{ kg/cm}^2$ , para la adición de fibras de chillihua en cantidades de 0.1% de 2.5cm, 0.5% de 2.5cm, 1% de 2.5cm, 0.1% de 5 cm, 0.5% de 5cm, 1% de 5cm, las resistencias son  $202.89 \text{ kg/cm}^2$ ,  $193 \text{ kg/cm}^2$ ,  $191.29 \text{ kg/cm}^2$ ,  $206.22 \text{ kg/cm}^2$ ,  $197.02 \text{ kg/cm}^2$  y  $191.11 \text{ kg/cm}^2$  y para el diseño de  $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$  curados a los 28 días, la muestra sin fibra alcanza una resistencia de  $174.62 \text{ kg/cm}^2$ , adicionando fibras de chillihua en cantidades de 0.1% de 2.5cm, 0.5% de 2.5cm, 1% de 2.5cm, 0.1% de 5 cm, 0.5% de 5cm, 1% de 5cm, las resistencias son  $169.01 \text{ kg/cm}^2$ ,  $158.69 \text{ kg/cm}^2$ ,  $153.19 \text{ kg/cm}^2$ ,  $170.56 \text{ kg/cm}^2$ ,  $162.61 \text{ kg/cm}^2$  y  $160.98 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.

De los resultados presentados en la figura 7 se puede apreciar que se obtuvieron 3 tipos de fisuras, en la muestra patrón se visualizaron fisuras, grietas y macro fisuras con longitud máxima de 13 mm y ancho máximo de 0.25 mm, en la muestra con adición del 2% de fibra de lino se visualizaron fisuras y macro fisuras con longitud máxima de 5 mm y ancho máximo de 0.2 mm, en la muestra con adición del 4% de fibra de lino se visualizaron únicamente fisuras con una longitud de 2 mm y un ancho de 0.1 mm, y finalmente para la muestra con adición del 6% de fibra de lino se visualizaron fisuras con longitud máxima de 10 mm y ancho máximo de 0.15 mm.

Nishihara & Montalvo (2019) Los datos que se obtuvieron de los paños de prueba se obtuvo 6 tipos de fisuras, la hora de brote de las fisuras se dio a las 12:07, 12:15, 12:17, 12:22, 12:49 y 13:01, el ancho de fisura es de 0.82mm, 0.56mm, 0.58mm, 0.44mm, 0.90mm y 0.74mm, con longitudes de 226mm, 146mm, 221mm, 81mm, 69mm y 155mm, las humedades relativas del ambiente fueron 62% para las 4 primeras fisuras y 63% para las 2 últimas fisuras.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a las pruebas físicas al concreto fresco se determinó que la temperatura del concreto, cumple ya que las temperaturas determinadas no exceden a los  $32^\circ\text{C}$ , el asentamiento cumple con los requerimientos y este se encuentra dentro del rango sugerido de 2 a 8 pulgadas y el porcentaje de aire atrapado es menor a 4.0 pulgadas.

De acuerdo a los ensayos realizados a compresión, flexión y tracción a los 28 días, se determinó que la adición de fibra de lino al concreto en porcentajes de 2%, 4% y 6%; se obtuvo una resistencia promedio en compresión de  $308.28$ ,  $316.08$  y  $296.07 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente superando a la muestra patrón que alcanza una resistencia de  $284 \text{ kg/cm}^2$ . es decir que tanto en compresión, flexión y tracción al adicionar fibra de lino 2%, 4% al concreto este supera a la muestra patrón, pero al seguir adicionando mayor cantidad de fibra de lino este pierde sus propiedades tanto en compresión flexión y tracción.

La medición que se realizó en campo en los paños de prueba con adición de fibras de lino al concreto, se obtuvieron 3 tipos de fisuras: fisuras, grietas y macro fisuras, lográndose determinar que el concreto con adición de fibras de lino de 2%, 4%, 6% controlan el ancho, longitud y el área de las fisuras por retracción plástica. Siendo el valor máximo alcanzado con la adición de fibra de lino del 4%.

## CONFLICTO DE INTERESES.



Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

## REFERENCIAS

Abdul Khali, H. y. (2015). the use of bamboo fibres as reinforcements in composites. Biofiber Reinforcements in Composite Materials.

Bailon. (2022). Influencia de la temperatura y partículas de ladrillo en la fisuración por retracción en concreto 210 Kg/cm<sup>2</sup> Puno - 2022. CALLAO: S.N.

Djafari. (2017). Physical and mechanical properties of natural fibers. Djafari, S. 2017. 2017, Advanced High Strength Natural Fibre Composites in Construction. sn.

Fombuena, y. o. (2014). Characterization of green composites from biobased epoxy matrices and bio-fillers derived from seashell wastes. Fombuena, V., y otros. Mater des .

khali, A. (2015). the use of bamboo fibres as reinforcements in composites. Abdul Khali, H., y otros. 2015. 2015, Biofiber Reinforcements in Composite Materials.

Lopez, I. (2019). Estudio de la eficacia del sellado de fisuras generadas por retracción en morteros mediante la bioprecipitación de carbonato de calcio. colombia: UNC.

Raza. (2020). Efecto de diferentes fibras (fibras de acero, fibras de vidrio y fibras de carbono) sobre las propiedades mecánicas del hormigón en polvo reactivo (RPC). Pakistan: s.n.

.