



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Incorporación de fibras naturales para mejorar las propiedades del concreto
desarrollando sustentabilidad en el sector construcción

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniera civil

AUTORES

Alata Navarro, Karla Paola
ORCID: 0000-0002-7983-618X

Medina Saenz, Valeria Esther
ORCID: 0009-0001-6170-0452

ASESORA

Chavarría Reyes, Liliana Janet
ORCID: 0000-0002-1759-2132

Lima, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos de autores

Alata Navarro, Karla Paola

DNI: 70976510

Medina Saenz, Valeria Esther

DNI: 73148921

Datos de asesor

Chavarría Reyes, Liliana Janet

DNI: 25481792

Datos del jurado

JURADO 1

Davila Fernandez, Susana Irene

DNI: 09147106

ORCID: 0000-0002-6949-1317

JURADO 2

Torres Chung, Cesar Roberto

DNI: 41182279

ORCID: 0000-0002-3212-2817

JURADO 3

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Karla Paola Alata Navarro, con código de estudiante N°201711120, con DNI N°70976510, con domicilio en Jr. Francisco Bejarano 1033 zona C, distrito San Juan De Miraflores, provincia y departamento de Lima, y Valeria Esther Medina Saenz, con código de estudiante N°201621155, con DNI N°73148921, con domicilio en Av. Antonio José de Sucre lote 3 zona D tambo viejo, distrito Cieneguilla, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulada: “Incorporación de fibras naturales para mejorar las propiedades del concreto desarrollando sustentabilidad en el sector construcción” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Liliana Janet Chavarría Reyes, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 24% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

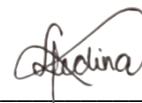
Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 25 de octubre del 2023



Karla Paola Alata Navarro
DNI N°70976510



Valeria Esther Medina Saenz
DNI N°73148921

INFORME DE ORIGINALIDAD–TURNITIN

Incorporación de fibras naturales para mejorar las propiedades del concreto desarrollando sustentabilidad en el sector construcción

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

11%

2

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

7%

3

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

2%

4

repositorio.ucss.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.utea.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

Dra. Vargas Chang Esther Joni

DEDICATORIA

A mis padres, a mis hermanos, a mi amigo de cuatro patas, a mis padrinos y personas que han estado presente en cada etapa de mi crecimiento profesional y académico.

Alata Navarro, Karla Paola

A mis abuelos que han sido el motor para esforzarme cada día, a mis padres quienes me han dado todas las herramientas para enfrentar cualquier desafío.

Medina Saenz, Valeria Esther

AGRADECIMIENTO

Nuestra más profunda gratitud a nuestra casa de estudios, la Universidad Ricardo Palma, a nuestros padres por ser nuestro soporte y guía. A toda la plana docente por la formación profesional y el ahínco brindado en estos años de formación.

Alata Navarro, Karla Paola
Medina Saenz, Valeria Esther

ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD-TURNITIN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	2
1.1.1. Problema e importancia.....	2
1.1.2. Árbol del problema.....	2
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Delimitación de la investigación	3
1.4.1. Delimitación geográfica	3
1.4.2. Delimitación temporal	3
1.4.3. Delimitación temática.....	4
1.4.4. Delimitación muestral	4
1.5. Justificación	4
1.5.1. Conveniencia	4
1.5.2. Relevancia social	5
1.5.3. Aplicaciones prácticas	5
1.5.4. Utilidad metodológica	5
1.5.5. Valor teórico	5

1.6. Importancia de la investigación	5
1.6.1. Nuevos conocimientos	5
1.6.2. Aporte	5
1.7. Limitaciones	6
1.7.1. Falta de estudios previos	6
1.7.2. Metodología o prácticas	6
1.7.3. Medidas para la recolección de datos	6
1.8. Alcances	6
1.9. Viabilidad de la investigación,	6
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Marco histórico	7
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema	7
2.2.1. Investigaciones internacionales	7
2.2.2. Investigaciones nacionales	8
2.2.3. Artículos relacionados al tema	29
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	29
2.3.1. Fibras naturales	29
2.3.2. Cemento	29
2.3.3. Resistencia a la compresión (ensayo)	30
2.3.4. Durabilidad	30
2.3.5. Resistencia a la flexión (ensayo)	30
2.3.6. Permeabilidad	30
2.4. Términos básicos	30
2.5. Fundamentos que sustentan las hipótesis	31
CAPÍTULO 3: SISTEMA DE HIPÓTESIS	32
3.1. Hipótesis	32
3.1.1. Hipótesis general	32
3.1.2. Hipótesis específicas	32
3.2. Sistema de variables	32
3.2.1. Definición conceptual	32
3.2.2. Definición operacional	32
3.2.3. Operacionalización de las variables	34
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA	36
4.1. Método	36

4.2. Tipo.....	36
4.3. Nivel	36
4.4. Diseño	36
4.5. Población y muestra.....	37
4.5.1. Población	37
4.5.2. Muestra.....	37
4.6. Técnicas e instrumentación de recolección de datos	37
4.6.1. Instrumento de recolección de datos	37
4.6.2. Métodos y técnicas	37
4.7. Descripción de procesamiento de análisis	37
CAPÍTULO 5: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	38
5.1. Resultados de la investigación.....	38
5.1.1. Analizando los porcentajes de fibras naturales para incrementar la resistencia a la compresión del concreto	38
5.1.2. Analizando la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla para incrementar la resistencia a la flexión del concreto	49
5.1.3. Determinar los porcentajes de fibras naturales para reducir la absorción por capilaridad del concreto.....	59
5.1.4. Determinar la relación a/c/fibra para incrementar la durabilidad del concreto	63
5.2. Análisis de resultados y contrastación de la hipótesis	69
5.2.1. Contrastación de la primera hipótesis	69
5.2.2. Contrastación de la segunda hipótesis	71
5.2.3. Contrastación de la tercera hipótesis	73
5.2.4. Contrastación de la cuarta hipótesis	75
DISCUSIÓN.....	77
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS.....	81
ANEXOS	86
Anexo A: Matriz de consistencia.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Bloques de hormigón convencionales e incorporación de fibra de coco	9
Tabla 2 Diseño final para la muestra patrón	11
Tabla 3 Proporciones de dosificación de fibras de zanahoria.....	13
Tabla 4 Dosificación para el hormigón de 210 kg/cm ² al 0.1%, 0.5% y 1.0% para 1 m ³ de concreto	15
Tabla 5 Rotura de testigos de concreto patrón.....	16
Tabla 6 Resistencia a la compresión – Incorporación de cenizas de coco y cascarilla de arroz al 0.5%	17
Tabla 7 Resistencia a la compresión – Incorporación de cenizas de coco y cascarilla de arroz al 0.3%	17
Tabla 8 Resistencia a la compresión – Incorporación de cenizas de coco y cascarilla de arroz al 0.4.5%	18
Tabla 9 Resistencia a la compresión promedio del concreto patrón	19
Tabla 10 Ensayo de resistencia a la compresión hormigón con adición del 2% de cascarilla de arroz	19
Tabla 11 Ensayo de resistencia a la compresión hormigón con adición del 4% de cascarilla de arroz	20
Tabla 12 Ensayo de resistencia a la compresión hormigón con adición del 6% de cascarilla de arroz	20
Tabla 13 Ensayo de resistencia a la compresión - cenizas de bagazo de caña de azúcar 0%, 5%, 10% y 15%	24
Tabla 14 Ensayo de Asentamiento	24
Tabla 15 Costo por m ³ de hormigón f ['] c=210 kg/cm ² con incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar.....	24
Tabla 16 Ensayo del asentamiento del hormigón fresco f ['] c=210 kg/cm ² e incorporación fibra de nopal 1%, 2% y 3%	25
Tabla 17 Operacionalización de las variables	34
Tabla 18 Tabla de autores para resistencia a la compresión.....	38
Tabla 19 Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm ²) – a/c: 0.5	40
Tabla 20 Dosificación del diseño f ['] c=210 kg/cm ² (Concreto patrón + 5% de cenizas de cáscara de arroz)	41

Tabla 21 Dosificación del diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ (Concreto patrón + 5% de cenizas de cáscara de arroz)	42
Tabla 22 Resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con Incorporación de Cenizas de Cáscara de Arroz.....	42
Tabla 23 Resistencia a la compresión $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con Adición de Cenizas de Cáscara de Arroz	42
Tabla 24 Resistencia a la compresión con incorporación de Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar (kg/cm^2)- a/c:0.63.....	45
Tabla 25 Resistencia a la compresión con Adición de fibras de Mucílago de Nopal (210kg/cm^2) – a/c: 0.65	46
Tabla 26 Resistencia a la compresión con Adición de cenizas de rastrojo de maíz $f'c=210\text{kg/cm}^2$	48
Tabla 27 Tabla de autores para resistencia a la flexión	49
Tabla 28 Dosificación.....	50
Tabla 29 Resistencia a la flexión - ceniza de cáscara de arroz ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$)	51
Tabla 30 Resistencia a la flexión - ceniza de cáscara de arroz ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	51
Tabla 31 Resultados resistencia a la flexión (kg/cm^2).....	54
Tabla 32 Dosificación de fibras de zanahoria en porcentajes del peso del cemento	56
Tabla 33 Resultados de ensayos de resistencia a la flexión ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$).....	56
Tabla 34 Análisis estadístico de la resistencia a la flexo-tracción del concreto patrón – 2.5 cm de fibra de chillihua	57
Tabla 35 Análisis estadístico de la resistencia a la flexo-tracción del concreto patrón – 5 cm de fibra de chillihua	58
Tabla 36 Coeficiente de Absorción Capilar a los 28 días - Fibra de Cabuya.....	60
Tabla 37 Cantidad de los materiales en base a 18 kg	61
Tabla 38 Coeficiente de Absorción Capilar – Fibra de Aloe Vera (210kg/cm^2).....	62
Tabla 39 Tabla de autores para durabilidad.....	63
Tabla 40 Resultado del conjunto de material para una probeta por cada dosificación....	64
Tabla 41 Resistencias a la compresión (kg/cm^2) - ensayos a las edades de 7, 14 y 28 días.....	64
Tabla 42 Rotura de testigos de concreto con incorporación de cenizas de coco y cascarilla de arroz	66
Tabla 43 Resistencia a la compresión promedio del hormigón con incorporación de fibras de cascarilla de arroz (kg/cm^2)	67

Tabla 44	Relación a/c	68
Tabla 45	Resultados de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Árbol de problemas	2
Figura 2	Ensayo de absorción por capilaridad – incorporación de fibra de cabuya al 0%, 0.5%, 1.25% y 2%	8
Figura 3	Propiedades mecánicas y físicas, - fibra, de coco,.....	9
Figura 4	Diseño de mezcla $f'c=175$ kg/cm ² con 0%, 0.10%, 0,15% y 0.20% - fibra de coco.....	10
Figura 5	Ensayo de resistencia a la compresión – fibra de coco al 0%, 0.1%, 0,15% y 0.20%.....	10
Figura 6	Curva de desarrollo de la resistencia a la flexión	12
Figura 7	Resistencia a la compresión 7, 14 y 28 días – fibra de zanahoria al 0%, 0.30%, 0,60% y 0.90%	13
Figura 8	Resistencia a la tracción 7, 14 y 28 días – fibra de zanahoria al 0%, 0.30%, 0,60% y 0.90%.....	14
Figura 9	Ensayo de resistencia a la compresión axial a 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de sustitución de cenizas de cáscara de arroz para $f'c= 210$ kg/cm ² y $f'c=280$ kg/cm ²	22
Figura 10	Ensayo de resistencia a la tracción a 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de sustitución de cenizas de cáscara de arroz para $f'c=210$ kg/cm ² y $f'c=280$ kg/cm ²	22
Figura 11	Resistencia a la flexión del concreto patrón y los porcentajes del 5%, 10%, 15% y 20% de sustitución de cenizas de cáscara de arroz para $f'c=210$ kg/cm ² y $f'c=280$ kg/cm ²	23
Figura 12	Ensayo de resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm ² con incorporación 1%, 2% y 3% de Mucilago de Nopal.....	25
Figura 13	Ensayo de resistencia a tracción $f'c=210$ kg/cm ² con incorporación del 1%, 2% y 3% de Mucilago de Nopal.....	26
Figura 14	Ensayo de resistencia a flexión $f'c=210$ kg/cm ² con incorporación del 1%, 2% y 3% de Mucilago de Nopal.....	26
Figura 15	Permeabilidad – Absorción capilar $f'c=210$ kg/cm ² con incorporación del 1%, 2% y 3% de Mucilago de Nopal.....	27
Figura 16	Ensayo de Asentamiento mediante el cono de Abrams $f'c=210$ kg/cm ² con adición del 3%, 5% y 8% de cenizas de rastrojo de maíz.....	28

Figura 17 Ensayo de resistencia a la compresión - incorporación al 0% 3%, 5% y 8% de cenizas de rastrojo de maíz.....	28
Figura 18 Mapa conceptual.....	31
Figura 19 Resistencia a la compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm^2) – a/c: 0.5	41
Figura 20 Resistencia a la Compresión $f'c=210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ con Adición de Cenizas de Cáscara de Arroz	43
Figura 21 Resistencia a la Compresión $f'c=280 \text{ kg}/\text{cm}^2$ con Adición de Cenizas de Cáscara de Arroz	44
Figura 22 Resistencia a la compresión con incorporación de Cenizas de Cáscara de Arroz (kg/cm^2)- a/c:0.63.....	45
Figura 23 Resistencia a la compresión con incorporación de fibras de Mucílago de Nopal ($210\text{kg}/\text{cm}^2$) – a/c: 0.65.....	47
Figura 24 Resistencia a la compresión con incorporación de cenizas de Rastrojo de Maíz $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$	49
Figura 25 Resistencia a la flexión del concreto patrón e incorporación de ceniza de cáscara de arroz ($f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$).....	53
Figura 26 Resistencia a la flexión del concreto patrón e incorporación de ceniza de cáscara de arroz ($f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$).....	54
Figura 27 Diagrama de barras de los resultados de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto (kg/cm^2) – a/c = 0.466	55
Figura 28 Comparación de resistencia a flexión a los 28 días de curado (kg/cm^2) – a/c = 0.68	57
Figura 29 Resistencia a la flexo – tracción (kg/cm^2).....	58
Figura 30 Ensayo absorción de capilaridad a los 28 días – Fibra de Cabuya.....	60
Figura 31 Coeficiente de Absorción Capilar – Fibra de Aloe Vera ($210\text{kg}/\text{cm}^2$).....	62
Figura 32 Resistencia a la compresión con incorporación de rastrojo de maíz al 0%, 5%, 7.5% y 10% a la edad de 7 días.....	65
Figura 33 Resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días (kg/cm^2) – a/c =0.5.	66
Figura 34 Resistencia a la compresión a la edad de 7, 14, 21 y 28 días con incorporación del 2%, 4% y 6% de cascarilla de arroz (kg/cm^2)	67
Figura 39 Resistencia a la compresión con incorporación de fibras naturales respecto al diseño del concreto patrón los 28 días (kg/cm^2).....	76

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue determinar el porcentaje de fibras naturales para mejorar las propiedades del concreto mediante el estudio de la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, durabilidad y permeabilidad con el propósito de reducir los agregados comúnmente usados en la elaboración del hormigón sustituyéndolos parcialmente por fibras naturales, la finalidad es darle valor al uso de fibras naturales para contribuir al logro de las metas propuestas para el desarrollo sostenible. El análisis utilizó el método deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo y recolección retroactiva de datos, es un estudio correlativo, descriptivo y explicativo. El diseño es de carácter documental, longitudinal y retrospectivo. La resistencia a la compresión alcanzada fue de 237 kg/cm² se aumentó en 12.32% con la incorporación óptima del 5% de cenizas de bagazo de caña de azúcar. Para la resistencia a la flexión la incorporación óptima fue de 0.5% de fibras naturales de zanahoria y chillihua, teniendo un incremento de 20.69% y 21.97% respectivamente. La permeabilidad disminuyó 17.39% en términos de absorción capilar con 1.9 g/m²xseg^{0.5} con el porcentaje óptimo del 2% de fibra de aloe vera. La durabilidad aumentó con el porcentaje óptimo del 2% de fibra de cascarilla de arroz con una mejora del 19.25% respecto al concreto patrón. Por lo tanto, el uso de fibras naturales como sustitución parcial de los agregados mejoran las propiedades físico y mecánicas del concreto dado su buena adherencia en los materiales generando además sustentabilidad en el sector construcción.

Palabras claves: Fibras naturales, propiedades del concreto, sustentabilidad, sector construcción.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to determine the percentage of natural fibers to improve the properties of concrete by studying the compressive strength, flexural strength, durability, and permeability with the purpose of reducing the aggregates commonly used in the preparation of the concrete. concrete, partially replacing them with natural fibers, the purpose is to give value to the use of natural fibers to contribute to the achievement of the goals proposed for sustainable development. The analysis used the deductive method, applied orientation, quantitative approach and retrospective data collection, it is a correlative, descriptive and explanatory study. The design is documentary, longitudinal and retrospective in nature. The compressive strength achieved was 237 kg/cm², increased by 12.32% with the optimal addition percentage of 5% sugarcane bagasse ash. For flexural strength, the optimal addition percentage was 0.5% of natural carrot and chillihua fibers, having an increase of 20.69% and 21.97% respectively. Permeability decreased 17.39% in terms of capillary absorption with 1.9 g/m²xsec0.5 with the optimal percentage of 2% aloe vera fiber. Durability increased with the optimal percentage of 2% rice husk fiber with an improvement of 19.25% compared to the standard concrete. Therefore, the use of natural fibers as a partial replacement for aggregates improves the physical-mechanical properties of concrete given its good adhesion to the materials, also generating sustainability in the construction sector.

Keywords: Natural fibers, concrete properties, sustainability, construction sector

INTRODUCCIÓN

El material de construcción más utilizado a nivel mundial es el hormigón, siendo también uno de los materiales que genera un impacto en la huella de carbono. La incorporación de fibras naturales como adición en el diseño del concreto para su uso en obras de construcción, es una alternativa en beneficio del desarrollo sustentable.

En la presente investigación se busca dar a conocer de qué manera la incorporación de fibras naturales mejora las propiedades mecánicas y físicas del concreto, aportando además nuevos conocimientos sobre la utilización de algunas fibras naturales que se encuentran como residuos en el país. Así mismo con la siguiente investigación servirá de ayuda para futuros ensayos de otras fibras que mejoren las propiedades del concreto en la búsqueda de nuevas tecnologías como el uso de fibras naturales de origen animal o mineral.

El objetivo general de la presente tesis es determinar la incorporación de fibras naturales para mejorar las propiedades del concreto desarrollando sustentabilidad en el sector construcción. Se analizan objetivos específicos tales como: Determinar los porcentajes de fibras naturales para incrementar la resistencia a la compresión del concreto, determinar la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla para incrementar la resistencia a la flexión del concreto, determinar la relación agua/cemento/fibra para reducir la permeabilidad del concreto y determinar la relación agua/cemento/fibra para incrementar la durabilidad del concreto.

Los capítulos abordados en la tesis se organizaron en cinco partes: Planteamiento del problema, donde se describen los objetivos, delimitaciones, justificación, importancia y limitaciones de la investigación; marco teórico, que consta del marco histórico, investigaciones relacionadas con el tema, definición de términos básicos; sistema de hipótesis, donde se profundiza en el desarrollo de la hipótesis general y específicos, variables y sistema de variables; metodología de la investigación, donde se analizan los métodos, tipo, nivel, diseño, población, muestra y la recolección de datos; presentación y análisis de resultados, donde se presentan los resultados del trabajo de investigación, la discusión y contrastación de la hipótesis.

Para finalizar, se desarrollan las conclusiones y recomendaciones de los objetivos específicos que se analizan en la investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

1.1.1. Problema e importancia.

Dado que el crecimiento urbano ha aumentado en las últimas décadas y la proyección a futuro es un crecimiento gradual, la planificación y gestión del crecimiento urbano es fundamental, buscando aplicar conseguir ciudades más sostenibles. Por lo tanto, el crecimiento urbano sostenible requiere el uso de recursos, con el fin de minimizar o acortar la brecha de contaminación y mejorar el desarrollo del ecosistema, sin perjudicar a la tierra, nuestro hogar (Martín, 2020).

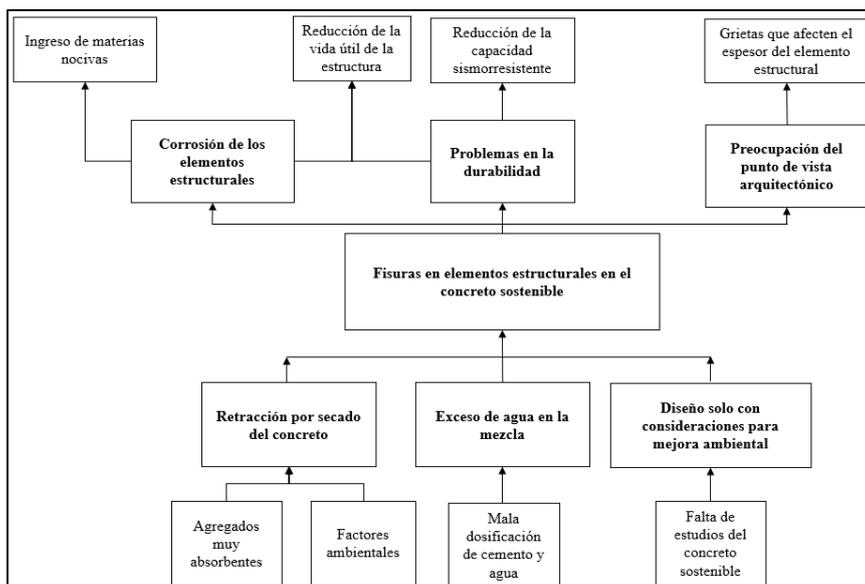
La producción industrial de hormigón requiere la cantidad de materias primas, causando un deterioro y consecuencias al medio ambiente, por ejemplo; la contaminación del aire por la disposición de los residuos de la construcción, lo que causa que esta problemática perjudique la salud de las personas (Valverde y Álvarez, 2017).

Asimismo, otro de los materiales de construcción que son perjudiciales para el ambiente, es el concreto, desde su fabricación, podemos precisar el desperdicio del agua, siendo este un recurso fundamental, y, por otro lado, la contaminación del aire, dado que las emisiones de polvo causan un deterioro en su salud en los involucrados (Navas et al, 2015). Se detalle el esquema de los problemas en la Figura 1.

1.1.2. Árbol del problema

Figura 1

Árbol de problemas



Nota. Esta figura demuestra el problema, sus causas y consecuencias. Elaboración propia

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida la incorporación de fibras naturales influye en las propiedades del concreto desarrollando la sustentabilidad del sector construcción?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿En qué medida los porcentajes de fibras naturales influyen en la resistencia a la compresión del concreto?
- b. ¿En qué medida la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla influye en la resistencia a la flexión en el concreto?
- c. ¿En qué medida los porcentajes de fibras naturales influyen en la absorción por capilaridad del concreto?
- d. ¿En qué medida la relación a/c/fibra influye en la durabilidad del concreto?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la incorporación de fibras naturales para mejorar las propiedades del concreto desarrollando sustentabilidad del sector construcción.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar los porcentajes de fibras naturales para incrementar la resistencia a la compresión del concreto.
- b. Determinar la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla para incrementar la resistencia a la flexión del concreto.
- c. Determinar los porcentajes de fibras naturales para reducir la absorción por capilaridad del concreto.
- d. Determinar la relación a/c/fibra para incrementar la durabilidad del concreto.

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Delimitación geográfica

Se centra en Lima Metropolitana incluye diversas fuentes bibliográficas, tanto empírico en laboratorio de tecnología del concreto y teóricas de sostenibilidad con solidez teóricas.

1.4.2. Delimitación temporal

El presente estudio está delimitado temporalmente en un periodo poco más de medio año en un rango de mayo a septiembre del 2023.

1.4.3. Delimitación temática

Este trabajo de investigación plantea acrecentar las propiedades del hormigón con un porcentaje óptimo de fibras naturales según la dosificación, buscando la mejora en los resultados a los ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, permeabilidad y durabilidad teniendo como prioridad la sustentabilidad del sector constructivo.

1.4.4. Delimitación muestral

La muestra de estudio de la presente investigación son los estudios de diseños de mezcla con porcentajes de fibras naturales y sus ensayos de propiedades físicas y mecánicas (resistencia a la compresión, flexión, permeabilidad y durabilidad) realizados en los artículos y tesis de referencia.

1.5. Justificación

La búsqueda constante de la innovación tecnológica y eco amigable para la industria de la construcción se ha vuelto un motivo importante para hacer de este sector constructivo uno sostenible y que se pueda fundamentar en lo sustentable.

Se sabe que la composición del concreto contiene elementos no amigables con el medio ambiente, así como el desperdicio que se genera al aplicarse en el sector construcción. Así también se sabe que las tecnologías para el concreto se basan en buscar alternativas que mejoren sus propiedades, dado que este material tiende a fisurarse por factores ambientales y diseño.

La aplicación de fibras para contrarrestar las fallas del concreto es uno de los mecanismos de solución. El objetivo de incluir un porcentaje de fibras de origen natural es una opción en la búsqueda de la mejora en las características del hormigón, así como reducir la huella de carbono.

1.5.1. Conveniencia

Esta investigación sirve como un preámbulo ante el uso de fibras naturales que genera nuestro país como el arroz, cáscaras de banano y maguey, así como fibras de origen animal aplicados en diferentes diseños de mezcla de concreto en las construcciones andinas del Perú, y su influencia en las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple. Su utilidad será la base para futuras investigaciones que puedan asegurar la calidad del hormigón mediante la reutilización de materiales que actualmente se consideran residuos.

1.5.2. Relevancia social

El objetivo social de esta investigación es evaluar las opciones de fibras naturales para obtener mejoras significativas en las propiedades del concreto haciéndolo a su vez sostenible, con ello ayudamos a reducir desechos generados en la industria propia de la construcción.

1.5.3. Aplicaciones prácticas

La aplicación práctica radica en el análisis de diferentes ensayos elaborados por diversos autores en laboratorios de tecnología del concreto, los cuales otorgaron información de los diferentes tipos de diseño de mezcla con los % de fibras naturales para concluir si sus propiedades físicas-mecánicas son apropiadas en el diseño del hormigón.

1.5.4. Utilidad metodológica

Este estudio contiene una variedad de artículos y tesis experimentales citadas de diferentes fuentes bibliográficas donde aplicando método científico se podrían usar en otros proyectos de análisis, investigación e interpretación.

1.5.5. Valor teórico

El presente estudio contribuye a la comparación y análisis de datos de estudios sobre fibras naturales utilizadas en el hormigón para su futura implementación en el sector construcción en la búsqueda de la sustentabilidad y sostenibilidad.

1.6. Importancia de la investigación

1.6.1. Nuevos conocimientos

La investigación revela la función de los residuos celulares cuando se transforman en fibras y su rendimiento en el diseño de mezclas para optimizar significativamente los resultados de las propiedades del hormigón (permeabilidad, elasticidad y durabilidad). El presente estudio podrá ser utilizado de base en futuras investigaciones que pretendan demostrar y apoyar las ventajas del hormigón sostenible en la construcción de diversos indoles.

1.6.2. Aporte

Dado que la investigación comparará varias investigaciones experimentales con muestras de varios tipos de fibras naturales aplicadas en varios diseños de mezcla, la tesis muestra que las fibras naturales podrían utilizarse con un porcentaje de relevo parcial del cemento

en el diseño de la mezcla, proporcionando provechos significativos en sus propiedades físico-mecánicas.

1.7. Limitaciones

1.7.1. Falta de estudios previos

El principal reto de la presente investigación es que, al tratarse de una tesis documental, nos vemos limitados a las investigaciones realizadas por otros autores.

1.7.2. Metodología o prácticas

Tesis y artículos de carácter experimental que aportan a nuestra investigación dar fe de los mejores resultados, los datos recogidos de muchas fuentes verificadas sirven como prueba de su exactitud.

1.7.3. Medidas para la recolección de datos

En los artículos y tesis recopilados se tiene sus respectivos formatos de acuerdo con el ensayo que se realizó en cada laboratorio de tecnología del concreto, en la presente investigación se hizo uso de instrumentos como manuales, normas, artículos científicos, conferencias y libros para tener mejores resultados de los cuales serán utilizados para incrementar el conocimiento de la presente investigación. Las herramientas son los motores de búsqueda académicas como Alicia, ProQuest, E-Libro, ACM, Knovel, Scopus y entre otros repositorios universitarios nacionales e internacionales.

1.8. Alcances

Dado que ciertos materiales se encuentran como residuo en Perú, queremos demostrar el porcentaje ideal de fibras naturales en el diseño de mezclas de hormigón como relevo parcial de los agregados usados en el mortero. Estos materiales también ofrecen una serie de beneficios aplicados al concreto, como mayor resistencia y durabilidad debido a su alto contenido de celulosa en su núcleo.

1.9. Viabilidad de la investigación

Se describe un estudio integral y cuantitativo sobre el porcentaje a usar como sustitución parcial de los agregados usualmente usados en la elaboración del mortero, por una proporción óptima de fibras naturales en el diseño del hormigón para mejorar sus características propias (físico-mecánica), así como mejorar el impacto medio ambiental. Puede acceder a la información educacional y de investigación para encontrar una amplia gama de artículos científicos, investigaciones nacionales e internaciones que contienen los mejores resultados experimentales trabajados en laboratorios.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

Desde sus inicios, las teorías del desarrollo han perfilado el estudio de los cambios a medio y largo plazo en las estructuras socioeconómicas y las barreras específicas que impiden los cambios estructurales en las sociedades tradicionales, también llamadas sociedades subdesarrolladas, dependientes, periféricas o emergentes, o una nueva situación (Gutiérrez, 2007).

En Alejandría, Egipto, nació hace 120 años uno de los pioneros de la arquitectura sostenible, Hassan Fathy, fallecido en 1989, quien abogó por una construcción más respetuosa con el medio ambiente recurriendo a métodos de construcción convencionales y materiales orgánicos, este estudió las propiedades de la arcilla, la arena secada al sol y las mezclas de paja y arena, y utilizó persianas para conseguir una luz suave, pilas de agua en paredes con los suelos para humedecer y acondicionar el aire por evaporación, y técnicas de acondicionamiento termodinámico para capturar y controlar el aire. En el siglo XX fue llamado el "arquitecto de los pobres", dada su contribución filosófica a la construcción respetuosa con el medio ambiente, siendo patente hoy en día gracias a factores como el bajo costo, los materiales reciclables, las excelentes propiedades térmicas y acústicas superiores y la adaptabilidad (Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, 2023).

Por ello, la investigación sobre la inclusión de fibras al hormigón y sus principales beneficios comenzó a realizarse desde principios del siglo XX con el desarrollo de la tecnología industrial de la construcción. Sus estudios se centraron inicialmente en las fibras naturales, como ya se ha mencionado. Por ejemplo, en 1910 se demostró que al agregar espigas de trigo y garras cortadas al concreto aumentaría su resistencia al tiempo que mejoraría algunas de sus características físicas. En los años 50 surgió así la idea de los "materiales compuestos", y los FRC empezaron a desempeñar un papel importante en la investigación (Vidaud et al, 2015, p.2).

Con respecto a ello la implementación de la innovación tecnológica se fundamenta en la evaluación de procesos y los materiales de construcción usados en la construcción de edificaciones, fomentando el uso de fibras naturales en reemplazo parcial del cemento como alternativa que no genere un impacto ambiental negativo para la construcción civil.

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1. Investigaciones internacionales

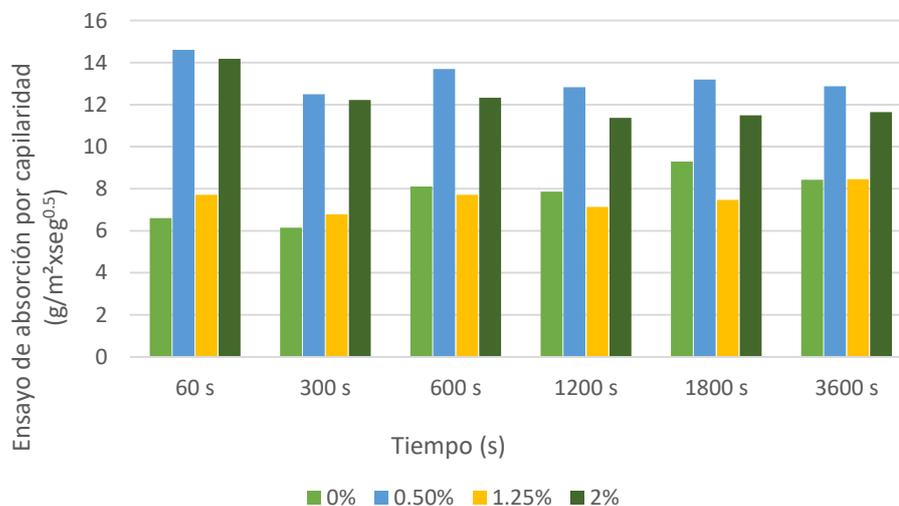
Masaco (2018):

El objetivo de la presente investigación fue reemplazar las fibras dañinas de asbesto cemento por fibras de cabuya sin perder sus propiedades física-mecánicas, prevaleciendo los criterios de sostenibilidad, para eso usaron la adición del 0.5%, 1,25% y 2% de fibra de cabuya al diseño patrón, (ver figura 2)

Determina el uso de parafina como tratamiento previo a la fibra con el fin de optimizar su adherencia fibra-matriz y pueda someterse a ensayos de flexión, compresión, absorción de agua, impacto y conductividad térmicas (p. 1).

Figura 2

Ensayo de absorción por capilaridad – incorporación de fibra de cabuya al 0%, 0.5%, 1.25% y 2%



Nota. Adaptada tesis: “Mortero de cemento y refuerzo de fibra vegetal de cabuya” (2018, p.78).

2.2.2. Investigaciones nacionales

De la Cruz y Guerrero (2019):

Cómo objetivo de investigación los autores demostraron la mejora de resistencia a la compresión para un diseño patrón y mezcla con incorporación de fibra de coco en porcentajes de 0.10%, 0.15% y 0.20%, para un $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ (Ver figura 5).

La investigación se desarrolló experimental mediante ensayos de rotura de 36 bloques de concreto como población muestral de dimensiones 40x20x10 cm (Detallado en Tabla 1). Además, mostraron el análisis de costos en el cual se sustentó que la fibra de coco influye de manera positiva en la elaboración de probetas de concreto, presenta rentabilidad y se puede usar como un material alternativo y ecológico para la construcción (p. xi).

Tabla 1*Bloques de hormigón convencionales e incorporación de fibra de coco*

Muestra	(%)	Resistencia a la compresión			Cantidad
		(días)			
		7	14	28	
Diseño patrón	0.00	3	3	3	9
Diseño patrón + % de fibras	0.10	3	3	3	9
	0.15	3	3	3	9
	0.20	3	3	3	9

Nota. Adaptado, tesis: “Adición de fibra de coco en bloques de concreto para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba” (2019, p.13).

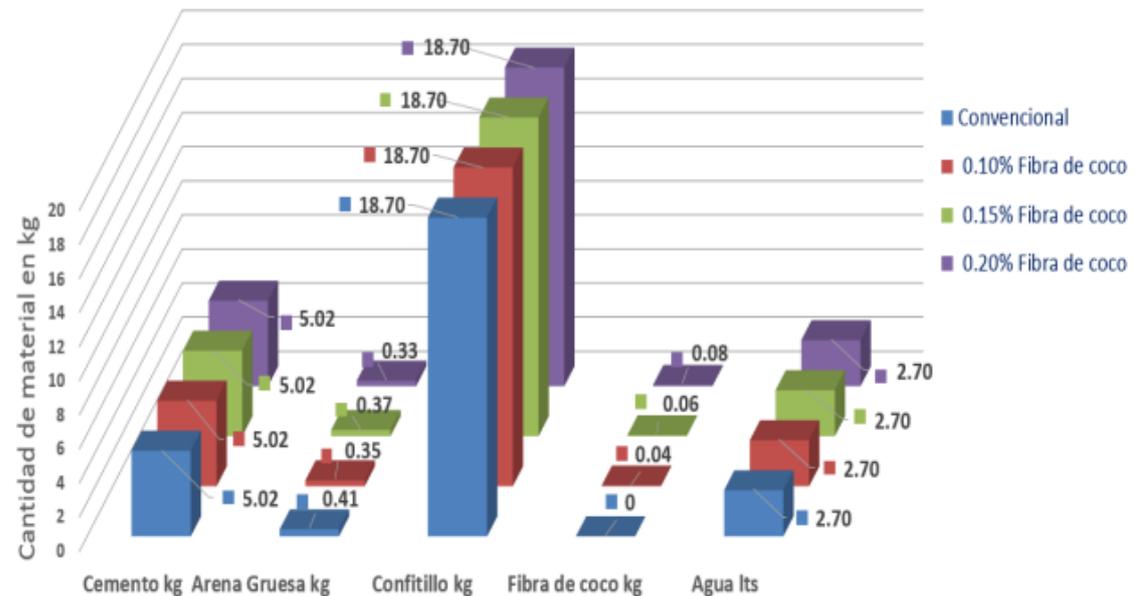
- Formatos de las propiedades mecánicas ensayos de la fibra de coco (Ver figura 3).
- Formatos de ensayos de los agregados (arena gruesa + confitillo)
 - Desarrollo granulométrico por tamizado de los agregados: Norma ASTM C 33-83
 - Peso específico y absorción de los agregados: Norma ASTM C 127-128
 - Peso unitario de los agregados: Norma ASTM C 29
 - Método ACI-211-1 aplicado en el diseño de mezcla
 - Norma ASTM C 39 aplicado para el ensayo de resistencia a la compresión (figura 4 y 5).

Figura 3*Propiedades mecánicas y físicas - fibra de coco*

Nota. Adaptado, tesis: “Adición de fibra de coco en bloques de concreto para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba” (2019, p.16).

Figura 4

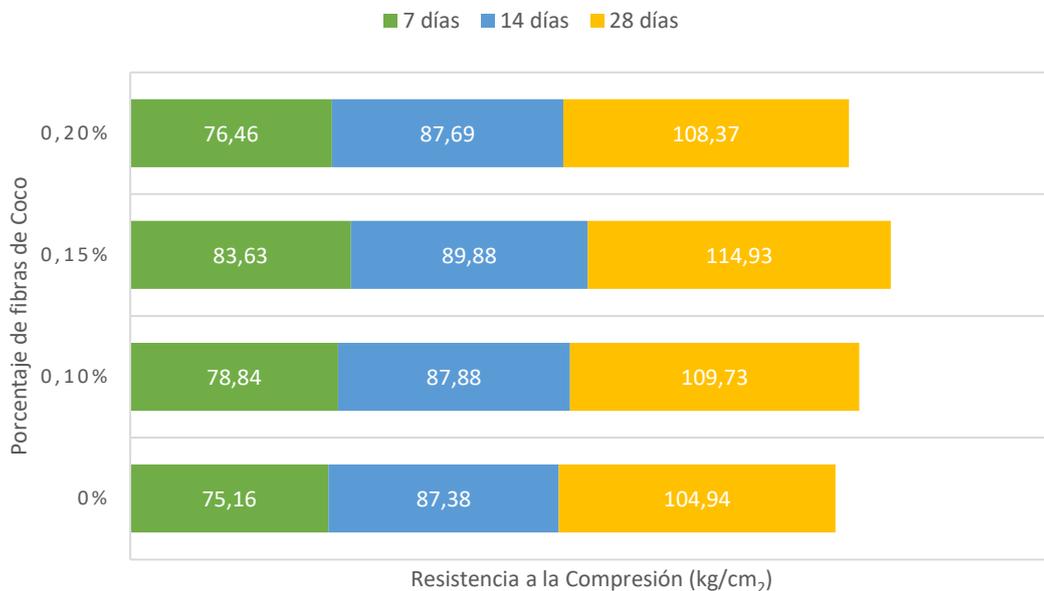
Diseño de mezcla $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ con 0%, 0.10%, 0.15% y 0.20% - fibra de coco.



Nota. Adaptado, tesis: “Adición de fibra de coco en bloques de concreto para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba” (2019, p.17). (Ver figura 5).

Figura 5

Ensayo de resistencia a la compresión – fibra de coco al 0%, 0.1%, 0.15% y 0.20%.



Nota. Adaptado, tesis: “Adición de fibra de coco en bloques de concreto para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba” (2019, p.18).

Solano (2021):

En su investigación determina el control de las fisuras por contracción plástica utilizando la fibra de maguey como producto natural en dosis de 0.50%, 1.00% y 1.50%. Se realizaron 60 ensayos como muestra para luego emplear 12 paneles de concreto para medir las fisuras, 12 para ensayos de exudación y 36 probetas de concreto para el análisis a la flexión en forma de viga.

Los procedimientos que se siguieron para la investigación experimental, fue extraer y seleccionar los materiales para hacerles los ensayos correspondientes según las normas ASTM C-136, NTP 400.012, NTP 339.185, NTP 400.017, ASTM C-29, ASTM C-128, (Ver tabla 2). Luego pasaron hacer el diseño de mezcla para obtener la dosificación a utilizar.

Tabla 2

Diseño final para la muestra patrón

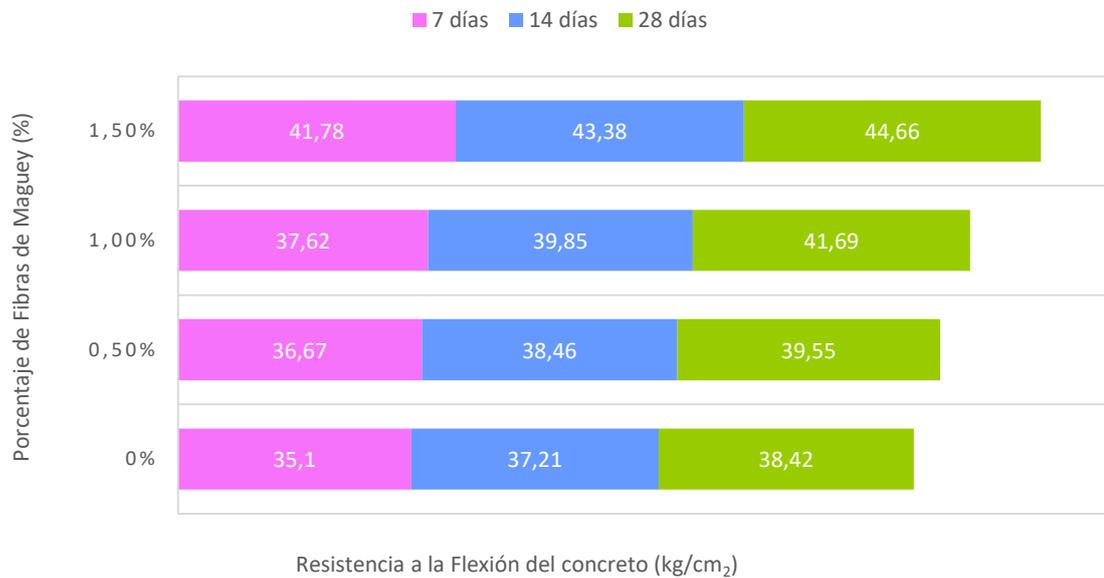
Materiales	Diseño Estático			Diseño en obra				
	Peso	P. E	Vol. Absoluto	Peso R.U.	Peso	Peso R. U	Briqueta 4" x 8" (3kg)	Cono de Abrams (25 kg)
Cemento	433	3,15	0,137	1	433	1	0,56	4,66
Fibra natural	0	0,92	0	0	0	0	0	0
Agua	203	1	0,203	0,469	218	0,503	0,28	2,35
Piedra	928	2,63	0,353	2,143	930	2,148	1,2	10,02
Arena	738	2,57	0,287	1,704	740	1,709	0,96	7,97
Aire %	2	-	0,02	-	-	-	-	-

Nota. Adaptado de la tesis “Control de fisuras por contracción plástica mediante productos naturales tipo fibra de maguey, Huancayo - 2021” (2021, p.35).

Concluye que la incorporación de fibras de maguey al concreto permite reducir el porcentaje de exudación hasta un 68.11% en una dosis de 1.5% de fibra, se incrementa la resistencia a la flexión (Ver figura 6)., en un 16.26% y permite reducir la contracción plástica para las 3 dosis, pero para la dosis de 1.5% el ancho de las fisuras reduce en un 100%.

Figura 6

Curva de desarrollo de la resistencia a la flexión



Nota. Tesis “Control de fisuras por contracción plástica mediante productos naturales tipo fibra de maguey, Huancayo - 2021” (2021, p.52).

Salas (2021):

Nos menciona en su investigación el estudio de fibra de zanahoria mostrando las mejoras en las propiedades mecánicas del concreto adicionando porcentajes (Ver detalle tabla 3) de 0.3%, 0.6% y 0.9% para un diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Para la fibra de zanahoria se utilizó 15 kg, los cuales se lavaron, cortaron, desmenuzaron las cascaras para obtener la fibra que después colocaron en agua con cal (10 gr/l) por un día para limpiarla y luego secarla y así no ingrese agua en la mezcla. Para los ensayos utilizaron 36 muestras para resistencia a la compresión (Ver detalle figura 7 y 8), 36 muestras para los ensayos de resistencia a la tracción y 12 muestras para los ensayos resistencia a la flexión en ensayos de edades de 7, 14 y 28 días. La dosificación que utilizaron se ve en la tabla 3.

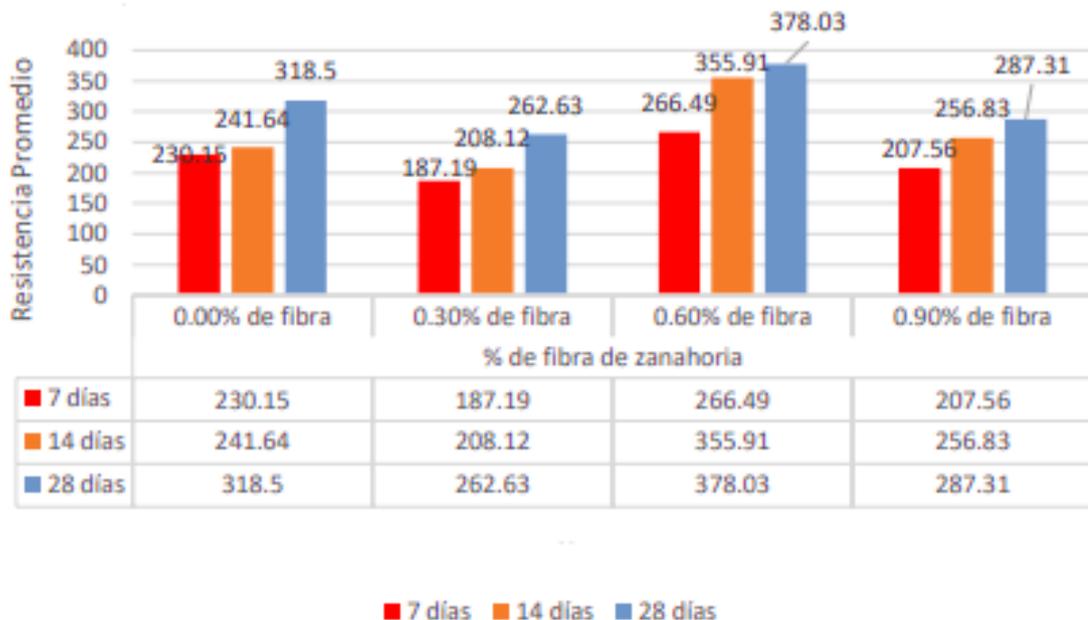
Tabla 3*Proporciones de dosificación de fibras de zanahoria*

Materiales	Hormigón normal	Incorporación de fibras de zanahoria en % del Peso del Cemento		
		Dosis 01 0,30%	Dosis 02 0,60%	Dosis 03 0,90%
Cemento	372,73	372,73	372,73	372,73
Agregado.Fino	908,31	908,31	908,31	908,31
Agregado.Grueso	813,42	813,42	813,42	813,42
Agua	188,71	188,71	188,71	188,71
Fibra de zanahoria	-	1,12	2,24	3,35

Nota. Tesis “Influencia de la adición de fibra de zanahoria en las propiedades mecánicas del concreto, Juliaca-Puno 2021” (2021, p.49).

Figura 7

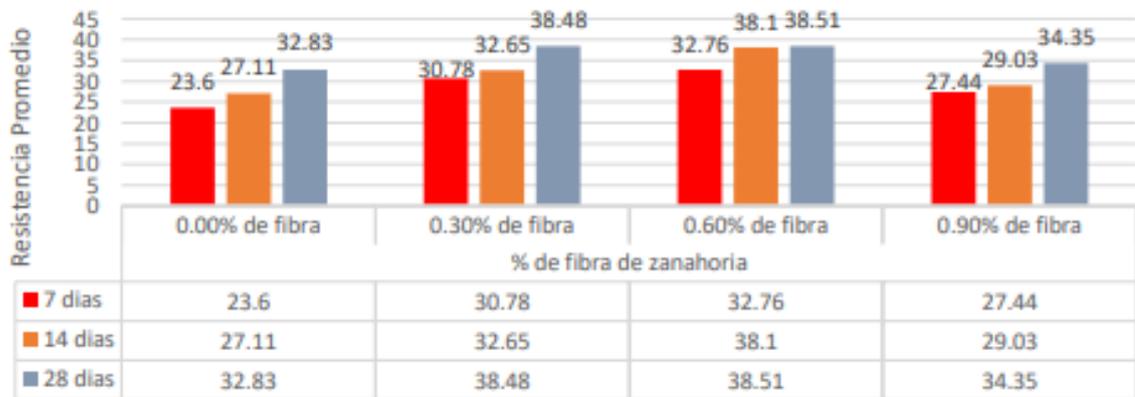
Resistencia a la compresión 7, 14 y 28 días – fibra de zanahoria al 0%, 0.30%, 0.60% y 0.90%



Nota. Tesis “Influencia de la adición de fibra de zanahoria en las propiedades mecánicas del concreto, Juliaca-Puno 2021” (2021, p.59).

Figura 8

Resistencia a la tracción 7, 14 y 28 días – fibra de zanahoria al 0%, 0.30%, 0,60% y 0.90%



Nota. Tesis “Influencia de la adición de fibra de zanahoria en las propiedades mecánicas del concreto, Juliaca-Puno 2021” (2021, p.65).

Concluyó según las figuras 7 y 8, que la adición de fibra de zanahoria mejoró las propiedades mecánicas del concreto con una dosificación óptima de 0.60%. La resistencia a la tracción incrementó en un 17.30%, la resistencia a la compresión en un 8.68% y la resistencia a la flexión en un 17.30% en reemplazo del peso del cemento.

Chavez y Coasaca (2018):

Utilizan en su investigación fibras de chillihua para las losas de concreto simple y cómo influye en las propiedades físico y mecánicas del hormigón. Utilizan para los ensayos fibras de longitud 2.5 cm y 5 cm, con un concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para porcentajes de fibras de 0.1%, 0.5% y 1.0% (Detallado en la tabla 4). Se realizaron 63 muestras para el ensayo de resistencia a la compresión para moldes de 30 cm de largo y 15 cm de diámetro; para la resistencia a la flexión también se ensayaron 63 muestras de vigas de 15 x 15 x 60 cm. (Ver detalle tabla 4)

Tabla 4

Dosificación para el hormigón de 210 kg/cm² al 0.1%, 0.5% y 1.0% para 1 m³ de concreto

Cemento Tipo I	367,12	
Agregado Fino	694,105	kg/m ³
Agregado grueso	1067,641	
Agua	25,15	lt/m ³
Fibra 0,1%	0,4836	
Fibra 0,5%	2,418	kg/m ³
Fibra 1,0%	4,836	

Nota. Adaptado de Tesis “Control de fisuras con fibras de Chillihua (*Festuca dolichophylla*), en losas de concreto simple y su influencia en sus propiedades mecánicas” (2021, p.80-81).

Según los ensayos realizados la longitud optima es 2.5 cm para la adición de 0.5% porque disminuye las fisuras en el concreto mejorando en un 21.98% y para la resistencia a la compresión disminuye en un 8.9%.

Chachi (2019):

Analiza en su investigación la sustitución parcial del cemento por cenizas de rastrojo de maíz para el análisis de la resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para incorporaciones de 5%, 7.5% y 10%. La investigación fue experimental y los ensayos se realizaron para testigos de 30 cm altura y 15 cm de diámetro. Los materiales utilizados fueron ceniza de rastrojo de maíz del centro poblado de Cochas, Cemento Portland tipo I, agregado fino y grueso de la cantera Paccha.

Encontró que la durabilidad del concreto con el porcentaje de maíz adicionada aumenta respecto a la resistencia a la compresión del concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, debido a que los resultados obtenidos muestran que el concreto con la adición de ceniza de mazorca de maíz. en diferentes porcentajes y en diferentes días lograron mayor durabilidad que el concreto común (p. 91).

Amasifuen y Romero (2020):

Realizaron un diseño de hormigón de alta resistencia con incorporación de ceniza de coco y cascarilla de arroz para alcanzar mejoras en la resistencia a la compresión utilizando un

concreto patrón $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ para las edades 7, 14 y 28 días. Las adiciones para la dosificación fueron 0.5%, 3.0% y 4.5% de fibra de arroz y 0.5%, 3.0% y 4.5% de fibra de coco. Para la realización de los ensayos aplicaron las normas:

ASTM D – 2216 (Humedad Natural)

ASTM C33 - 83 (Análisis granulométrico)

ASTM C - 127 (Peso específico y absorción del agregado fino)

ASTM C - 128 (Peso específico y absorción del agregado grueso)

ASTM C - 29 (Peso Unitario de agregados)

ACI 211 (Diseño de mezcla) y NTP 339.034 y ASTM C – 39 (Prueba de resistencia a la compresión). Se analizan las resistencias a la compresión descritas en la tabla 5.

Tabla 5

Rotura de testigos de concreto patrón

Cilindro #	Incorporación de cenizas de coco y cascarilla de arroz (gr)	Área (cm ²)	Edad (Días)	Resistencia	
				a la compresión (kg/cm ²)	(%)
1	0	176,7	7	249,8	71,4
2				246,7	70,5
3				252,5	72,2
4				292,8	83,6
5	0	176,7	14	288,8	82,5
6				290,3	82,9
7				352,2	100,6
8	0	176,7	28	358,1	102,3
9				358,3	102,4

Nota. Adaptado de Tesis “Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, San Martín – 2020” (2020, p.33-35-37).

En la investigación finalizaron con la conclusión de que al utilizar una proporción mayor al 1% de ceniza de coco y arroz disminuye la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia, alcanzando un 93.07% sin superar el 100% de la resistencia esperada (Detallado en las tablas 6, 7 y 8).

Tabla 6

Resistencia a la compresión – Incorporación de cenizas de coco y cascarilla de arroz al 0.5%

Cilindro #	Incorporación de cenizas de coco y cascarilla de arroz (gr)	Área (cm ²)	Edad (Días)	Resistencia a la compresión. (kg/cm ²)	(%)
1				248,6	71,0
2			7	247,9	70,8
3				245,4	70,1
4				287,0	82,0
5	20	176,7	14	282,7	80,8
6				290,0	82,9
7				322,0	92,0
8			28	329,7	94,2
9				325,6	93,0

Nota. Adaptado, Tesis: “Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, San Martín – 2020” (2020, p.34-36-38).

Tabla 7

Resistencia a la compresión – Incorporación de cenizas de coco y cascarilla de arroz al 0.3%

Cilindro N°	Incorporación de cenizas de coco y cascarilla de arroz (gr)	Área (cm ²)	Edad (Días)	Resistencia a la compresión. (kg/cm ²)	(%)
1				244,5	69,9
2			7	246,4	70,4
3				247,3	70,7
4				274,7	78,5
5	130	176,7	14	280,0	80,0
6				280,4	80,1
7				301,6	86,2
8			28	301,9	86,3
9				301,1	86,0

Nota. Adaptado de Tesis “Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, San Martín – 2020” (2020, p.34-36-38).

Tabla 8

Resistencia a la compresión – Incorporación de cenizas de coco y cascarilla de arroz al 0.4.5%

Cilindro #	Incorporación de cenizas de coco y cascarilla de arroz (gr)	Área (cm ²)	Edad (Días)	Resistencia a la compresión. (kg/cm ²)	(%)
1				153,3	43,8
2			7	154,7	44,2
3				156,3	44,7
4				255,2	72,9
5	200	176,7	14	249,9	71,4
6				255,4	73,0
7				271,3	77,5
8			28	267,1	76,3
9				269,5	77,0

Nota. Adaptado de Tesis “Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, San Martín – 2020” (2020, p.34-36-38).

Cárdenas y Escobar (2022):

Utilizaron la fibra de cascarilla de arroz para mejorar la resistencia a la compresión del concreto simple para porcentajes de 2%, 4% y 6%. Los diseños del concreto patrón se hicieron para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Los estudios para los ensayos fueron:

- Desarrollo granulométrico de los agregados (NTP. 400.012 / ASTM C – 136).
- Peso unitario suelto y compactado de los agregados (NTP. 400.017 / ASTM C – 29).
- Peso específico del agregado fino (NTP. 400.022).
- Peso específico del agregado grueso (NTP. 400.021).
- Resistencia a la compresión del concreto (NTP. 339.034 / ASTM C – 39).

Según el análisis de las tablas 9, 10, 11 y 12 se concluyó que los ensayos a compresión aumentan para 2% de adición de fibras, si se le aumenta mayor porcentaje de fibras no se obtienen las mejores resistencias.

Tabla 9*Resistencia a la compresión promedio del concreto patrón*

N°	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia a la compresión. (kg/cm ²)	Porcentaje (%)
1	7	10,16	81,7	138,77	66,1
2	14	10,16	81,7	171,67	81,7
3	21	10,16	81,7	183,43	87,3
4	28	10,16	81,7	212,13	101

Nota. Adaptado de Tesis “Mejoramiento de la resistencia a la compresión del concreto simple adicionando cascarilla de arroz, distrito de San Hilarión – Región San Martín” (2022, p.43).

Tabla 10*Ensayo de resistencia a la compresión hormigón con adición del 2% de cascarilla de arroz*

#	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia a la compresión. (kg/cm ²)	Porcentaje (%)
1	7	10,16	81,7	158,33	75,4
2	14	10,16	81,7	184,6	87,9
3	21	10,16	81,7	213,03	101,4
4	28	10,16	81,7	252,97	120,5

Nota. Adaptado de Tesis “Mejoramiento de la resistencia a la compresión del concreto simple adicionando cascarilla de arroz, distrito de San Hilarión – Región San Martín” (2022, p.44).

Tabla 11

Ensayo de resistencia a la compresión hormigón con adición del 4% de cascarilla de arroz

#	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Porcentaje (%)
1	7	10,16	81,7	150,2	71,5
2	14	10,16	81,7	183,6	87,4
3	21	10,16	81,7	193,77	92,3
4	28	10,16	81,7	184,73	88

Nota. Adaptado de Tesis “Mejoramiento de la resistencia a la compresión del concreto simple adicionando cascarilla de arroz, distrito de San Hilarión – Región San Martín” (2022, p.45).

Tabla 12

Ensayo de resistencia a la compresión hormigón con adición del 6% de cascarilla de arroz

#	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Porcentaje (%)
1	7	10,16	81,7	124,57	59,3
2	14	10,16	81,7	182,2	86,8
3	21	10,16	81,7	155,33	74
4	28	10,16	81,7	183,23	87,3

Nota. Adaptado de Tesis “Mejoramiento de la resistencia a la compresión del concreto simple adicionando cascarilla de arroz, distrito de San Hilarión – Región San Martín” (2022, p.46).

Flores (2018):

Analizó la resistencia del mortero por cenizas de rastrojo de maíz sustituyendo porcentajes de 10% y 15% del peso del cemento. Los ensayos se realizaron para las edades de 3, 7 y 28 días, constituida por 27 probetas de acuerdo con la NTP. 334.051. Los materiales utilizados fueron Cemento Pacasmayo Tipo I, espécimen cúbico de 50 mm de lado, mesa de flujo, compactador y badilejo. Se adquirió el rastrojo de maíz de la provincia del Santa, para luego

pasar un proceso de lavado, luego se hizo polvo para tamizarlo por la malla #200, pasó por un pre quemado para eliminar materias orgánicas y después una calcinación y un análisis de fluorescencia de Rayos X para poder obtener sus características físicas.

Los ensayos que se realizaron para resistencia a la compresión mostraron que se alcanzó una resistencia de 226 kg/cm² para un porcentaje de 15% y de 182 kg/cm² para 10% los cuales superaron la resistencia al concreto patrón.

Carlos (2023):

Analiza el rango óptimo para las cenizas de cáscara de arroz y fibras de palmera para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Para ello se estudiaron las propiedades químicas de la ceniza de cascarilla de arroz definiendo que es un material puzolánico con propiedades similares al cemento que puede sustituir en gran medida al cemento, además utilizaron cemento Portland de 210 kg/cm² y 280 kg/cm². los proyectos experimentales. Tipo 1.

La ceniza de cáscara de arroz se reemplazó por 5%, 10%, 15% y 20% en peso de cemento para obtener el porcentaje óptimo de ceniza de cascarilla de arroz y luego se agregó fibra de palma al 0,75%, 1,50%. 2,25 y 3,00% en peso de aglutinante.

Los ensayos para las mezclas fueron:

- Medida del Slump (NTP 339,035 y ASTM C143 (2012))
- Medida de la Temperatura (NTP 339, 184 - ASTM C1064)
- Peso Unitario (NTP 339, 046 y ASTM C138)
- Medición de cantidad de aire atrapado (NTP 339.046 y ASTM C138)

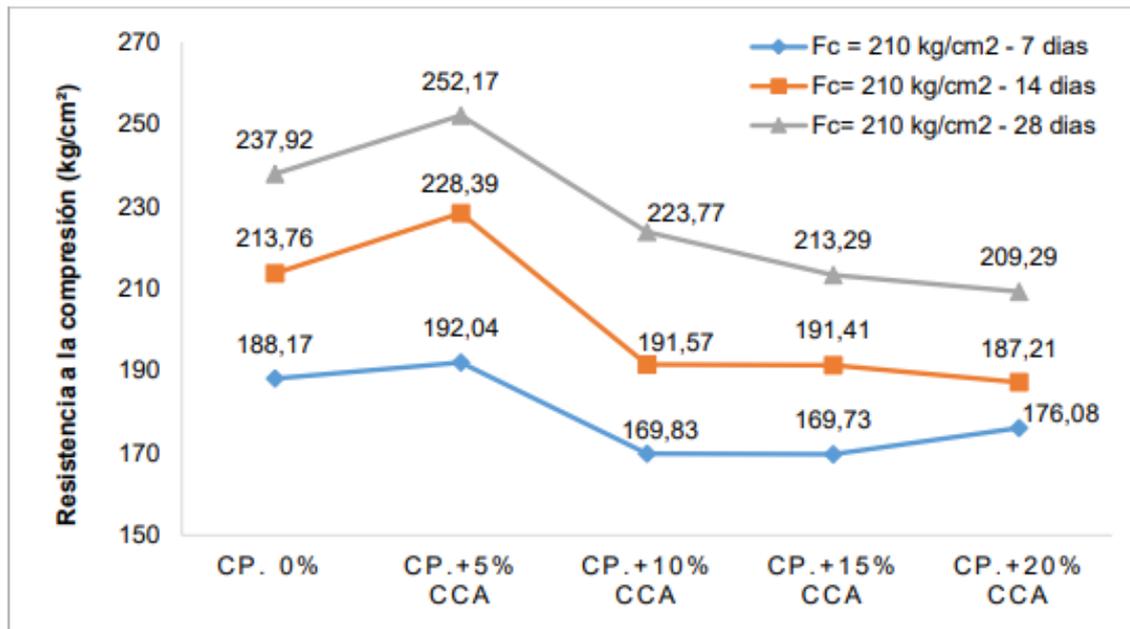
Para los ensayos del concreto endurecido fueron:

- Resistencia a la compresión (NTP 339,034 y ASTM C39)
- Resistencia a la tracción (NTP 339,084 y ASTM C496)
- Resistencia a la flexión (NTP 339,078 y ASTM C78).

Los resultados obtenidos (Ver figura 9, 10 y 11) con la sustitución del 5% de ceniza de cáscara de arroz mostraron una mejora en las propiedades mecánicas del concreto y lograron una compresión de 252,17 kg/cm² y 308,45 kg/cm², un aumento de 5,99% y 2,66%, respectivamente. De manera similar, al agregar un 0,75% de fibra de palma, la resistencia a la flexión mejoró y la resistencia a la tracción aumentó en un 1,50%. En resumen, se puede afirmar que las combinaciones de adición de ceniza de cáscara de arroz y fibra de palma mejoran significativamente las propiedades mecánicas del hormigón.

Figura 9

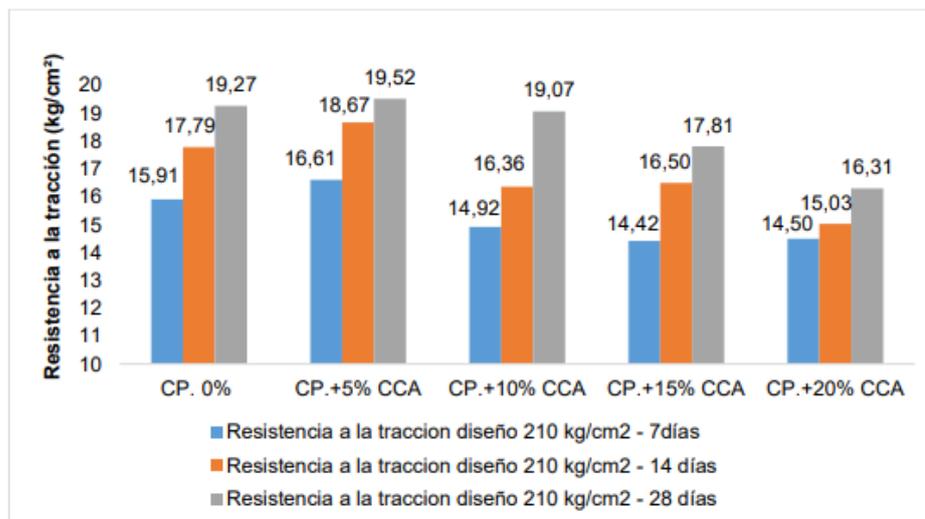
Ensayo de resistencia a la compresión axial a 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de sustitución de cenizas de cáscara de arroz para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$



Nota. Adaptado de la tesis “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de palmera” (2023, p.102).

Figura 10

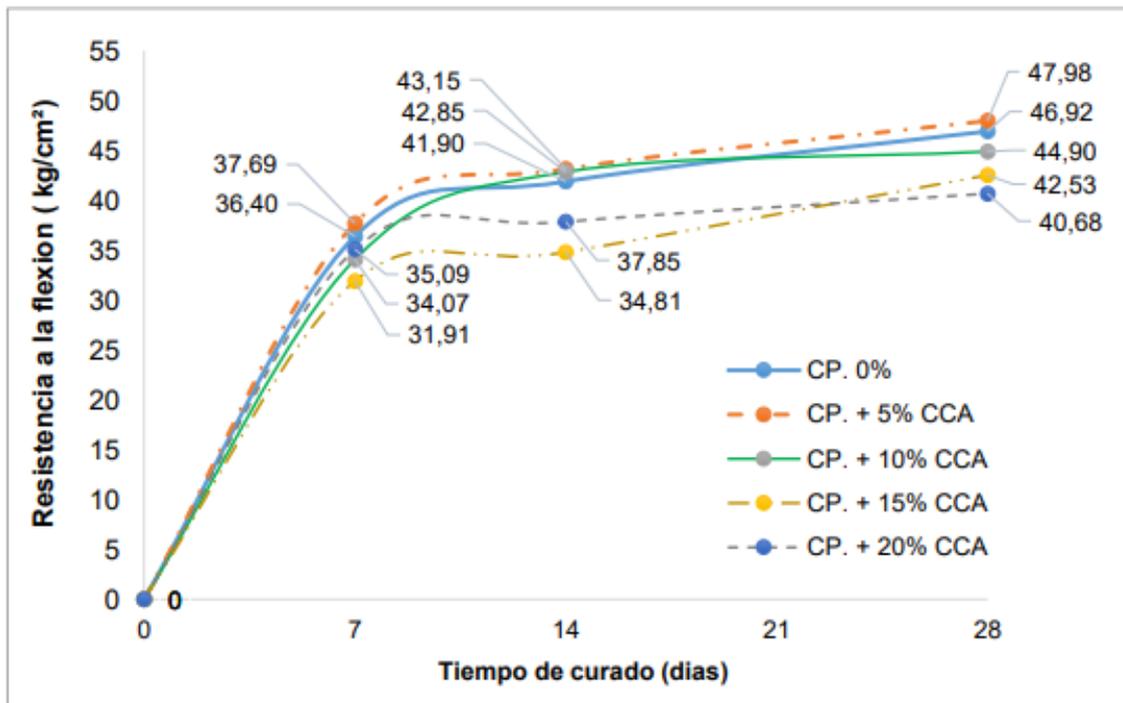
Ensayo de resistencia a la tracción a 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de sustitución de cenizas de cáscara de arroz para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$



Nota. Adaptado de la tesis “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de palmera” (2023, p.104).

Figura 11

Resistencia a la flexión del concreto patrón y los porcentajes del 5%, 10%, 15% y 20% de sustitución de cenizas de cáscara de arroz para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



Nota. Adaptado de la tesis “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de palmera” (2023, p.105).

Balladares y Ramírez (2020):

Plantearon el diseño del hormigón con incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a la compresión para un diseño óptimo de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación del 5%, 10% y 15% de cenizas de bagazo de caña de azúcar, con el fin de reducir costos para la elaboración del diseño del hormigón.

a) Técnicas e instrumentos:

- Norma Técnica Peruana 339.127 (ASTM D 2216)
- Norma Técnica Peruana 339.128 (ASTM D 422)
- Norma Técnica Peruana 339.167 (ASTM D 2166).

Los ensayos realizados para determinar las resistencias a la compresión, ensayos de asentamiento y el costo para el análisis comparativo se puede ver en las tablas 13, 14 y 15.

Tabla 13

Ensayo de resistencia a la compresión - cenizas de bagazo de caña de azúcar 0%, 5%, 10% y 15%

	%	7 (días)	14 (días)	28 (días)
Concreto Patrón +	0	159.7	189.3	210.8
	5	168.6	198.1	237.3
	10	161.9	192.2	226.3
	15	159.6	190.9	220.2

Nota. Adaptado de la tesis “Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto 2020” (2020, p.19).

Tabla 14

Ensayo de Asentamiento

Concreto convencional	5%	10%	15%
4”	4 ½”	4 ¼”	4 ¾”

Nota. Adaptado de la tesis “Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto 2020” (2020, p.19).

Tabla 15

Costo por m³ de hormigón f’c=210 kg/cm² con incorporación de cenizas de bagazo de caña de azúcar

Materia	Cantidad	PU	Metrado
Cemento (kg/m ³)	386.82	S/. 22.9	S/. 208.39
Agua (lt/m ³)	44.20	S/. 00.00	S/. 00.00
Agregado Fino (kg/m ³)	473.75	S/. 60.00	S/. 28.38
Agregado Grueso (kg/m ³)	874.67	S/60.00	S/. 52.44
Ceniza (kg/m ³)	38.60	S/. 00.00	S/. 0.00
Total			S/. 289.21

Nota. Adaptado de la tesis “Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto 2020” (2020, p.20).

Paredes (2022)

Evaluó cómo la incorporación de la fibra de mucílago de nopal en el concreto se desarrolla como incorporación del hormigón estado fresco y endurecido, cuyos indicadores son:

- Asentamiento: Basados en la NTP 339.035 (kg/m³). (Ver Tabla 16)

- Peso unitario: Basados en la NTP 339.046 Pulgadas (plg)
- Contenido de aire: Basados en la NTP 339.083 Porcentaje (%)
- Exudación: Basados en la NTP 339.077 Porcentaje (%)
- Temperatura del concreto: Basados en la NTP339.184. (°C)
- Resistencia a la compresión: Basados en la NTP339.034. (Ver figura 12)
- Resistencia a la tracción: Basados en la NTP339.084. (Ver figura 13)
- Resistencia a la flexión: Basados en la NTP339.78. (Ver figura 14)
- Módulo de elasticidad: Basados en la ASTM C-469.
- Permeabilidad: Basados en la IRAM 1871. gr/ (m2. seg0.5). (Ver figura 15)

Tabla 16

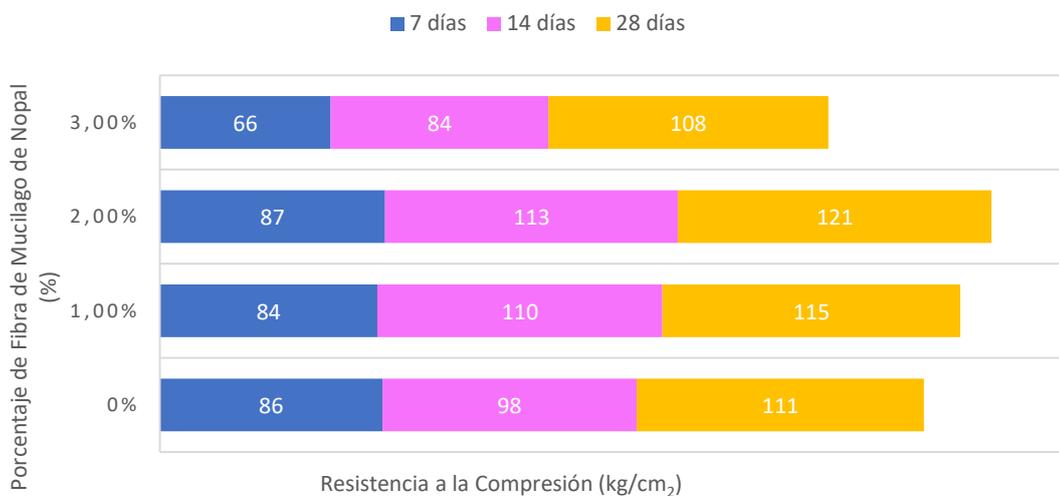
Ensayo del asentamiento del hormigón fresco $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ e incorporación fibra de nopal 1%, 2% y 3%

Diseño de mezclas	Slump (pulg)
Diseño 1 + 0% fibra de nopal	2.8
Diseño 2 + 1% fibra de nopal	3
Diseño 3 + 2% fibra de nopal	3.5
Diseño 4 + 3% fibra de nopal	5

Nota. Adaptado de la tesis “Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido” (2022, p.135).

Figura 12

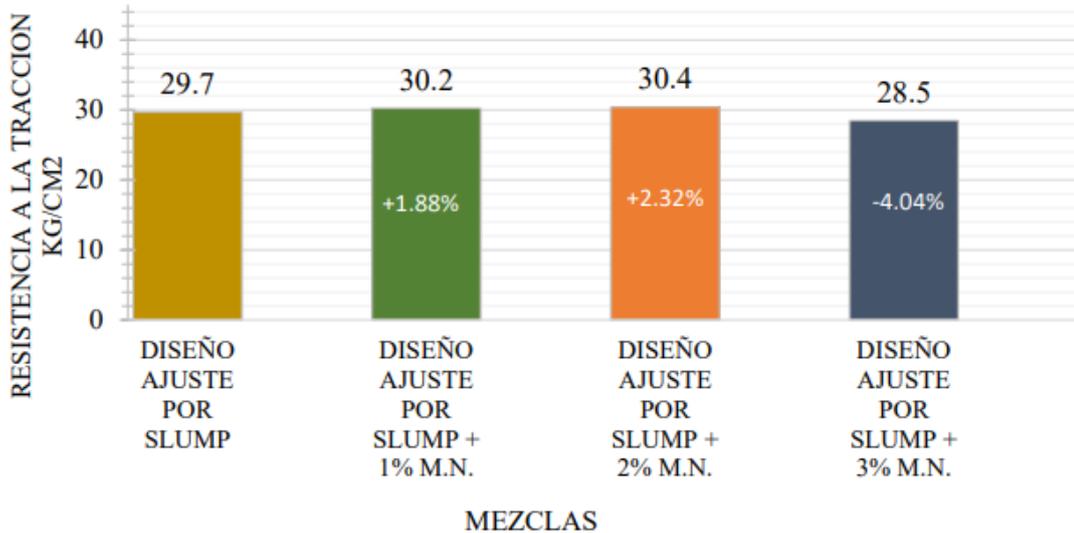
Ensayo de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación 1%, 2% y 3% de Mucilago de Nopal



Nota. Adaptado de la tesis “Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido” (2022, p.145).

Figura 13

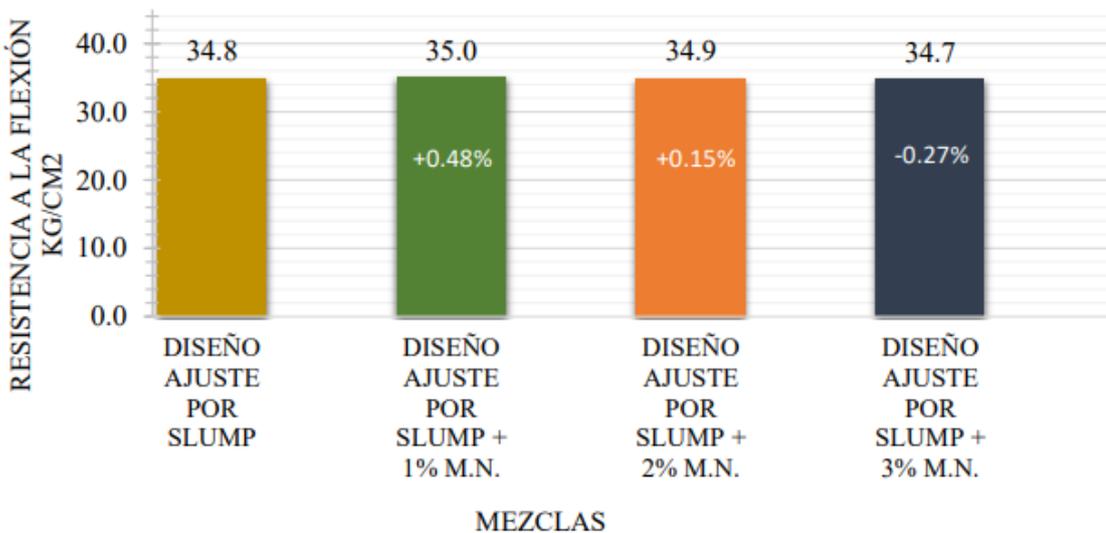
Ensayo de resistencia a tracción $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación del 1%, 2% y 3% de Mucilago de Nopal



Nota. Adaptado de la tesis “Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido” (2022, p.178).

Figura 14

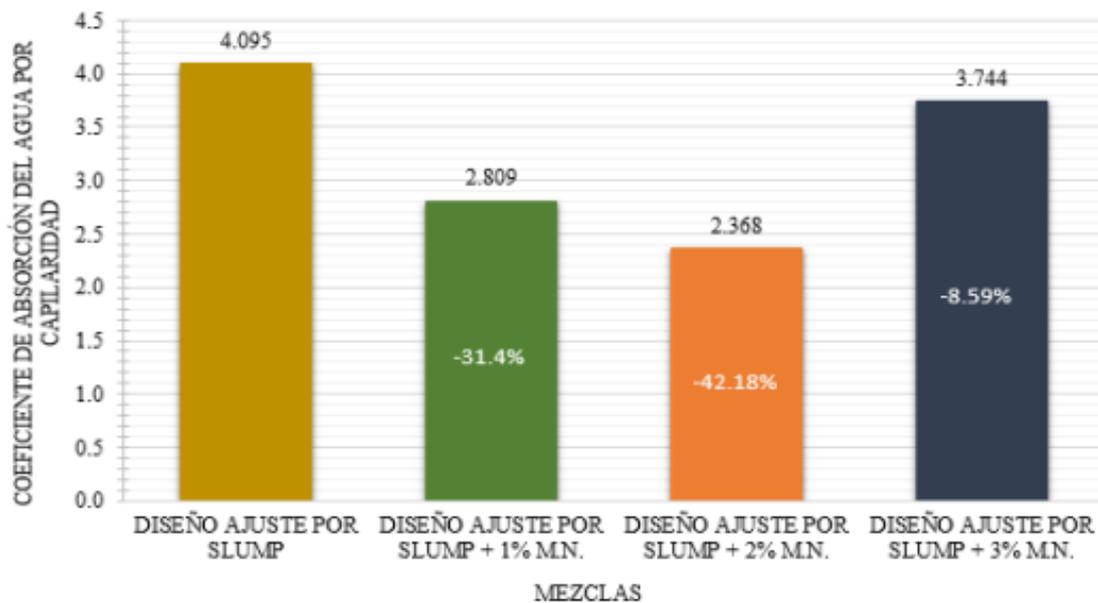
Ensayo de resistencia a flexión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación del 1%, 2% y 3% de Mucilago de Nopal



Nota. Adaptado de la tesis “Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido” (2022, p.180).

Figura 15

Permeabilidad – Absorción capilar $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación del 1%, 2% y 3% de Mucilago de Nopal



Nota. Adaptado de la tesis “Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido” (2022, p.182).

Cherre y Romaín (2019):

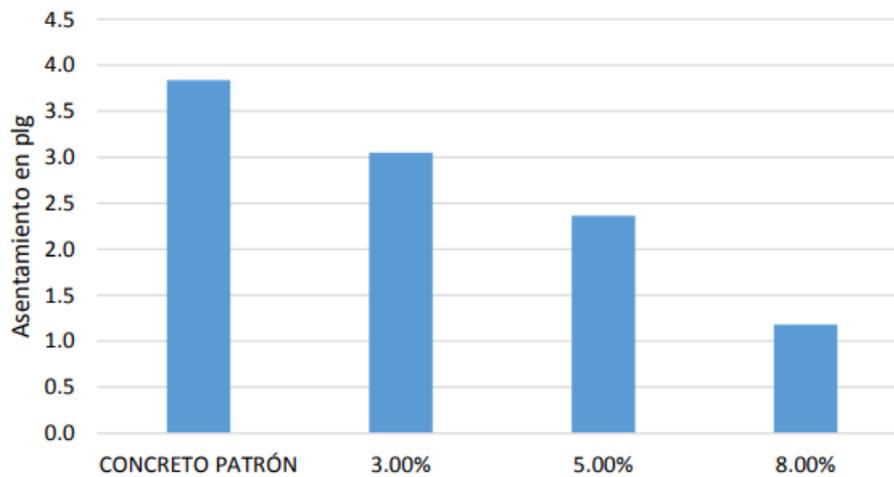
Determinaron la influencia de las cenizas de rastrojo de maíz en un diseño de mezcla $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ como sustitución de 3%, 5% y 8% respecto a la masa del cemento

Las muestras del estudio fueron probetas circulares de concreto con dimensiones de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro, la mezcla se elaboró con cemento Portland (fortimax-antisalitre) de la marca Pacasmayo, agregado fino y agregado grueso de las canteras Cerro Mocho y Sojo, agua potable y cenizas de rastrojo de maíz este último se obtuvo de desechos agrícolas provenientes de la provincia de Morropón.

- Asentamiento: N.T.P 339.035 (Figura 16).
- Resistencia a la compresión del concreto: N.T.P.339.034 (Figura 17).

Figura 16

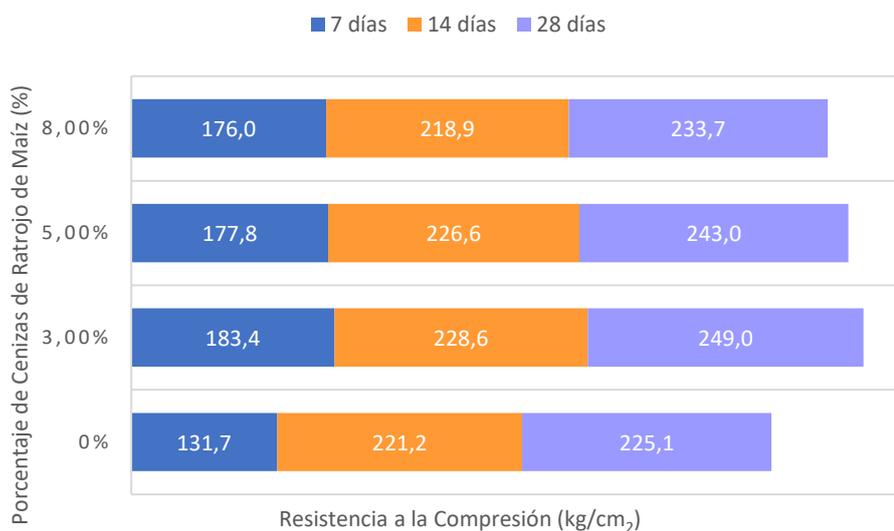
Ensayo de Asentamiento mediante el cono de Abrams $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición del 3%, 5% y 8% de cenizas de rastrojo de maíz



Nota. Adaptado de la tesis “Influencia de las cenizas de rastrojo de maíz sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ” (2022, p.50).

Figura 17

Ensayo de resistencia a la compresión - incorporación al 0% 3%, 5% y 8% de cenizas de rastrojo de maíz



Nota. Adaptado, tesis: “Influencia de las cenizas de rastrojo de maíz sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ” (2022, p.59).

2.2.3. Artículos relacionados al tema

Aburto et al. (2018)

Los autores evaluaron la influencia del Aloe Vera en el concreto con el fin de delimitar el diseño (porcentaje de fibra) más óptimo donde analiza el diseño en estado fresco y endurecido. Se realizó el diseño para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ según The American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto). El uso de Aloe vera fue en porcentajes del 0% al 6% respecto al total del concreto. Las pruebas realizadas estuvieron bajo las normas de la Sociedad Americana de “Ensayo de Materiales (ASTM) C39, C1701, C403, C143”, y una Norma Española –Norma Europea (UNE-EN 1925). El contenido de agua del gel de Aloe vera fue del 98%. El mejor uso de la planta se logró al 2% con: la corteza, 2mm de gel y Aloína. El asentamiento disminuyó linealmente, el fraguado inicial favoreció casi el doble y aprox. 7.6 veces más para el fraguado final. La resistencia a la compresión alcanzó 355 kg/cm^2 (incremento del 41% de la resistencia patrón). La permeabilidad disminuyó 47,9% en términos de tasa de infiltración con 0,039 pulg/hora y la absorción capilar disminuyó 32% con 1,9 $\text{g/m}^2 \times \text{seg}^0.5$.

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

Según Martínez y Araya (2021) el hormigón es el material en el sector construcción que más se utiliza y, debido a su gran demanda a escala mundial, es el segundo recurso más utilizado después del agua. El cemento, el aglutinante más utilizado en el hormigón, por año la producción del hormigón es de 4.000 toneladas en todo el mundo. Varios autores han estudiado en el pasado el uso de fibras naturales en el cemento, ya sea para acrecentar las propiedades mecánicas del material o para sustituir total o parcialmente los áridos pétreos convencionales en las mezclas de hormigón.

2.3.1. Fibras naturales

Las fibras naturales pueden dividirse en tres tipos: vegetal, animal y mineral. Las fibras con mayor uso en la industria de los materiales compuestos son las vegetales. Contiene celulosa lo que le otorga rigidez, resistencia y estabilidad estructural (Pozo et al., 2019, p.46 – 47).

2.3.2. Cemento

El cemento es un polvo finamente molido, compuesto principalmente por silicatos de calcio y, en menor proporción, por aluminatos de calcio, que, mezclado con agua se combina, fragua y endurece a temperatura ambiente, tanto al aire como bajo el agua (Sanjuán y Chinchón, 2018, p.4).

2.3.3. Resistencia la compresión (ensayo)

Se aplica una carga axial a los cilindros o moldes de extracción diamantino cuando se produce la falla. La resistencia a la compresión conseguida por la probeta se calcula a partir de la máxima división de carga conseguida a lo largo del ensayo como se menciona en la respectiva Norma Técnica Peruana 339.034 (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, 2015, p.3).

2.3.4. Durabilidad

La durabilidad es uno dentro de los tres estados límites que hay que cumplir para que las estructuras sean seguras y funcionales y sean capaces de soportar las acciones externas e internas a las que se verán expuesta y sometidas (Muñoz y Mendoza, 2013, p.65).

2.3.5. Resistencia a la flexión (ensayo)

La Norma Técnica Peruana 339.078, menciona que este consiste en aplicar peso al tercio central de la luz de la viga, que fue de hormigón hasta la falla ocurre, mientras se calcula el módulo de rotura. (INDECOPI, 2012, p.2)

2.3.6. Permeabilidad

Se entiende como permeabilidad a la velocidad con que el agua y otros líquidos fluyen a través del concreto. La permeabilidad es una propiedad de los materiales porosos que está relacionada con la mayor o menor dificultad que oponen a que circule un fluido. El concepto de permeabilidad se introduce en la ley de Darcy, quien experimentalmente comprobó que el caudal de agua por unidad de superficie que atravesaba un sólido poroso era proporcional al gradiente de presión entre las dos caras de este (Amoros et al., 1992).

2.4. Términos básicos

Concreto

Mezcla de cemento portland u otro cemento hidráulico con árido fino, árido grueso y agua, con o sin aditivos, como se transcribe en la Norma E060 (INDECOPI, 2019 p.13).

Cemento Portland

Se obtiene de la pulverización de Clinker Portland y posiblemente de la adición de sulfato de calcio. Se permiten adiciones de otros productos siempre que su incorporación no afecte las propiedades del cemento resultante, siempre que el porcentaje en peso no supere el 1% del peso total y las normas pertinentes establezcan que su inclusión no afecta las propiedades, articulado en la Norma E060 (INDECOPI, 2019, p.12).

Agregado Fino

Se deriva de la desintegración natural o artificial que puede pasar el tamiz 9,5 mm (3/8"), según la Norma E060 (INDECOPI, 2019, p.12).

Agregado Grueso

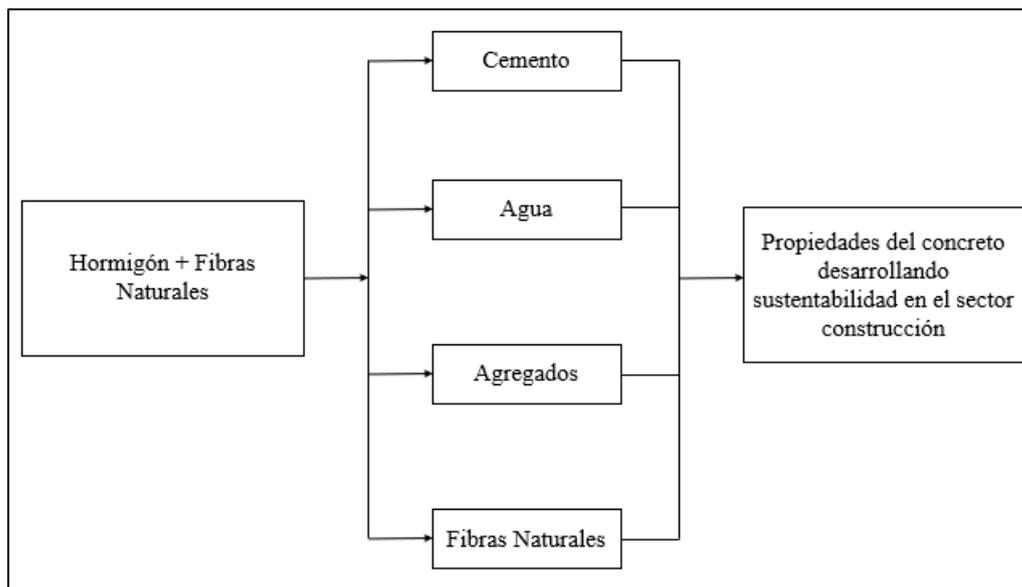
Agregado retenido que no pasa el tamiz 4,75 mm (N.º 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas, según la Norma E060 (INDECOPI, 2019, p.12).

2.5. Fundamentos que sustentan las hipótesis

Detallaremos las propiedades de cada hipótesis para sustentar el tema detallado en la figura 18.

Figura 18

Mapa conceptual



Nota. Planteamiento general de la investigación

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general*

La incorporación de fibras naturales mejora las propiedades del concreto desarrollando sustentabilidad en el sector construcción.

3.1.2. *Hipótesis específicas*

- a. Al determinar los porcentajes de fibras naturales aumenta la resistencia a la compresión del concreto.
- b. Al determinar la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla incrementa la resistencia a la flexión del concreto.
- c. Al determinar los porcentajes de fibras naturales se reduce la absorción por capilaridad del concreto.
- d. Al determinar la relación a/c/fibra se incrementa la durabilidad del concreto.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. *Definición conceptual*

3.2.1.1. *VI (variable independiente)*

Fibras naturales

Las fibras de celulosa son materiales fibrosos de base biológica con propiedades útiles en términos de apariencia, textura, longitud, resistencia y flexibilidad. Estas propiedades vienen dadas por propiedades químicas, físicas y mecánicas. Las fibras de origen vegetal son agregados de células con alta resistencia mecánica. Sus principales componentes son la lignina y la celulosa, que intervienen principalmente en la función de los tallos de las plantas (Rendón y Neyra, 2020).

3.2.1.2. *VD (variable dependiente)*

Propiedades del concreto

“Las propiedades del concreto son sus características o cualidades básicas. Las cuatro propiedades principales del concreto son: trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad. El concreto tiene tres estados diferentes: Plástico, fraguado y endurecido” (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2004, p.12).

3.2.2. *Definición operacional*

3.2.2.1. *VI (variable independiente)*

Fibras naturales

Las fibras pueden asegurar suficiente resistencia físico-mecánica a la deformación de la mezcla. Cuando se distribuyen uniformemente por todo el hormigón, forman un micro reforzamiento eficaz para evitar o minimizar el agrietamiento por contracción y/o ductilidad al hormigón.

3.2.2.2. VD (*variable dependiente*)

Propiedades del concreto

Las propiedades del concreto se pueden identificar a través de ensayos en laboratorio de tecnología del concreto, estudios preliminares para poder obtener sus propiedades físicas y/o mecánicas. El comportamiento de las propiedades físico-mecánicas del concreto se desarrolló con base en datos de artículos y tesis para evaluar cómo actúan sus características con algunas fibras naturales según su diseño y dosificación.

A continuación, la operacionalización de las variables se detalla en la tabla 17.

3.2.3. Operacionalización de las variables

Tabla 17

Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala
V.I Fibras Naturales	Las fibras de celulosa son materiales fibrosos de base biológica con propiedades útiles en términos de apariencia, textura, longitud, resistencia y flexibilidad. Estas propiedades vienen dadas por propiedades químicas, físicas y mecánicas. Las fibras de origen vegetal son agregados de células con alta resistencia mecánica. Sus principales componentes son la lignina y la celulosa, que intervienen principalmente en la función de los tallos de las plantas (Rendón y Neyra, 2020).	Las fibras pueden asegurar suficiente resistencia físico-mecánica a la deformación de la mezcla. Cuando se distribuyen uniformemente por todo el hormigón, forman un micro reforzamiento eficaz para evitar o minimizar el agrietamiento por contracción y/o ductilidad al hormigón.	Composición química de la fibra	Porcentajes de fibras naturales	Porcentajes de fibras naturales	%	Cuantitativa continua
			Dosificación de la mezcla con fibra	Sustitución parcial del cemento	Relación a/c/fibra	%	Cuantitativa continua
V.D Propiedades del concreto	“Las propiedades del concreto son sus características o cualidades básicas. Las cuatro propiedades principales del concreto son: trabajabilidad, cohesividad, resistencia y durabilidad. El concreto tiene tres estados diferentes: Plástico, fraguado y endurecido” (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2004, p.12).	Las propiedades del concreto se pueden identificar a través de ensayos en laboratorio de tecnología del concreto, estudios preliminares para poder obtener sus propiedades físicas y/o mecánicas. El comportamiento de las propiedades físico-mecánicas del concreto se desarrolló con base en datos de artículos y tesis para evaluar cómo actúan sus características con algunas fibras naturales según su diseño y dosificación.	Propiedades mecánicas	Resistencia	Compresión	Kg/cm2	Cuantitativa continua
					Flexión	Kg/cm2	Cuantitativa continua
					Durabilidad	Kg/cm2	Cuantitativa continua
			Propiedades físicas	Permeabilidad	Porosidad	%	Cuantitativa continua

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

Este estudio presenta una investigación documental ya que la información obtenida mediante la interpretación de la información leída de textos digitales, libros relacionados al tema, artículos, normas, etc. Bibliográfica porque enfocamos nuestra investigación y se recopiló material existente de los últimos 5 años. Es descriptivo ya que se analizó, describió y clasificó la población de estudio. Según el estudio de Chavarry et al (2020), fortalecieron un hormigón armado con incorporación de vidrio molido para controlar la contracción plástica. El método utilizado fue deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo e instrumento de recolección de datos investigación retrospectiva, descriptiva, correlativa y explicativa. Ellos usaron un estudio de diseño de cohorte, que según el propósito del estudio es un diseño experimental, el número de mediciones es longitudinal, y según la cronología de observaciones es un estudio causal (causa y efecto) porque examina una relación la variable independiente incluye vidrio molido (causa) y la variable dependiente contracción plástica (efecto). Su finalidad es conocer los posibles efectos positivos o negativos.

4.1. Método

La metodología aplicada es deductiva, se basa en extraer conclusiones de diferentes investigaciones recogidas en artículos científicos, ponencias, congresos, revistas científicas relacionadas al tema de investigación, publicaciones profesionales y numerosas normativas utilizadas por expertos, es a priori.

Los medios de recopilación o instrumentos aplicados de recopilación son retrospectivos, debido a los artículos científicos concluyeron su data con conclusiones aplicadas al método científico.

4.2. Tipo

El carácter del estudio es descriptivo y explicativo debido a la recopilación de la data fueron experimentales de los ensayos de las características físico – mecánicas de las incorporaciones de fibras naturales al concreto patrón.

4.3. Nivel

El nivel de la investigación es descriptivo, debido a que estudian las características de la población desde los hallazgos recolectados para este estudio.

4.4. Diseño

Este estudio fue no experimental, ya que la recolección de data se realizó con información científica de otros estudios y no aplicamos manipulación física ni ensayos en laboratorio,

sin embargo, la recolección de datos se realizó de acuerdo con el diseño experimental que diferentes investigaciones aplicaron, logrando determinar un análisis entre los resultados.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

La recolección de ensayos y muestras de concreto con diferentes fibras naturales en diversas tesis, artículos científicos.

4.5.2. Muestra

La muestra de la presente investigación está en la recolección de tesis doctorales y de grado tanto nacionales e internacionales en las cuales aplicaron ensayos de laboratorio de tecnología de concreto. Los ensayos que se estudiaron fueron de compresión, flexión, durabilidad para 7, 14 y 28 días y permeabilidad mediante ensayos de capilaridad. Las normativas que utilizaron los ensayos fueron: NTP 339.034, ASTM C3 9, N.T.P.339.078 y ASTM C78.

4.6. Técnicas e instrumentación de recolección de datos

4.6.1. Instrumento de recolección de datos

Recopilación de datos que se aplicaron y ensayaron en laboratorios de tecnología del concreto siguiendo las normativas presentes por los autores de las investigaciones. Los datos de las investigaciones se procesaron por el programa Microsoft Excel para reorganizarlos por tipo de fibra.

4.6.2. Métodos y técnicas

Se utilizó ensayos científicos de laboratorio de tecnología de concreto aplicando las normativas actuales.

4.7. Descripción de procesamiento de análisis

Con la información de cada artículo y tesis encontrados en Alicia, ProQuest, E-Libro, ACM, Knovel, Scopus, se analizaron sus tablas de ensayos físico – Mecánicos, así como la dosificación para porcentajes óptimos de fibras naturales de coco, maguey, chillihua, zanahoria, cascarilla de arroz, caña de azúcar, mucílago de nopal, rastrojo de maíz, palmera, cabuya y aloe vera, en comparación con el concreto sin incorporación de fibras. Se organizó la data con el software Excel para así separar por tipo de fibra, tipo de ensayo y dosificación los datos para poder ejecutar la contrastación de las hipótesis y las conclusiones.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el compendio de antecedentes extraído de artículos y tesis académicas nacionales e internacionales, se puede determinar y evaluar el porcentaje de fibras naturales como sustitución parcial del cemento. La información recaudada a través de cuadros cuantitativos y comparativos, así como gráficos y figuras nos pueden ayudar a contrastar las hipótesis formuladas en el capítulo 3 de la presente tesis. Así mismo en los artículos y tesis se hace presente ensayos de carácter experimental de algunas fibras, por lo que se obtienen datos de relevancia que se analizan en el presente trabajo de investigación como: Resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, ensayo de permeabilidad y ensayos de durabilidad.

5.1. Resultados de la investigación

5.1.1. *Analizando los porcentajes de fibras naturales para incrementar la resistencia a la compresión del concreto*

En la tabla 18 se indican algunos autores cuyas investigaciones tratan sobre la resistencia a la compresión y la relación de agua / cemento.

Tabla 18

Tabla de autores para resistencia a la compresión

Autor	Título	f'c (kg/cm ²)	% de fibras	a/c
De la Cruz, L. y Guerrero, E.	“Adición de fibra de coco en bloques de concreto, para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba, 2019”	175	0%, 0.1%, 0.15% y 0.2%	0.50
Carlos, J.	“Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de palmera”	210 y 280	0%, 5%, 10%, 15% y 20%	0,46

Balladares, J y Ramírez, V.	“Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto 2020”	210	0%, 5%, 10% y 15%	0,63
Paredes, K.	“Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido”	210	0%, 1%, 2% y 3%	0,65
Cherre, D y Romaní, I.	“Influencia de las cenizas de rastrojo de maíz sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de $f^c=210\text{kg/c m}^2$ ”	210	0%, 3%, 5% y 8%	0,35

Nota. Resumen general de los autores con sus respectivas investigaciones y porcentaje de fibras a usar. Fuente propia.

De la Cruz y Guerrero (2019). “Adición de fibra de coco en bloques de concreto, para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba, 2019”

- a) Porcentajes de fibra de coco
 - Patrón: 0%
 - Adición 1: 0.10%
 - Adición 2: 0.15%
 - Adición 3: 0.20%
- b) Diseño Patrón $f^c = 175 \text{ kg/cm}^2$ se utilizó cemento Pacasmayo en cantidad de 5,02 kg, Confitillo 18,70 kg y agua 2,70 lts. ($a/c= 0.5$)
- c) Diseño 1 incorporación de 0.10% se utilizó arena gruesa 0.37kg y fibra de coco que reemplazo a la arena gruesa en cantidad de 0.04kg.
- d) Diseño 2 incorporación de 0.15% se utilizó arena gruesa 0,35kg y fibra de coco que remplazo a la arena gruesa en cantidad de 0.06kg
- e) Diseño 3 incorporación de 0.20% se utilizó arena gruesa 0.33kg y fibra de coco que sustituyó a la arena gruesa en cantidad de 0.08kg
- f) Según las normas establecidas para el ensayo de resistencia a la compresión del hormigón, los investigadores aplicaron la norma E.070, NTP 339.034 y ASTM C3 9. NTP 339.167 (ASTM D 2166). (Ver Tabla 19)

g) Se realizaron las roturas de los diseños a los 7, 14 y 28 días. (Ver figura 19)

Tabla 19

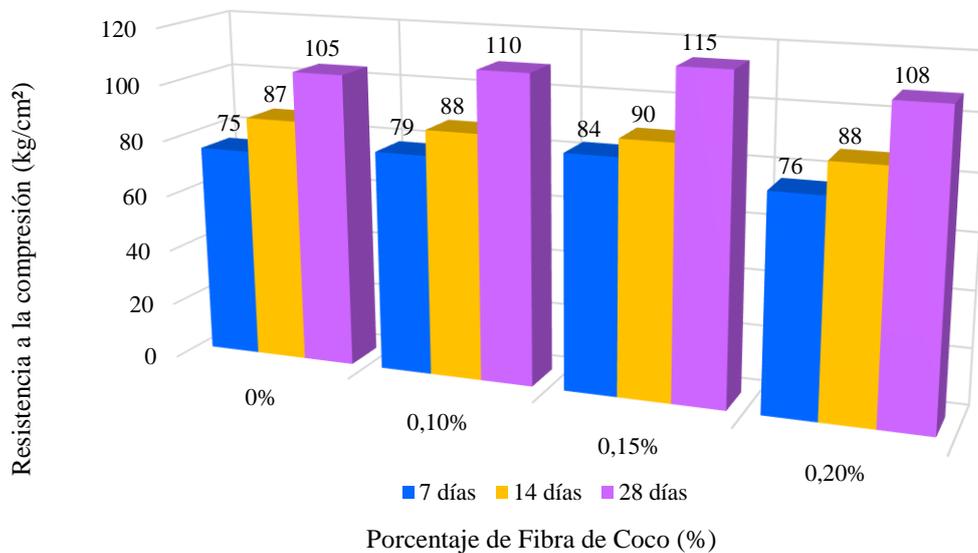
Resistencia a la Compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm²) – a/c: 0.5

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
7	0.00	75
7	0.10	79
7	0.15	84
7	0.20	76
14	0.00	87
14	0.10	88
14	0.15	90
14	0.20	88
28	0.00	105
28	0.10	110
28	0.15	115
28	0.20	108

Nota. Adaptado de la tesis “Adición de fibra de coco en bloques de concreto, para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba, 2019” (2019, p.18)

Figura 19

Resistencia a la compresión con Adición de Fibra de Coco (kg/cm²) – a/c: 0.5



Nota. Adaptado de la tesis “Adición de fibra de coco en bloques de concreto, para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba, 2019” (2019, p.18)

Carlos (2023) “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de palmera”

a) Porcentajes de cenizas de cascara de arroz

- Patrón: 0%
- Adición 1: 5%
- Adición 2: 10%
- Adición 3: 15%
- Adición 4: 20%

b) Diseños teóricos trabajados 210 kg/cm² y 280 kg/cm²

c) Dosificación para el $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ - Concreto Patrón + 5% de cenizas de cáscara de arroz. (Ver tabla 20)

Tabla 20

Dosificación del diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (Concreto patrón + 5% de cenizas de cáscara de arroz)

Cemento	Arena	Piedra	Cáscara de Arroz	Agua
1:	2,45:	2,40:	0,05	29,30
1:	2,31:	2,57:	0,051	29,30

Nota. La dosificación de materiales esta evaluado para un m³ de concreto

d) La mejor dosificación para el $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ - Concreto Patrón + 5% de cenizas de cáscara de arroz. (Ver tabla 21)

Tabla 21

Dosificación del diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ (Concreto patrón + 5% de cenizas de cáscara de arroz)

Cemento	Arena	Piedra	Cáscara de Arroz	Agua
1:	1,91:	1,85:	0,05	24,80
1:	1,80:	1,98:	0,051	24,80

Nota. La dosificación de materiales esta evaluado para un m³ de concreto

e) Según las normas establecidas para el ensayo de resistencia a la compresión del hormigón, los investigadores aplicaron la norma ASTM C3 9. (Ver tablas 22 y 23)

f) Rotura de los diseños a los 7, 14 y 28 días de cáscara de arroz. (Ver figuras 20 y 21)

Tabla 22

Resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con Incorporación de Cenizas de Cáscara de Arroz

Nota. El ensayo de resistencia a la compresión se realizó según indica los días de rotura

Tabla 23

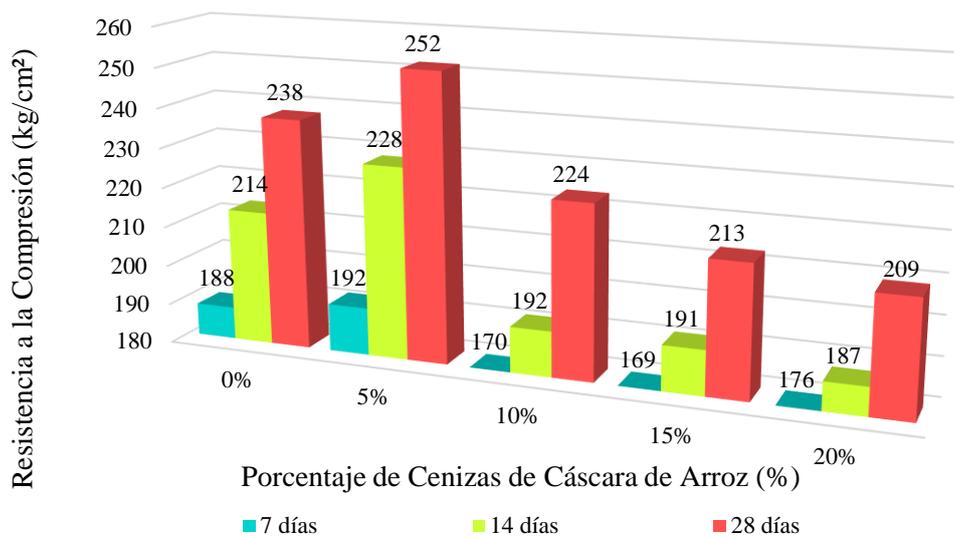
Resistencia a la compresión $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con Adición de Cenizas de Cáscara de Arroz

Nota. El ensayo de resistencia a la compresión se realizó según indica los días de rotura.

Días	Dosis (Dosis (%))		Resistencia a la compresión
	(kg/cm ²)		(kg/cm ²)
7	0	0	188
7	5	5	192
7	10	10	170
7	15	15	169
7	20	20	176
14	0	0	214
14	5	5	228
14	10	10	192
14	15	15	191
14	20	20	187
28	0	0	238
28	5	5	252
28	10	10	224
28	15	15	213
28	20	20	209

Figura 20

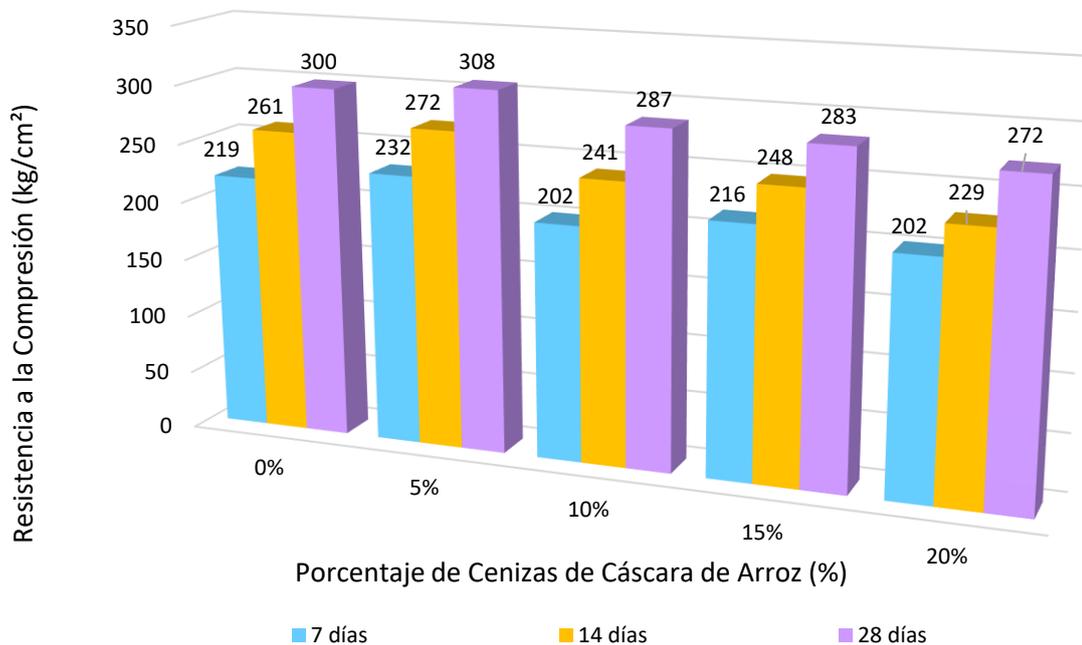
Resistencia a la Compresión $f'c=210$ kg/cm² con Adición de Cenizas de Cáscara de Arroz



Nota. Adaptado de la tesis “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de palmera” (2020, p.18)

Figura 21

Resistencia a la Compresión $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con Adición de Cenizas de Cáscara de Arroz



Nota. Adaptado de la tesis “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de palmera” (2020, p.18)

Balladares y Ramírez (2020)

a) Porcentajes de cenizas de bagazo de caña de azúcar

- Patrón: 0%
- Diseño 1: 5% “Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto 2020”
- Diseño 2: 10%
- Diseño 3: 15%

b) Población y muestra

- 24 muestra de testigos

c) En el ensayo de resistencia a la compresión los autores trabajaron con la Norma NTP 339.167 (ASTM D 2166). (Ver tabla 24)

d) Diseños teóricos trabajados 210 kg/cm^2 - a/c 0.63

e) Rotura de probetas a los 7, 14 y 28 días. (Ver figura 22)

Tabla 24

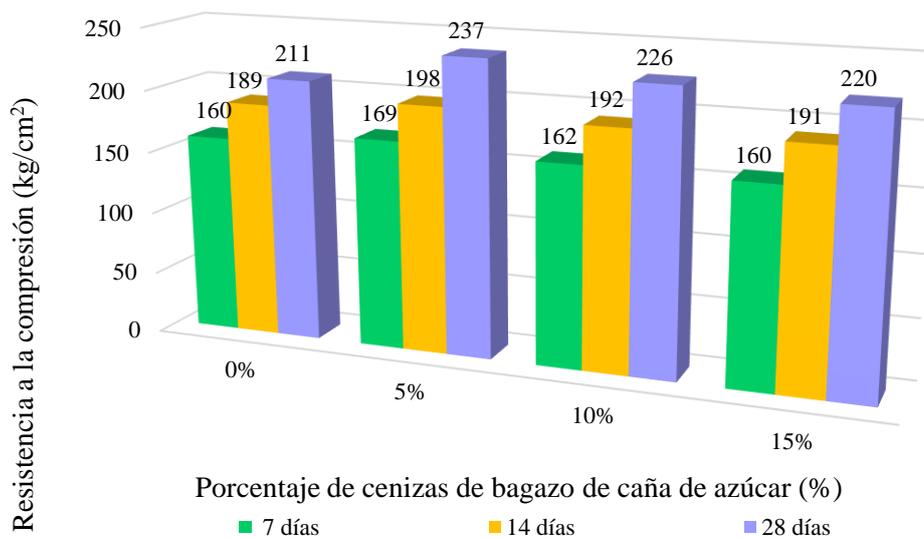
Resistencia a la compresión con incorporación de Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar (kg/cm²)- a/c:0.63

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
7	0	160
7	5	169
7	10	162
7	15	160
14	0	189
14	5	198
14	10	192
14	15	191
28	0	211
28	5	237
28	10	226
28	15	220

Nota. El ensayo de resistencia a la compresión se realizó según indica los días de rotura.

Figura 22

Resistencia a la compresión con incorporación de Cenizas de Cáscara de Arroz (kg/cm²)- a/c:0.63



Nota. Adaptado de la tesis “Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto 2020

Paredes (2022). “Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido”

a) Porcentajes de fibras de mucílago de nopal

- Patrón: 0%

- Diseño1: 1%

- Diseño2: 2%

- Diseño3: 3%

b) El diseño $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con una relación a/c de 0.65, fueron: Cemento Portland Tipo I: 393.975kg/m³, Agua: 260 kg/m³, Arena Gruesa: 310 kg/m³ y Piedra chancada ½”: 450 kg/m³.

c) Método de Ensayo para determinar la resistencia a la compresión, basado en la norma ASTM-39 y N.T.P.339.034. (Ver tabla 25)

d) Rotura de probetas a los 7, 14 y 28 días. (Ver figura 23)

Tabla 25

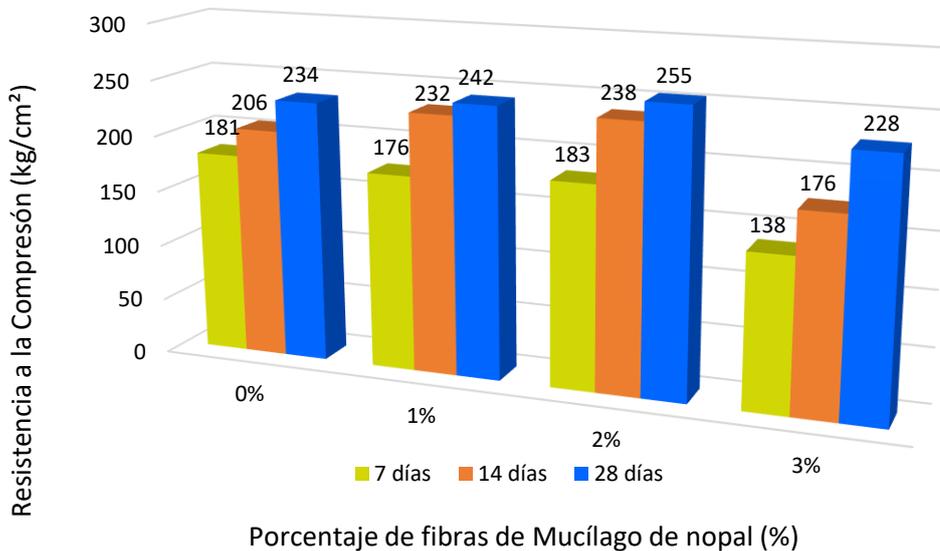
Resistencia a la compresión con Adición de fibras de Mucílago de Nopal (210kg/cm^2) – a/c: 0.65

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
7	0	181
7	1	176
7	2	183
7	3	138
14	0	206
14	1	232
14	2	238
14	3	176
28	0	234
28	1	242
28	2	255
28	3	228

Nota. El ensayo de resistencia a la compresión se realizó según indica los días de rotura.

Figura 23

Resistencia a la compresión con incorporación de fibras de Mucílago de Nopal (210kg/cm²) – a/c: 0.65



Nota. Adaptado de la tesis “Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido”

Cherre y Romáin (2019). “Influencia de las cenizas de rastrojo de maíz sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de $f'c=210\text{kg/c m}^2$ ”

- a) Porcentajes de cenizas de bagazo de caña de azúcar
 - Patrón: 0%
 - Diseño 1: 3%
 - Diseño 2: 5%
 - Diseño 3: 8%
- b) Diseño Patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ se utilizó cemento Tipo-MS en cantidad de 386.80 kg, Agregado grueso (piedra chancada de $\frac{1}{2}$ ”) 841.26 kg, Agregado Fino 819.31 kg y agua 216 kg. (a/c= 0.5)
- c) Para el diseño 1 con 3% de cenizas de rastrojo de maíz se utilizó cemento 375.19 kg, Agregado grueso (piedra chancada de $\frac{1}{2}$ ”) 842.52 kg, Agregado Fino 820.54 kg, 3% de cenizas de rastrojo de maíz 11.60 kg y agua 226.21 kg (a/c= 0.6)
- d) Para el diseño 2 con 5% de cenizas de rastrojo de maíz se utilizó cemento 367.460 kg, Agregado grueso (piedra chancada de $\frac{1}{2}$ ”) 842.520 kg, Agregado fino 820.540 kg, 5% de Cenizas de rastrojo de maíz 19.340 kg y agua 226.310 kg (a/c= 0.62)

- e) Para el diseño 3 con 8% de cenizas de rastrojo de maíz se utilizó cemento 255.856 kg, Agregado grueso (piedra chancada de ½”) 842.520 kg, Agregado fino 820.540 kg, 8% de Cenizas de rastrojo de maíz 30.944 kg y agua 226.310 kg (a/c=0,64)
- f) Los ensayos de resistencia a la compresión de las probetas en análisis se realizaron para las edades de 7, 14, y 28 días de iniciado el curado. Para el ensayo de resistencia a la compresión uniaxial del concreto se siguieron los siguientes pasos, teniendo como base lo establecido en la N.T.P 339.034. (Ver tabla 26 y figura 24)

Tabla 26

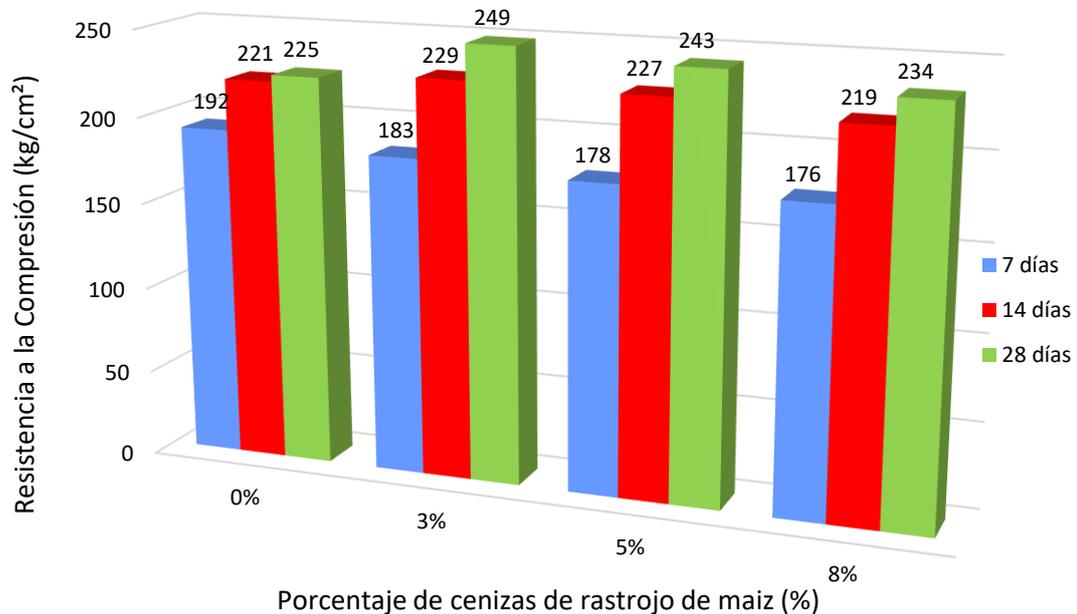
Resistencia a la compresión con Adición de cenizas de rastrojo de maíz $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Días	Dosis (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
7	0	192
7	3	183
7	5	178
7	8	176
14	0	221
14	3	229
14	5	227
14	8	219
28	0	225
28	3	249
28	5	243
28	8	234

Nota. El ensayo de resistencia a la compresión se realizó según indica los días de rotura.

Figura 24

Resistencia a la compresión con incorporación de cenizas de Rastrojo de Maíz
 $f'c=210\text{kg/cm}^2$



Nota. Adaptado de la tesis “Influencia de las cenizas de rastrojo de maíz sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de $f'c=210\text{kg/c m}^2$ ”

5.1.2. Analizando la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla para incrementar la resistencia a la flexión del concreto

Se desarrolló una tabla de autores con resistencia a la flexión mencionadas en cada una de sus investigaciones y relación de agua / cemento (ver tabla 27).

Tabla 27

Tabla de autores para resistencia a la flexión

Autor	Título	$f'c$ (kg/cm ²)	% de fibras	a/c
Carlos, Jorge.	“Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cascara de arroz y fibras de palmera”	210 y 280	5%, 10%, 15% y 20%	-

Solano, Noel.	“Control de fisuras por contracción plástica mediante productos naturales tipo fibra de maguey, Huancayo – 2021”	280	0,5%, 1,0% y 1,5%	0,466
Salas, Kevin.	“Influencia de la adición de fibra de zanahoria en las propiedades mecánicas del concreto, Juliaca-Puno 2021”	210	0,3%, 0,6% y 0,9%	0,68
Chávez, Y. y Coasaca, B.	“Control de fisuras con fibras de Chillihua (<i>Festuca dolichophylla</i>), en losas de concreto simple y su influencia en sus propiedades mecánicas”	210	0,1%, 0,5% y 1,0%	0,558

Nota. Resumen general de los autores con sus respectivas investigaciones y porcentaje de fibras a usar. Fuente propia.

Carlos, Jorge (2023) “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cascara de arroz y fibras de palmera”

- a) Porcentajes de ceniza de cáscara de arroz
 - Patrón 0%
 - Adición de fibra 1: 5%
 - Adición de fibra 2: 10%
 - Adición de fibra 3: 15%
 - Adición de fibra 4: 20%
- b) Para el diseño del concreto patrón se utilizó agregados finos y gruesos de la región Lambayeque y cemento de la marca comercial Qhua Tipo I. (Ver dosificación en tabla 28)
- c) Se utilizó $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ensayados con la incorporación de fibras de ceniza de cáscara de arroz para los 7, 14 y 28 días. (Ver tabla 29 y 30)
- d) Ensayos de resistencia a la flexión la normativa: N.T.P.339.078 y ASTM C78. (Ver figura 25 y 26)

Tabla 28

Dosificación

CP (kg/cm ²)	CCA	FP
210 y 280	5%	0,75%

10%	1,50%
15%	2,25%
20%	3,00%

Nota. CP: Concreto Patrón; FP: (Fibras de palmera); CCA: (Cenizas de cascara de arroz)

Tabla 29

Resistencia a la flexión - ceniza de cáscara de arroz ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$)

Edad (Días)	Dosis (%)	Resistencia a la flexión (kg/cm^2)
7		41,85
14	0	47,19
28		53,87
7		42,16
14	5	47,55
28		54,68
7		38,31
14	10	47,19
28		52,1
7		33,47
14	15	46,54
28		49,98
7		36,33
14	20	44,79
28		48,4

Nota. Adaptado de la tesis “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cascara de arroz y fibras de palmera”

Tabla 30

Resistencia a la flexión - ceniza de cáscara de arroz ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

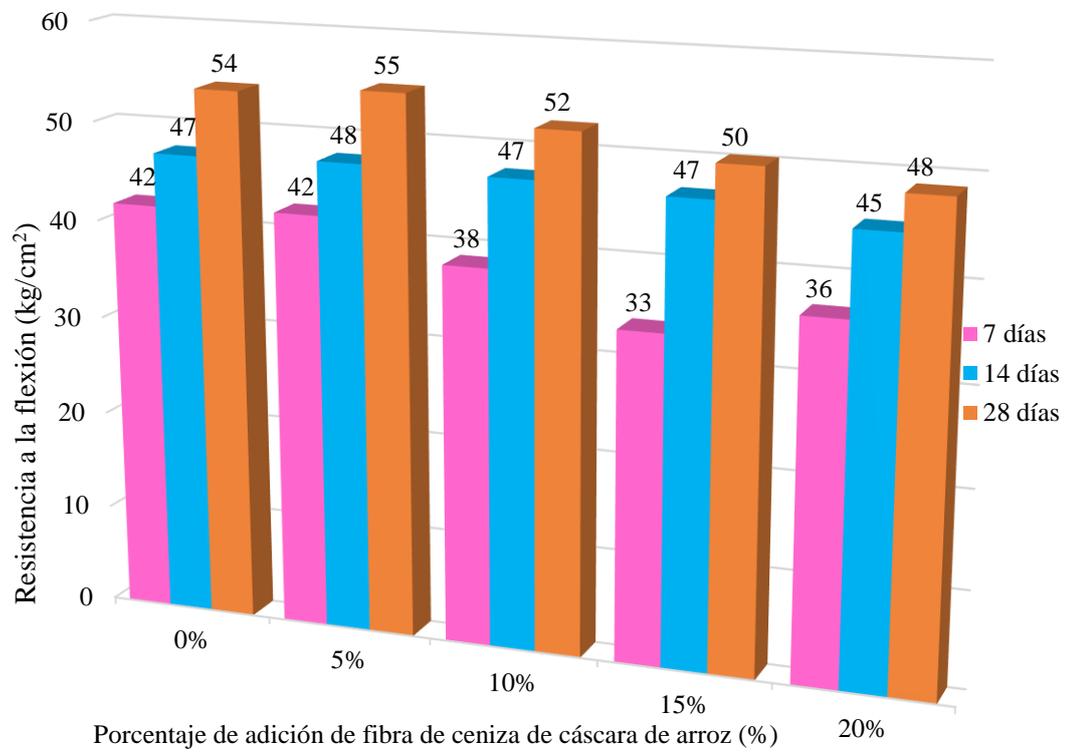
Edad (Días)	Dosis (%)	Resistencia a la flexión (kg/cm^2)
7	0	36,4

14		41,9
28		46,92
<hr/>		
7		37,69
14	5	43,15
28		47,98
<hr/>		
7		34,07
14	10	42,85
28		44,9
<hr/>		
7		31,91
14	15	34,81
28		42,53
<hr/>		
7		35,09
14	20	37,85
28		40,68

Nota. Adaptado de la tesis “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cascara de arroz y fibras de palmera”

Figura 25

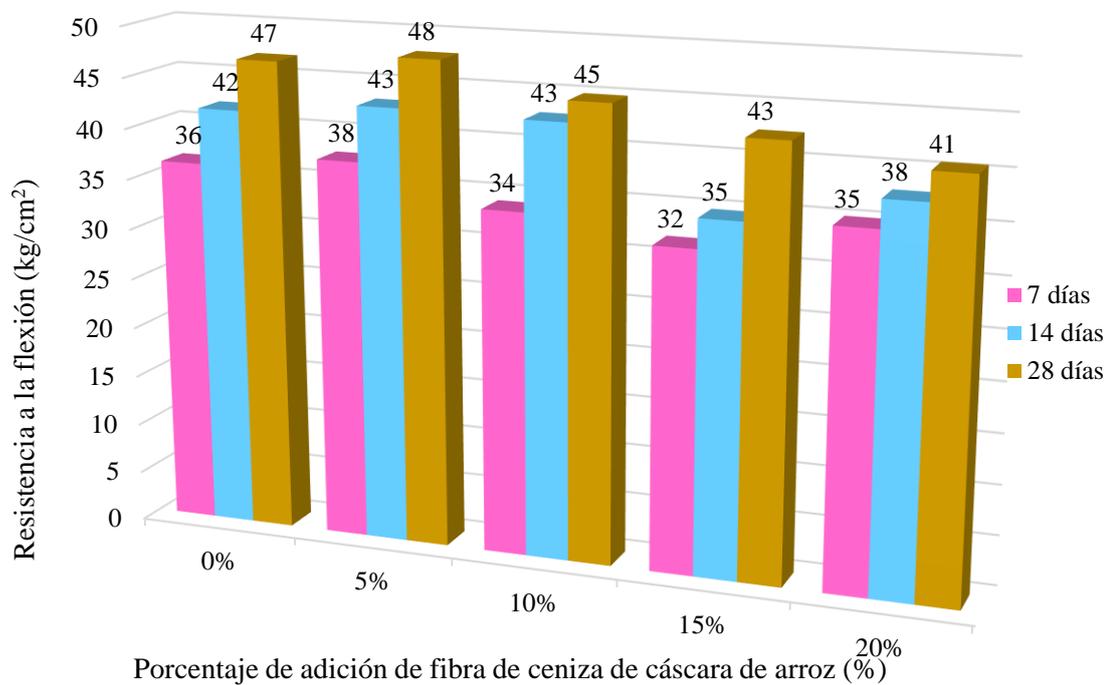
Resistencia a la flexión del concreto patrón e incorporación de ceniza de cáscara de arroz ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$)



Nota. El grafico corresponde a la tabla 29

Figura 26

Resistencia a la flexión del concreto patrón e incorporación de ceniza de cáscara de arroz ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)



Nota. El grafico corresponde a la tabla 30

Solano, Noel (2022) Control de fisuras por contracción plástica mediante productos naturales tipo fibra de maguey, Huancayo – 2021

- La investigación determinó incorporar dosis en el concreto de 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5%.
- El cemento usado fue de Portland Andino Tipo I.
- El diseño se realizó por el método de fineza para una resistencia de 280 kg/cm^2 .
- La relación a/c del diseño fue de 0.466.
- Se evaluaron 12 unidades de moldes de concreto en forma de viga de los ensayos de resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días. (Ver tabla 31 y figura 27)

Tabla 31

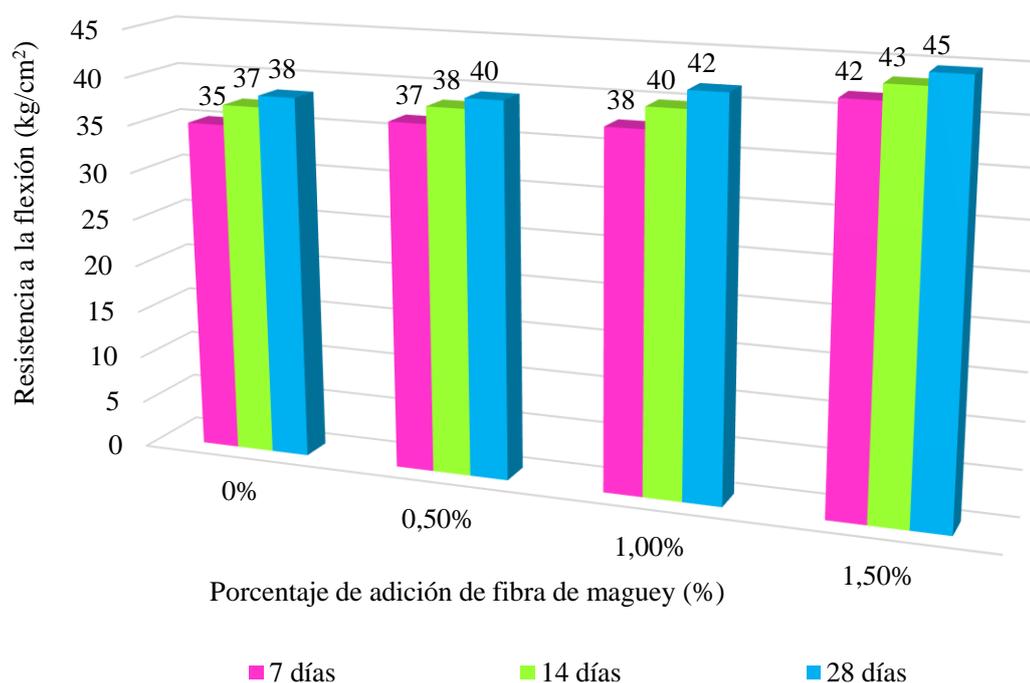
Resultados resistencia a la flexión (kg/cm^2)

Nota. La dosificación de la muestra está en proporción a un m^3 de concreto

Edad	Concreto Patrón (kg/cm ²)	Dosis 0,5% (kg/cm ²)	Dosis 1,0% (kg/cm ²)	Dosis 1,5% (kg/cm ²)
7 días	35,1	36,67	37,62	41,78
14 días	37,21	38,46	39,85	43,38
28 días	38,42	39,55	41,69	44,66

Figura 27

Diagrama de barras de los resultados de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto (kg/cm²) – a/c = 0.466



Nota. Adaptado de la tesis “Control de fisuras por contracción plástica mediante productos naturales tipo fibra de maguey, Huancayo – 2021

Salas, Kevin (2021) “Influencia de la adición de fibra de zanahoria en las propiedades mecánicas del concreto, Juliaca-Puno 2021”

- Porcentajes de fibras de zanahoria: 0% (Concreto patrón), 0.3%, 0.6% y 0.9%.
- Aplicaron las normas ASTM.C-39, ASTM.C-496 y ASTM.C-293 determinar las muestras.
- Para las proporciones de las dosificaciones (Ver tabla 32) se tomó como referencia al cemento, además de haber hecho un diseño de mezcla según el ACI 211.
- Ensayos de resistencia a la flexión se emplearon 12 probetas tipo vigas prismáticas de 15 x 15 x 50 cm con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días. (Ver tabla 33 y figura 28)

Tabla 32*Dosificación de fibras de zanahoria en porcentajes del peso del cemento*

Porcentajes de adición de Fibras de Zanahoria (%)	Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua	Fibra de zanahoria
0%	372,73	908,31	813,42	188,71	-
0,30%	372,73	908,31	813,42	188,71	1,12
0,60%	372,73	908,31	813,42	188,71	1,24
0,90%	372,73	908,31	813,42	188,71	3,35

Nota. Extraído de la tesis “Control de fisuras por contracción plástica mediante productos naturales tipo fibra de maguey, Huancayo – 2021”

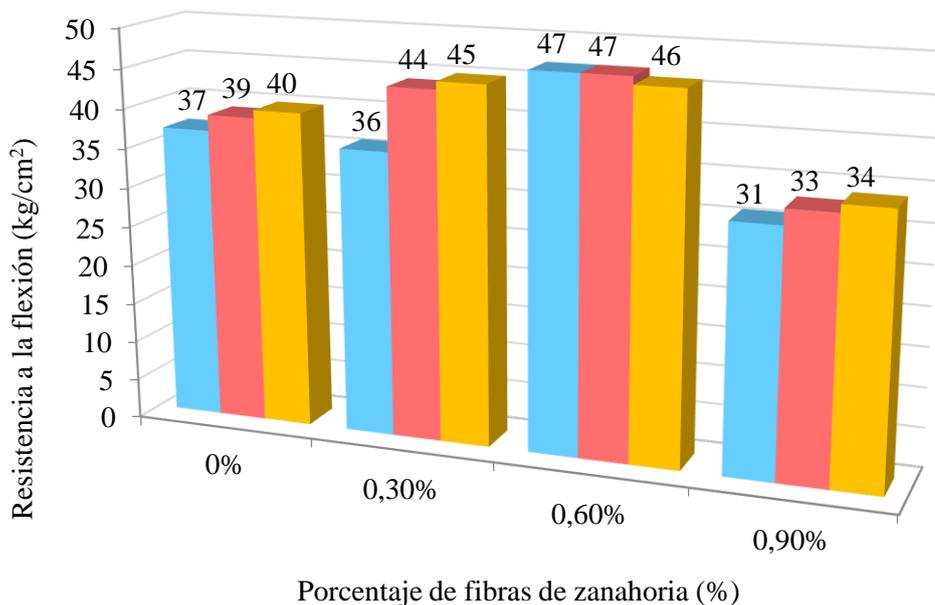
Tabla 33*Resultados de ensayos de resistencia a la flexión ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)*

% fibra de zanahoria	Módulo de rotura a 28 días (kg/cm^2)
	37
0	39
	40
	36
0,3	44
	45
	47
0,6	47
	46
	31
0,9	33
	34

Nota. Resultados dados a la edad de 28 días de curado con adición de fibra de zanahoria

Figura 28

Comparación de resistencia a flexión a los 28 días de curado (kg/cm^2) – $a/c = 0.68$



Nota: Para muestras tipo vigas prismáticas, probetas patrón y probetas con adición de fibra de zanahoria

Chávez, Y. y Coasaca, B (2018) “Control de fisuras con fibras de Chillihua (*Festuca dolichophylla*), en losas de concreto simple y su influencia en sus propiedades mecánicas”

- a) Los porcentajes de fibras de chillihua fueron de 0.1%, 0.5% y 1.0% para fibras de longitudes de 2.5 cm y 5 cm. (Ver tabla 34 y 35)
- b) Trabajaron dos tipos de diseño para $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y $f'c = 175 \text{ kg}/\text{cm}^2$ según el ACI 211. (Ver figura 29).
- c) $f'c 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ la relación agua/cemento = 0.558.

Tabla 34

Análisis estadístico de la resistencia a la flexo-tracción del concreto patrón – 2.5 cm de fibra de chillihua

Dosis de incorporación de fibras de chillihua (%)	Resistencia a la flexión (kg/cm^2)
0,0	49,38
0,1	56,24
0,5	60,23
1,0	59,35

Nota. La resistencia a la flexo-tracción se ensayó a los 28 días

Tabla 35

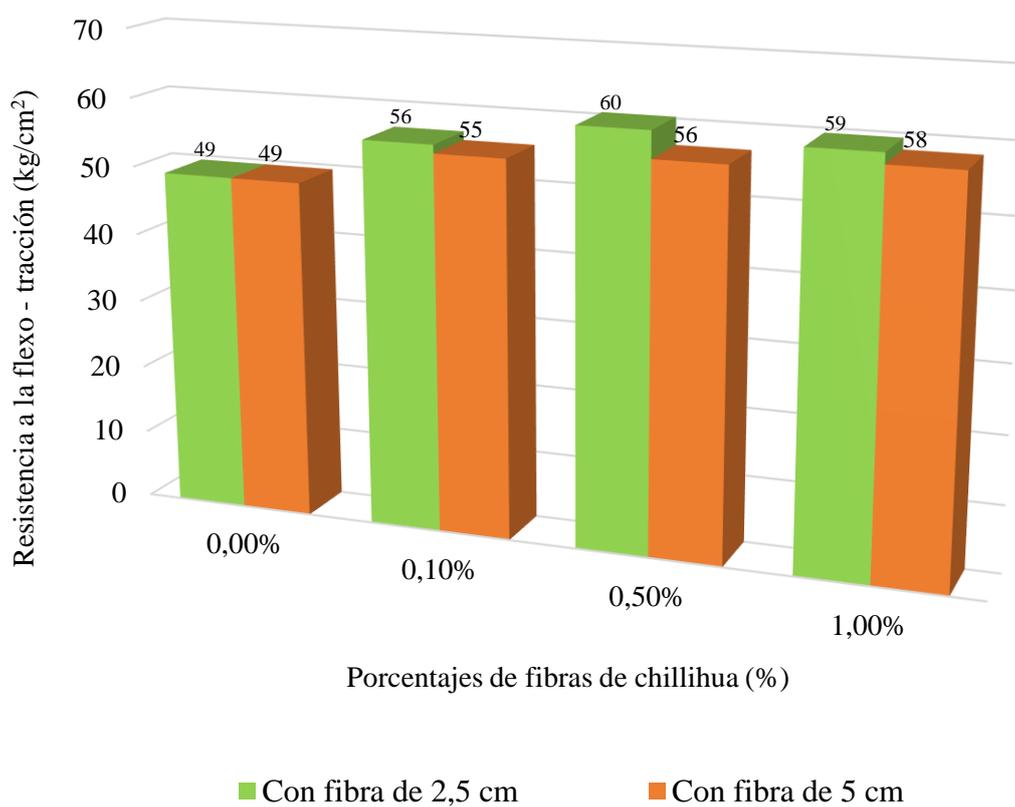
Análisis estadístico de la resistencia a la flexo-tracción del concreto patrón – 5 cm de fibra de chillihua

Dosis de adición de fibras de chillihua	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
0,0%	49,38
0,1%	55,01
0,5%	56,35
1,0%	57,77

Nota. La resistencia a la flexo-tracción se ensayó a los 28 días

Figura 29

Resistencia a la flexo – tracción (kg/cm²)



Nota. El ensayo a la flexo-tracción tiene similitud al ensayo a la flexión

5.1.3. Determinar los porcentajes de fibras naturales para reducir la absorción por capilaridad del concreto

Masaco (2018) “Mortero de cemento y refuerzo de fibra vegetal de cabuya”

- a) Porcentajes (%) de fibras de cabuya
 - Patrón: 0%
 - Diseño1: 0.5%
 - Diseño2: 1.25%
 - Diseño3: 2%
- b) Normativa UNE 1925: 1999 y la UNE 772-11:2001 “Determinación de la absorción de agua por capilaridad”
- c) Ensayo absorción de agua por capilaridad: En este ensayo se determina el coeficiente de capilaridad, mide la capacidad que tiene el mortero de absorber agua a través del tiempo. El procedimiento consiste en secar las probetas a 60°C o 65°C, para registrar su peso seco y medir el área de superficie que va a estar en contacto con el agua. La probeta se coloca en un soporte con el fin de que no haga contacto con el fondo del recipiente. Se registra su peso en función del tiempo, con intervalos de 1, 3, 5, 10, 15, 20 y 40 min. (Ver tabla 36 y figura 30)
- d) Dosificación para el diseño con 0.5% de fibra
 - Relación agua/cemento: 0.485
 - Cemento (g): 201
 - Arena (g): 600
 - Agua (cm³): 97.47
 - Fibra (0.5%): 4.5
- e) Dosificación para el diseño con 1.25% de fibra
 - Relación agua/cemento: 0.485
 - Cemento (g): 201
 - Arena (g): 600
 - Agua (cm³): 97.47
 - Fibra (0.5%): 11.22
- f) Dosificación para el diseño con 2% de fibra
 - Relación agua/cemento: 0.485
 - Cemento (g): 201
 - Arena (g): 600
 - Agua (cm³): 97.47

- Fibra (0.5%): 16.8

Tabla 36

Coefficiente de Absorción Capilar a los 28 días - Fibra de Cabuya

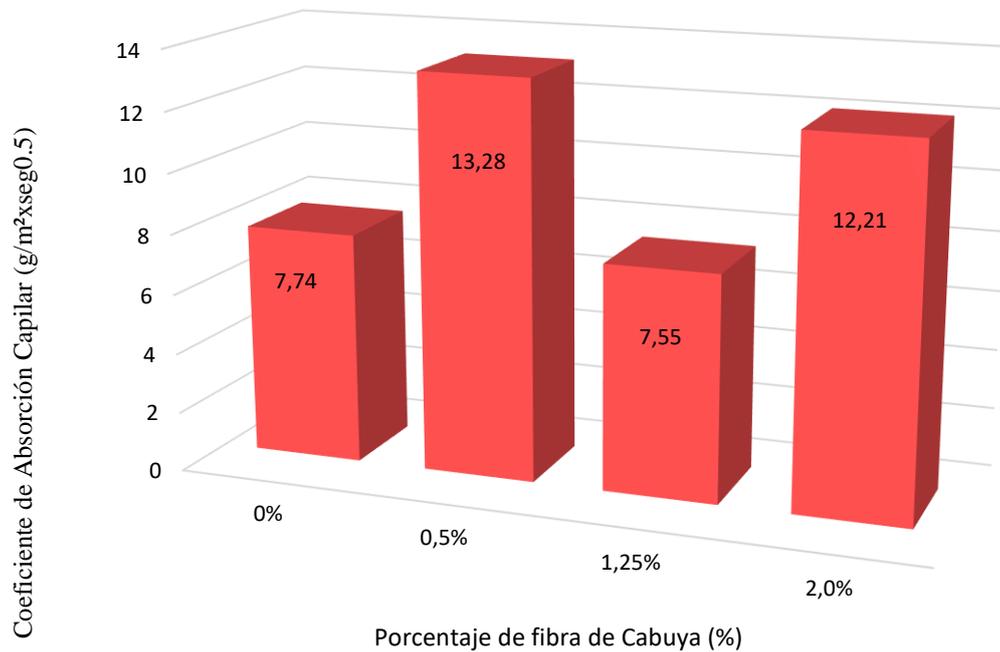
(%) Adición de Cabuya	Coefficiente de absorción capilar ($\text{g}/\text{m}^2 \times \text{seg}^{0.5}$)
0	7.74
0.50	13.28
1.25	7.55
2.00	12.21

Nota. Adaptado de la tesis “Mortero de cemento y refuerzo de fibra vegetal de cabuya”

- Porcentajes (%) de fibras de cabuya” (p. 35)

Figura 30

Ensayo absorción de capilaridad a los 28 días – Fibra de Cabuya



Nota. Representación gráfica de la tabla 36

Aburto et al (2018) “Influencia del aloe-vera sobre la resistencia a la compresión, infiltración, absorción capilar, tiempo de fraguado y asentamiento en un concreto estructural”

a) Porcentajes (%) de fibras de aloe vera y dosificación que se explica en la tabla 37.

- Patrón: 0%
- Diseño1: 1%
- Diseño2: 2%
- Diseño3: 3%
- Diseño4: 4%
- Diseño5: 5%
- Diseño6: 6%

Tabla 37

Cantidad de los materiales en base a 18 kg

Material	Peso	Unidad
Cemento	2.95	
Piedra	8,15	
Arena	5,09	
Agua	1.81	
Fibra de Aloe Vera 0%	0.00	
Fibra de Aloe Vera 1%	0.18	kg
Fibra de Aloe Vera 2%	0.36	
Fibra de Aloe Vera 3%	0.54	
Fibra de Aloe Vera 4%	0.72	
Fibra de Aloe Vera 5%	0.90	
Fibra de Aloe Vera 6%	1.08	

Nota. Cantidad de materiales para el diseño patrón y el proporcional con adición de fibras.

b) Ensayo de Absorción Capilar: Cada probeta fue secada en el horno durante 24 horas.

Una de las caras de cada probeta fue sumergidas 3 mm en un depósito con agua durante 60 segundos, luego la probeta fue secada parcialmente usando una franela e inmediatamente se registró su nuevo peso, del mismo modo el tiempo transcurrido. La metodología se repitió hasta que la diferencia de pesos sucesivos no supere al 1%.

Se determinó así el coeficiente de absorción capilar como se ve en la tabla 38 y su grafico se detalla en la figura 31

Tabla 38

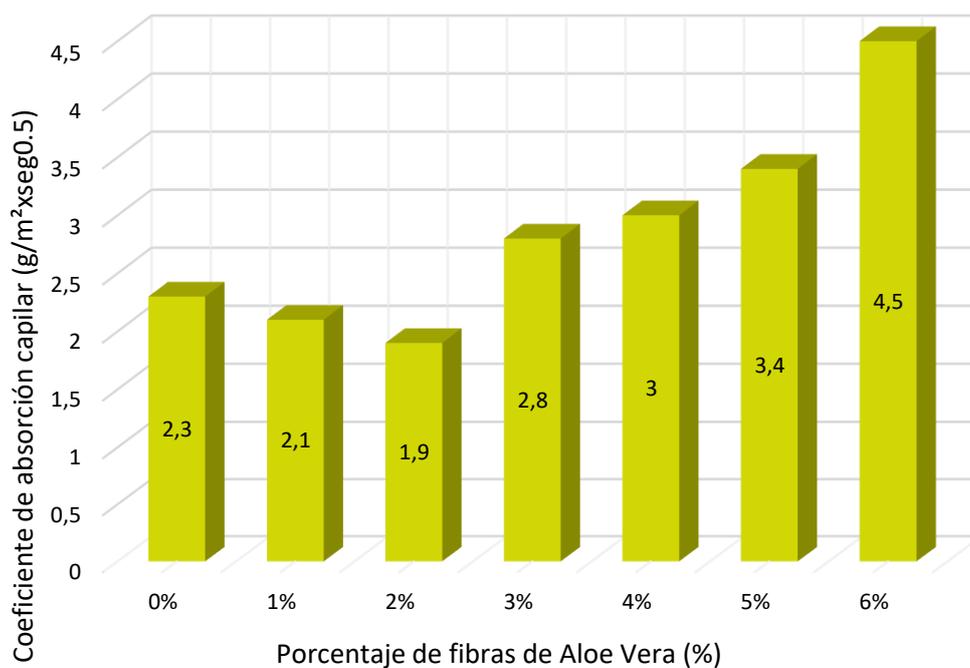
Coefficiente de Absorción Capilar – Fibra de Aloe Vera (210kg/cm²)

(%) Adición de Aloe Vera	Coefficiente de absorción capilar (g/ m ² xseg ^{0.5})
0	2.3
1	2.1
2	1.9
3	2.8
4	3.0
5	3.4
6	4.5

Nota. Adaptado de la tesis “Influencia del aloe-vera sobre la resistencia a la compresión, infiltración, absorción capilar, tiempo de fraguado y asentamiento en un concreto estructural” (p. 67)

Figura 31

Coefficiente de Absorción Capilar – Fibra de Aloe Vera (210kg/cm²)



Nota. Representación gráfica de los resultados de la tabla 38

5.1.4. Determinar la relación a/c/fibra para incrementar la durabilidad del concreto

En la tabla 39 se señalan algunos autores cuyas investigaciones tratan sobre la durabilidad en términos de la resistencia a la compresión.

Tabla 39

Tabla de autores para durabilidad

Autor	Título	f ^c (kg/cm ²)	% de fibras	a/c
Chachi, Z.	“Análisis de la resistencia a la compresión de un concreto f ^c =210 kg/cm ² sustituyendo parcialmente el cemento portland por cenizas de rastrojo de maíz”	210	5%, 7,5% y 10%	0,68
Amasifuen, R y Romero, J.	“Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, San Martín – 2020”	350	1%, 6% y 9%	0,5
Cárdenas, E. y Escobar, H.	“Mejoramiento de la resistencia a la compresión del concreto simple adicionando cascarilla de arroz, distrito de San Hilarión – Región San Martín”	210	2%, 4% y 6%	0,52
Flores, C.	“Resistencia del mortero sustituyendo en un 10% y 15% del peso del cemento por cenizas de rastrojo de maíz”	210	10% y 15%	0,518

Nota. Resumen general de los autores con sus respectivas investigaciones y porcentaje de fibras a usar. Fuente propia

Chachi, Z (2019) “Análisis de la resistencia a la compresión de un concreto f^c=210 kg/cm² sustituyendo parcialmente el cemento portland por cenizas de rastrojo de maíz”

- a) Los ensayos se realizaron con incorporación de 0%, 5%, 7.5% y 10% de cenizas de rastrojo de maíz.
- b) El diseño de mezcla por el método del American Concrete Institute 211 de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- c) Relación a/c = 0.68.
- d) Los ensayos se realizaron a las edades de 7, 14 y 28 días de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, según la NTP.339.034. (Ver tabla 41)
- e) Los especímenes para los ensayos consistieron en 36 probetas circulares de 30 cm de altura por 15 cm de diámetro a diferentes edades para determinar la resistencia óptima.
- f) Dosificación para 3 probetas por proporción de la adición de fibra de rastrojo de maíz (Tabla 40 y figura 32)

Tabla 40

Resultado del conjunto de material para una probeta por cada dosificación

Materiales	Unid.	Porcentajes de adición de cenizas de rastrojo de maíz			
		0%	5%	7,50%	10%
Fibra	kg	0	0,1014	0,1521	0,2028
Cemento portland	kg	2,028	1,927	1,876	1,825
Agua	lt	1,083	1,083	1,083	1,083
Arena	kg	5,65	5,65	5,65	5,65
Piedra	kg	5,927	5,927	5,927	5,927

Nota. Adaptado de Chachi, 2019, p. 78.

Tabla 41

Resistencias a la compresión (kg/cm^2) - ensayos a las edades de 7, 14 y 28 días

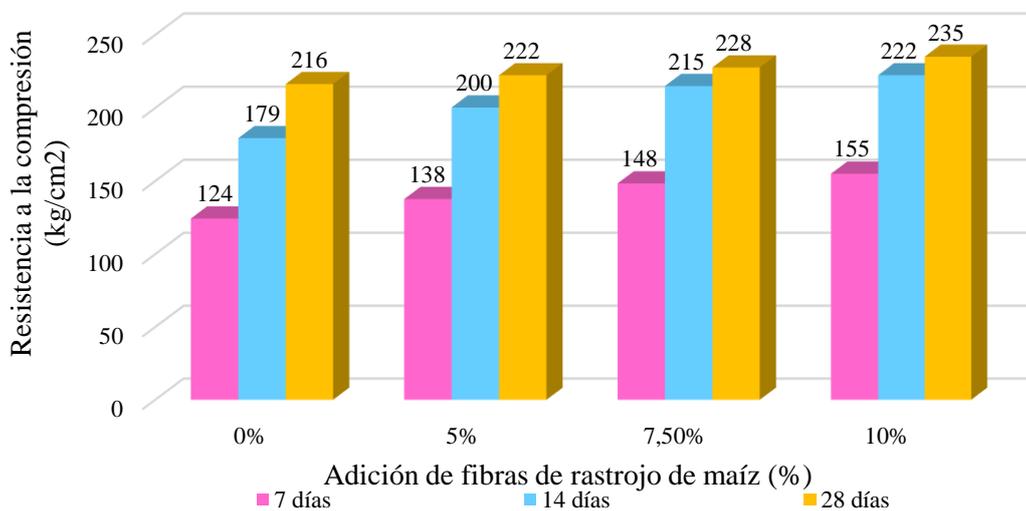
Edad (Días)	Porcentaje de adicción de ceniza de rastrojo de maíz (%)	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm^2)
7	0	124,33
	5	137,67
	7,5	148,33
	10	155,00
14	0	179,33
	5	200,30

	7,5	215,00
	10	222,33
	0	216,33
28	5	222,33
	7,5	227,66
	10	235,00

Nota. Adaptado de Chachi, 2019, p. 78.

Figura 32

Resistencia a la compresión con incorporación de rastrojo de maíz al 0%, 5%, 7.5% y 10% a la edad de 7 días



Nota. Representación gráfica de la tabla 41

Amasifuen, R y Romero, J (2020) “Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, San Martín – 2020”.

- La incorporación de fibras de cáscara de coco y cascarilla de arroz fueron en partes iguales siendo los porcentajes: 1%, 6% y 9%. (Ver figura 33)
- Se evaluaron 36 probetas según los ensayos de las normas ASTM.C-33-83, ASTM.C-128, ASTM.C- 128, ASTM.D-2216, ASTM.C-29, ASTM.C-127 y la NTP.E.060. (Ver tabla 42)
- En el diseño según el ACI 211 se optó por un $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y la proporción a/c del diseño fue $a/c = 0.5$.

Tabla 42

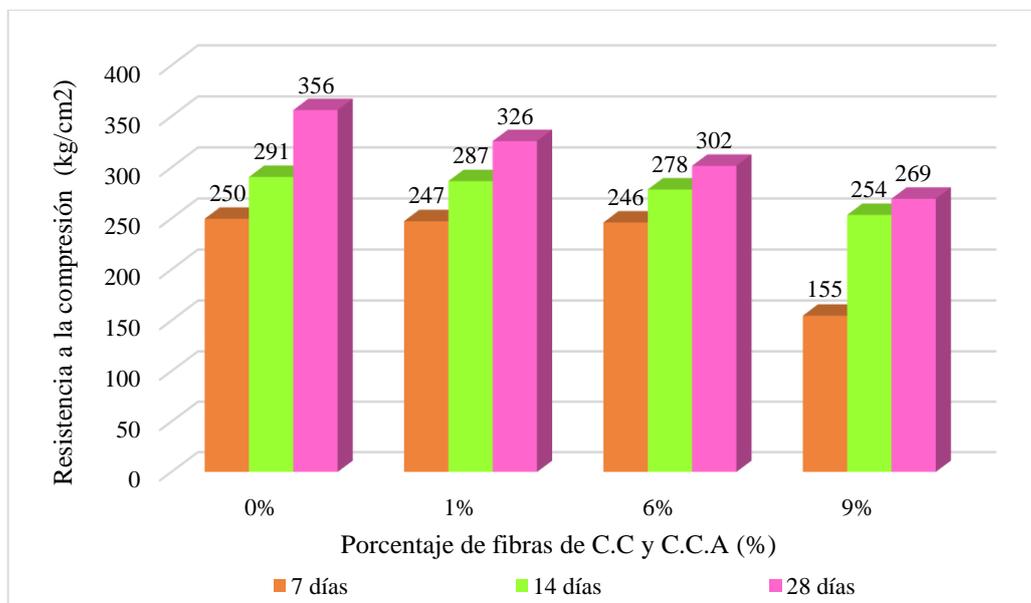
Rotura de testigos de concreto con incorporación de cenizas de coco y cascarilla de arroz

Edad	Incorporación de fibras			
	0%	1%	6%	9%
7 días	249,67	247,30	246,07	154,77
14 días	290,63	286,57	278,37	253,50
28 días	356,20	325,77	301,53	269,30

Nota. Siendo C.C ceniza de coco y C.C.A ceniza de cáscara de arroz

Figura 33

Resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días (kg/cm²) – a/c =0.5.



Nota. Siendo C.C ceniza de coco y C.C.A ceniza de cáscara de arroz

Cárdenas, E. y Escobar, H. (2022) “Mejoramiento de la resistencia a la compresión del hormigón simple adicionando cascarilla de arroz, distrito de San Hilarión – Región San Martín”

a) Utilizaron un diseño de hormigón de 210 kg/cm² ensayadas a 7, 14, 21 y 28 días incorporaron 2%, 4% y 6% de cascarilla de arroz al diseño patrón. (Ver tabla 43 y figura 34)

b) Para el ensayo del diseño de mezcla se utilizó piedra chancada de ½” – ¾” proveniente del río Huallaga.

c) Se empleó el diseño ACI comité 613 con relación el peso de 1:1.9:2.4 y a/c = 0.520.

Tabla 43

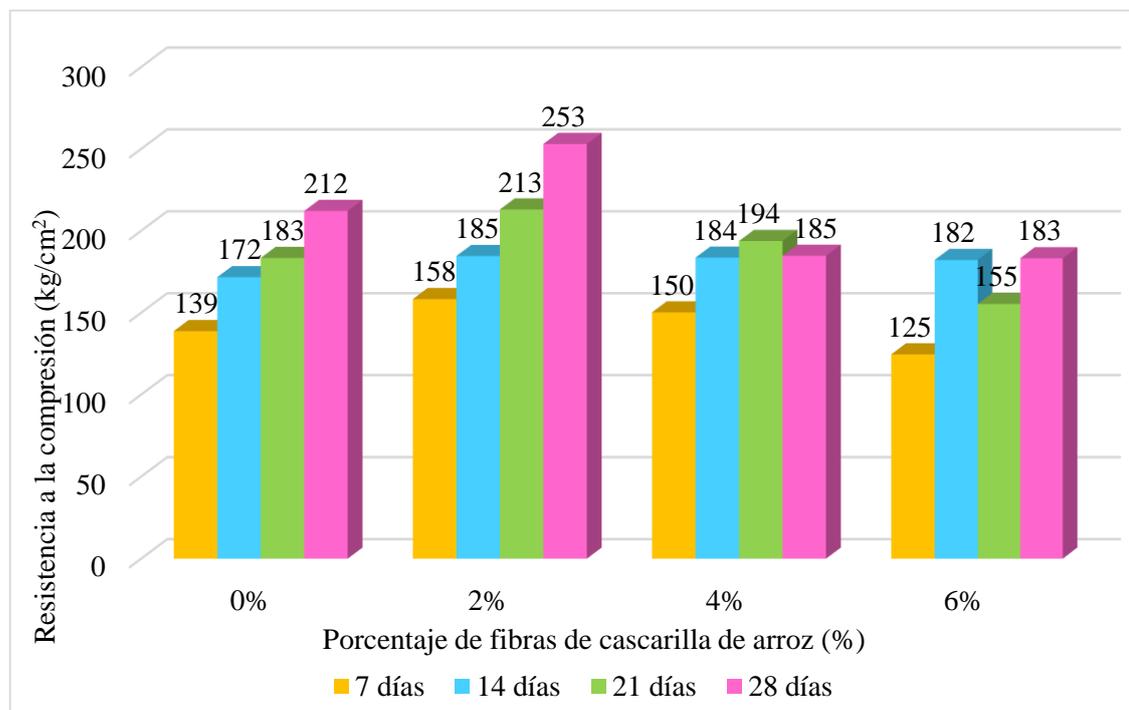
Resistencia a la compresión promedio del hormigón con incorporación de fibras de cascarilla de arroz (kg/cm²)

Porcentaje de adición de fibras de cascarilla de arroz (%)	Edad de los ensayos de resistencia a la compresión (kg/cm ²)			
	7 días	14 días	21 días	28 días
0%	138,77	171,67	183,43	212,13
2%	158,33	184,6	213,03	252,97
4%	150,2	183,6	193,77	184,73
6%	124,57	182,2	155,33	183,23

Nota. Adaptado de la tesis “Mejoramiento de la resistencia a la compresión del hormigón simple adicionando cascarilla de arroz, distrito de San Hilarión – Región San Martín”

Figura 34

Resistencia a la compresión a la edad de 7, 14, 21 y 28 días con incorporación del 2%, 4% y 6% de cascarilla de arroz (kg/cm²)



Nota. Representación gráfica de la tabla 43

Flores, C. (2018) “Resistencia del mortero sustituyendo en un 10% y 15% del peso del cemento por cenizas de rastrojo de maíz”.

- a) El ensayo de esta investigación se realizó en 3 grupos de control constituida por 27 probetas:
- Grupo 1: Probetas sin incorporación del cemento por las fibras de rastrojo de maíz.
 - Grupo 2: Probetas con relevo del cemento por 10% de fibra de rastrojo de maíz.
 - Grupo 3: Probetas con relevo del cemento por 15% de fibra de rastrojo de maíz.
- b) El diseño se cumplió bajo la N.T.P. 334.051 para las edades de 3, 7 y 28 días. (Ver figura 35)
- c) La fibra se obtuvo de la provincia de Santa. Luego de su obtención se procedió con un lavado para eliminar materiales que alteren diseño.
- d) La fibra que se utilizó fueron las cenizas del rastrojo de maíz la cual pasó por un proceso de pre quemado para así poder eliminar la materia orgánica del material para luego triturarlo y así mitigar la contaminación y por último pasar por un tamizado en la malla N° 200.
- e) Los componentes de la relación agua/cemento. (Ver tabla 44 y 45)

Tabla 44

Relación a/c

Porcentaje de sustitución del cemento (%)	Cemento (g)	Fibra natural (g)	Arena (g)	Agua (g)	a/c
0	250	-	687,5	121	0,485
10	255	25	687,5	131,3	0,525
15	212,5	37,5	687,5	129,4	0,518

Nota. Adaptado de Flores, 2018, p. 43.

- f) La proporción agua/cemento para el porcentaje óptimo fue de 0.518.

Tabla 45

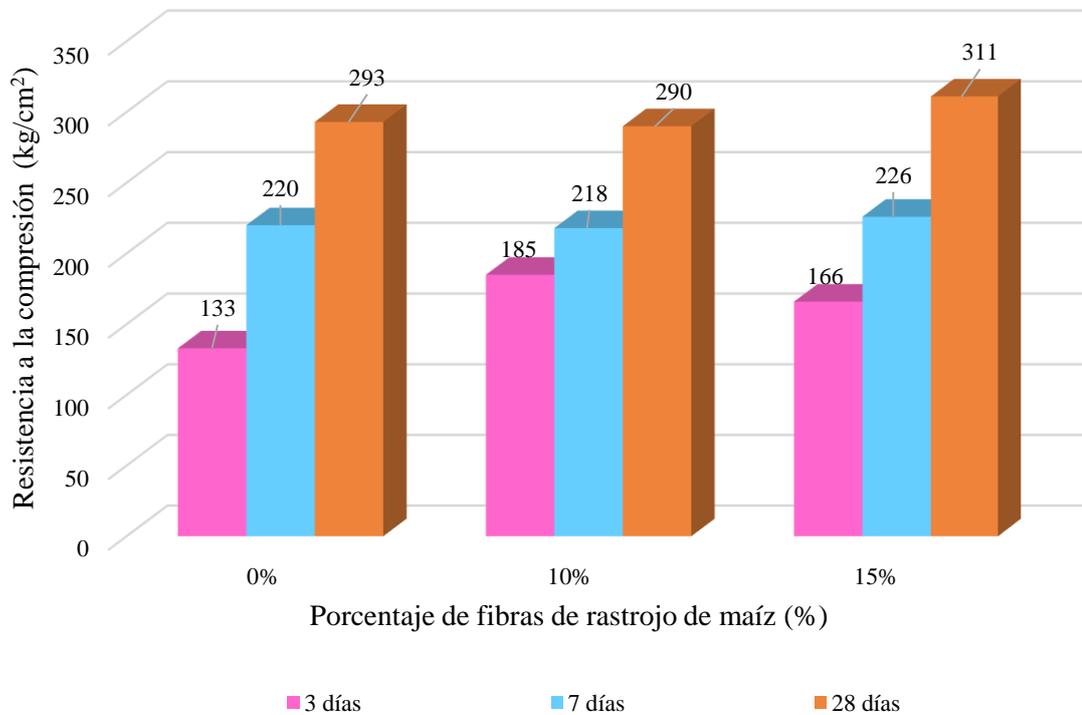
Resultados de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm²)

Edad (días)	Patrón (kg/cm ²)	Patrón + 10% de C.R.M (kg/cm ²)	Patrón + 15% de C.R.M (kg/cm ²)
3	133	185	166
7	220	218	226
28	293	290	311

Nota. Siendo C.R.M, ceniza de rastrojo de maíz

Figura 35

Resistencia a la compresión promedio para los porcentajes de 0%, 10% y 15% respecto a las edades (kg/cm^2)



Nota. Representación gráfica de la tabla 45

5.2. Análisis de resultados y contrastación de la hipótesis

5.2.1. Contrastación de la primera hipótesis

Hipótesis 1: Al determinar los porcentajes de fibras naturales aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

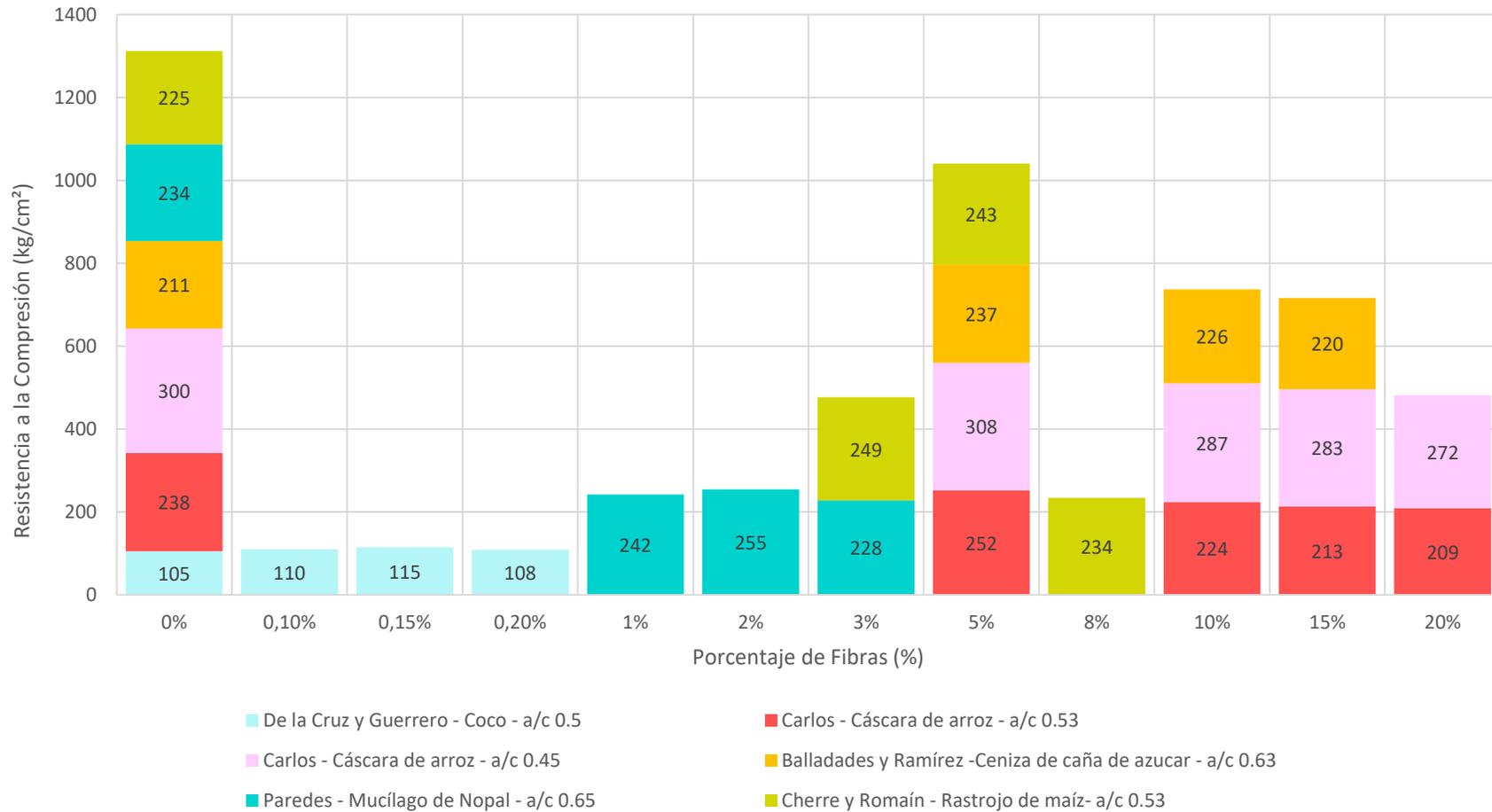
Hipótesis auxiliar:

H_0 : Al determinar el porcentaje de fibras naturales no aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

H_1 : Al determinar el porcentaje de fibras naturales si aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

Figura 36

Resistencia a la compresión de los hormigones con incorporación de fibras naturales a los 28 días



Nota. El porcentaje del 0% de fibras naturales respecta al concreto patrón, el diseño sin incorporación de fibras naturales.

En la figura 36 se observa que los autores De la Cruz y Guerrero muestran que el porcentaje óptimo de fibra de coco se encuentra con la incorporación del 0.15%, relación 0.5 de agua/cemento y una resistencia a la compresión de 115 kg/cm² alcanzando una mejora del 9.52% con relación al diseño patrón.

Carlos determino que la adición óptima de fibra de cáscara de arroz es del 5% obteniendo el resultado de resistencia a la compresión 252 kg/cm² con 0.45 agua/cemento logra una mejora del 5.88% y con 0.53 de agua/cemento el porcentaje óptimo de fibra también es el 5% obteniendo una resistencia a la compresión del 308 kg/cm² alcanzó una mejora del 2.67% respecto al diseño patrón.

Balladares y Ramírez usaron la fibra de cenizas de bagazo de caña de azúcar alcanzó el porcentaje más favorable la adición del 5% con una resistencia a la compresión de 237 kg/cm² alcanzando una mejora del 12.32% respecto al diseño patrón.

Paredes estudio la fibra de mucílago de nopal, en la que observó el porcentaje más optimo es al 2% con una proporción agua/cemento de 0.65 alcanzo la resistencia a la compresión del 255 kg/cm² respecto al diseño patrón con una mejora del 8.97%

Cherre y Romáin observaron que el porcentaje óptimo de las cenizas de rastrojo de maíz es al 3% alcanzando una resistencia a la compresión de 249 kg/cm² con una mejora del 10.67% respecto al diseño patrón.

Por lo tanto, podríamos afirmar que al agregar fibras naturales de 2% al 5% a la mezcla mejoraría la resistencia a la compresión del concreto.

Se rechaza: la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) ya que como se demuestra en la figura 30 con la incorporación de fibras naturales mejora la resistencia a la compresión.

5.2.2. Contrastación de la segunda hipótesis

En base a informes y artículos para determinar la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla, se llegaron a las siguientes hipótesis:

Hipótesis 2: Al determinar la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla incrementa la resistencia a la flexión.

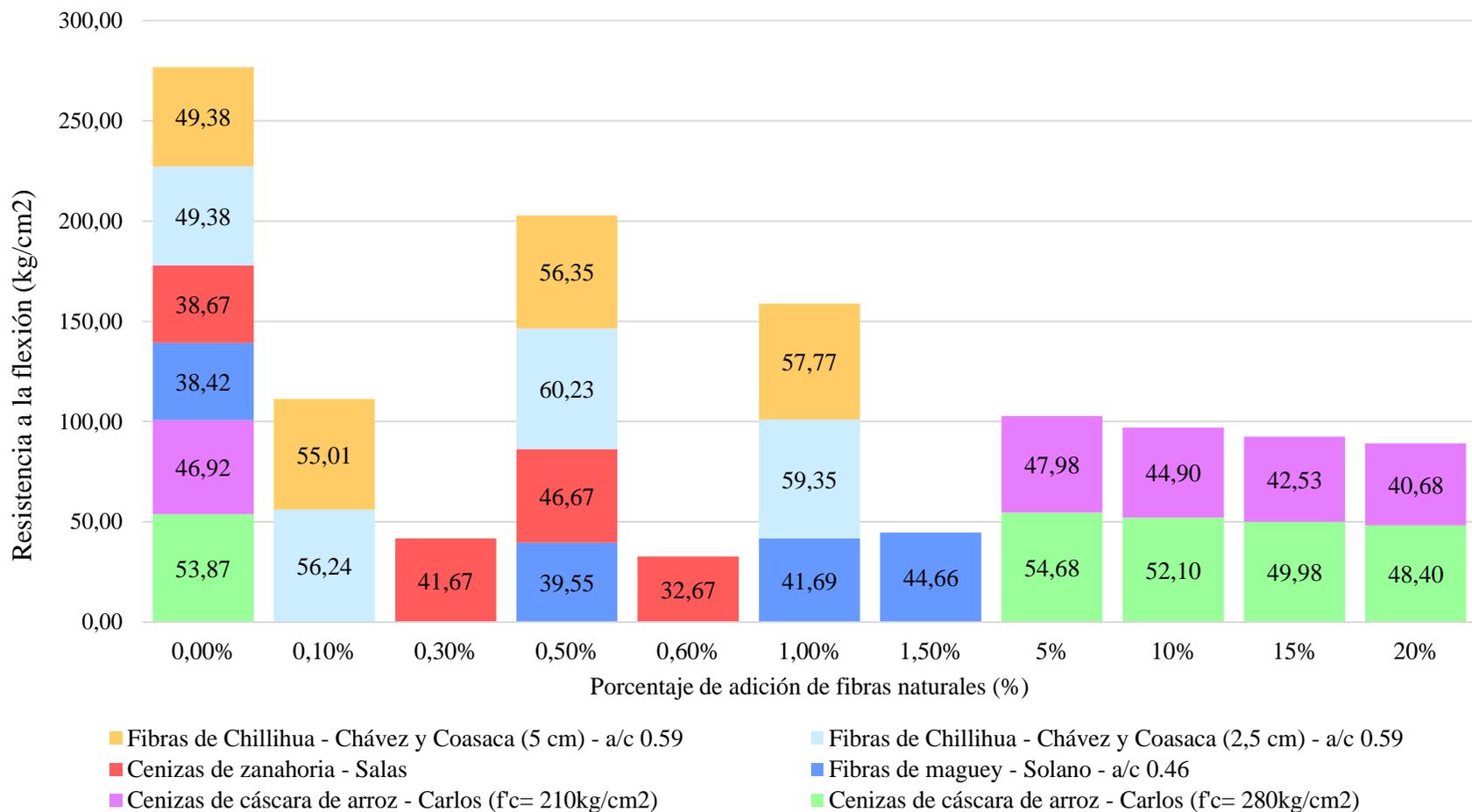
Hipótesis auxiliar

H_0 : Al determinar la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla no incrementa la resistencia a la flexión.

H_1 : Al determinar la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla sí incrementa la resistencia a la flexión.

Figura 37

Resistencia a la flexión de los hormigones con incorporación de fibras naturales a los 28 días (kg/cm²)



Nota. El porcentaje del 0% de fibras naturales respecta al concreto patrón, el diseño sin incorporación de fibras naturales.

En la figura 37 se observan resultados de resistencia a la flexión de las diferentes investigaciones. Carlos demostró que el porcentaje óptimo de fibras de cáscara de arroz para un concreto patrón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ fue del 5% con una resistencia a la flexión de 47.98 kg/cm^2 alcanzado una mejora del 2.26% respecto al concreto patrón. Para un concreto patrón de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ fue del 5% con una resistencia a la flexión de 54.68 kg/cm^2 alcanzado una mejora del 1.50% respecto al concreto patrón.

Solano mostró que la resistencia a la flexión a los 28 días más favorable para la fibra de maguey fue de 44.66 kg/cm^2 para un porcentaje óptimo de 1.50% de fibra, teniendo un incremento de mejora del 16.24% respecto al diseño patrón.

Salas determinó que la resistencia a la flexión para la incorporación de fibras de zanahoria, obteniendo que la más favorable fue de 46.67 kg/cm^2 teniendo un acrecentamiento del 20.69% respecto al diseño patrón, usando el porcentaje óptimo de fibra de zanahoria al 0.5%.

Chávez y Coasaca estudiaron la incorporación de fibra de chillihua con longitudes de 2.5 cm y 5 cm. Para la fibra de longitud de 2.5 cm nos dicen que el incremento respecto al concreto patrón fue de 21.97% obteniendo una resistencia a la flexión de 60.23 kg/cm^2 para una adición óptima de fibra de chillihua del 0.5%. Para la fibra con 5 cm de longitud el incremento respecto al concreto patrón fue de 16.99% obteniendo una resistencia a la flexión de 57.77 kg/cm^2 para una incorporación óptima de fibra de chillihua del 1.0%.

Por lo tanto podemos afirmar que al agregar fibras naturales de 0.5% al 5% a la mezcla mejoraría la resistencia a la flexión del concreto.

Aceptamos la hipótesis alterna H_1 debido a que al determinar la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla incrementa la resistencia a la flexión.

5.2.3. Contrastación de la tercera hipótesis

Con los artículos expuestos en los análisis de resultados para la contrastación a la tercera hipótesis. (ver figura 38)

Hipótesis 3: Al terminar los porcentajes de fibras naturales se reduce la absorción por capilaridad del concreto.

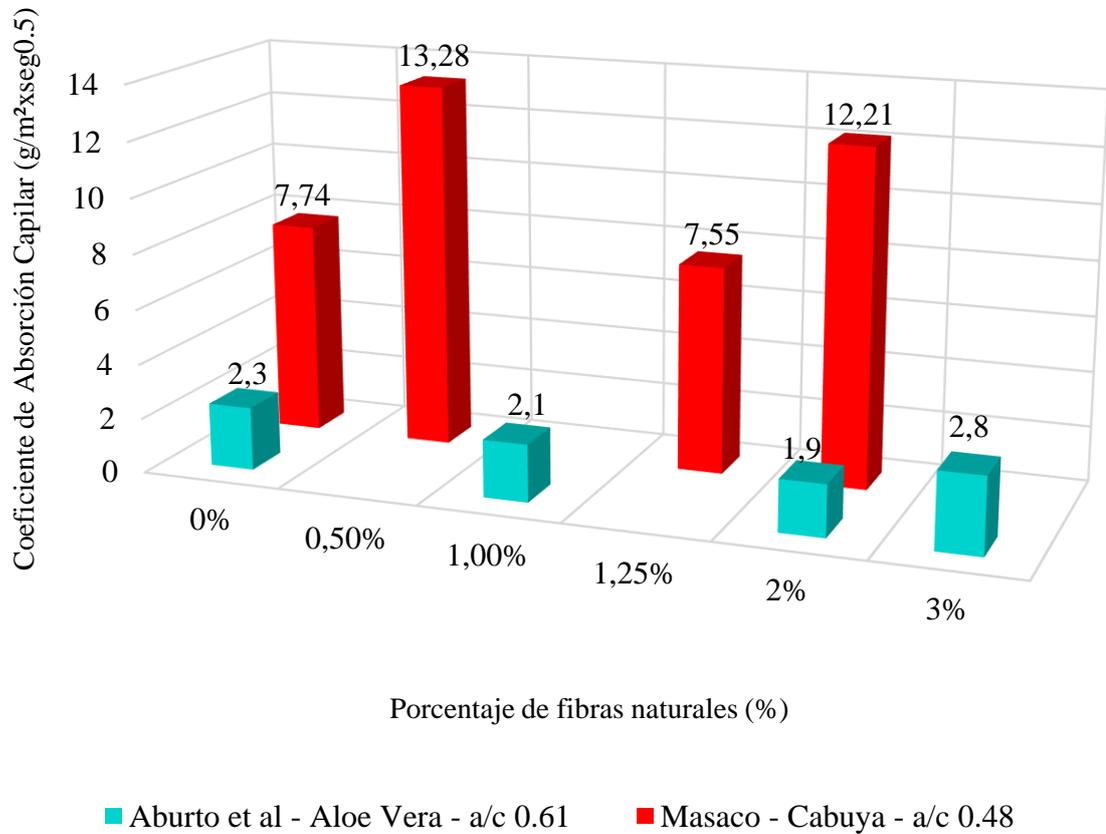
Hipótesis auxiliar

H_0 : Al terminar los porcentajes de fibras naturales si reduce la absorción por capilaridad del concreto.

H_1 : Al terminar los porcentajes de fibras naturales no reduce la absorción por capilaridad del concreto.

Figura 38

Permeabilidad de los hormigones con incorporación de fibras naturales



Nota. El ensayo de permeabilidad se trabajó mediante el ensayo de Coeficiente de Absorción Capilar

Aburto et al determinó que la absorción capilar se optimizó al 2% de fibra de Aloe vera de 2.3 a 1.9 ($\text{g/m}^2 \times \text{seg}^{0.5}$) en comparación con la muestra patrón, con una disminución del 17.39%.

Masaco trabajo la permeabilidad con la incorporación de la fibra de cabuya donde determinó que el 1.25% de fibra obtiene una reducción del 7.74 al 7.55 ($\text{g/m}^2 \times \text{seg}^{0.5}$) en comparación con la muestra patrón, con una disminución del 2.45%.

Por lo tanto, podríamos afirmar que al agregar fibras naturales del 1.25% al 2% a la mezcla reduciría la permeabilidad del diseño del concreto, en términos de absorción capilar.

Se acepta la hipótesis alterna H_1 debido a que en la figura 38 demuestra que al determinar la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla reduce su permeabilidad.

5.2.4. *Contrastación de la cuarta hipótesis*

Con los artículos expuestos en los análisis de resultados para la contrastación a la cuarta hipótesis:

Hipótesis 4: Al determinar la relación a/c/fibra se incrementa la durabilidad del concreto.

Hipótesis auxiliar:

H₀: Al determinar la relación a/c/fibra en el diseño de mezcla no incrementa la durabilidad del concreto.

H₁: Al determinar la relación a/c/fibra en el diseño de mezcla sí incrementa la durabilidad del concreto.

En la primera investigación (Chachi, Z., 2019) se realizó ensayos a compresión de incorporación de cenizas de rastrojos de maíz. Se determinó que con la adición del 10% de la fibra se obtienen mejores resultados con una mejora del 8.63% respecto al concreto patrón (216.33 kg/cm²) incrementando su resistencia y por ende su durabilidad a 235 kg/cm².

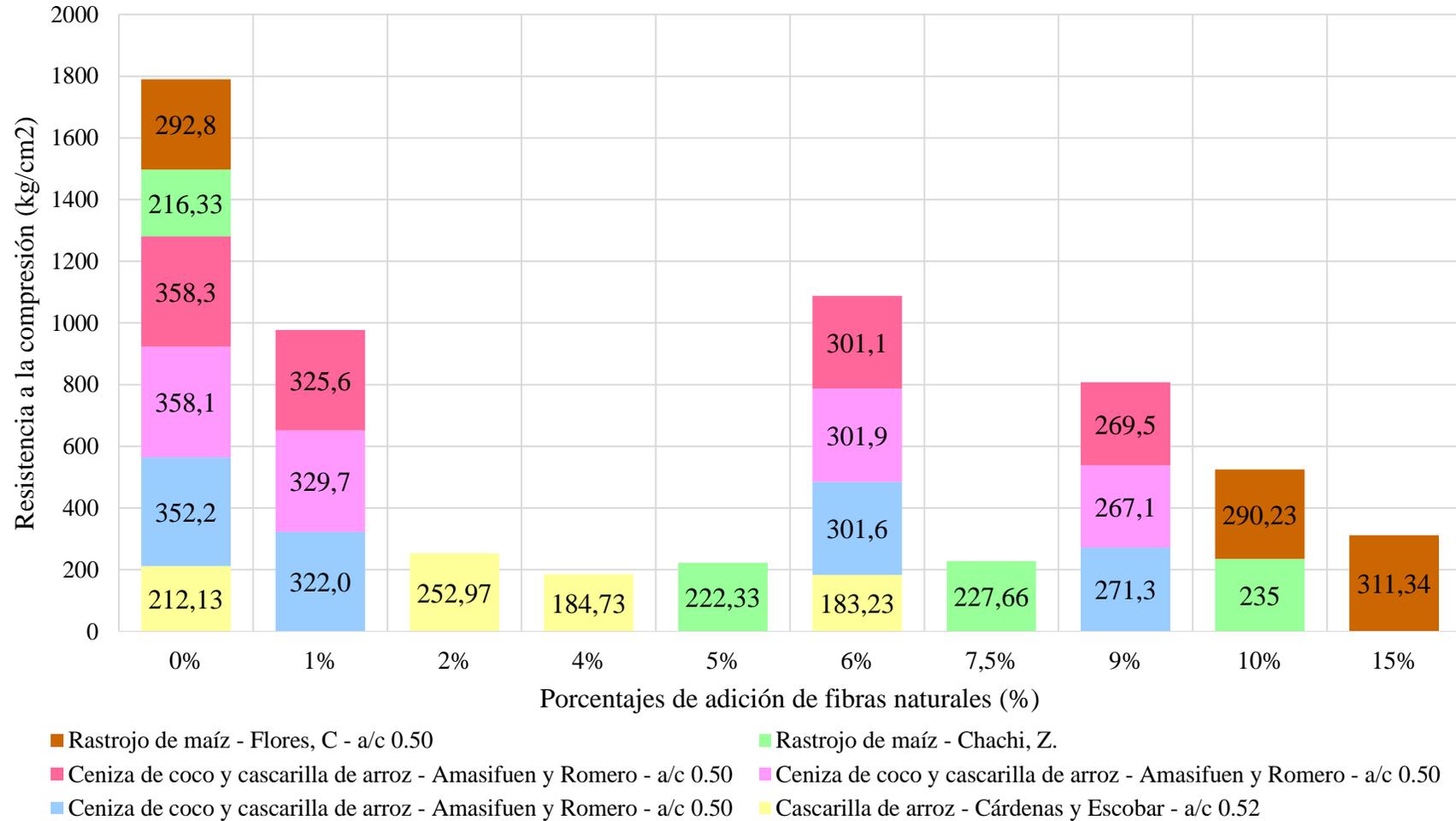
En la segunda investigación (Amasifuen, R. y Romero, J; 2020) realizaron ensayos con adición de ceniza de coco y cascarilla de arroz. Los resultados de sus ensayos mostraron que no incrementa la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón. El porcentaje óptimo para el estudio fue de 1% din superar la durabilidad del 0% de fibras. La tercera investigación (Cárdenas, E. y Escobar, H., 2022) estudiaron la fibra de cascarilla de arroz alcanzar un porcentaje óptimo de adición de fibras del 2% con una mejora de 252.97 kg/cm² respecto a 212.13 kg/cm² del concreto patrón con un porcentaje de mejora del 19.25%.

En la cuarta investigación (Flores, C, 2018) se realizaron ensayos para la fibra de rastrojo de maíz, el porcentaje optimo es de 15% con una resistencia de 311.34 kg/cm² con un porcentaje de mejora del 6.33% respecto al concreto patrón.

En el análisis según la figura 39 para el caso incorporación de ceniza de coco y cascarilla de arroz para Amasifuen y Romero se acepta la hipótesis alterna (H₀) puesto que al determinar la relación a/c/fibra en el diseño de mezcla no incrementa la durabilidad del concreto. Para las otras fibras se acepta la hipótesis alterna (H₁) dado que si incrementa la durabilidad del concreto.

Figura 39

Resistencia a la compresión con incorporación de fibras naturales respecto al diseño del concreto patrón los 28 días (kg/cm²)



Nota. El porcentaje del 0% de fibras naturales respecta al concreto patrón, el diseño sin incorporación de fibras naturales.

DISCUSIÓN

Según los diversos resultados del ensayo de resistencia a compresión se logró contrastar la primera hipótesis donde el 5% de cenizas de bagazo de caña de azúcar con una relación agua/cemento 0.53 alcanza una mejora del 12.32%, la fibra de mucilago de nopal al 2% alcanza una mejora del 8.97% respecto al diseño patrón a medida que se le sigue adicionando fibras naturales el concreto pierde resistencia a la compresión.

Con los resultados de los diferentes ensayos para resistencia a la flexión se logró contrastar la hipótesis 2 obteniendo que las fibras naturales de zanahoria y chillihua tuvieron los porcentajes óptimos en la mejora de la resistencia a la flexión para la adición de 0.5% de la fibra natural para ambos casos; respecto a la fibra natural de chillihua la adición óptima fue con la fibra de longitud de 2.5 cm con una mejora de 21.97%, y para la fibra de zanahoria una mejora de 20.69%, además al agregarle mayor porcentaje de las fibras naturales la resistencia a la flexión decrece.

Según los resultados de los ensayos de absorción capilar de acuerdo con los artículos que tienen como autores Masaco y Aburto et al se logró contrastar la hipótesis 3 en la cual el rango óptimo de fibras naturales es no mayor al 2% teniendo una reducción en la permeabilidad hasta un 17.39% respecto a la muestra patrón a medida que se le sigue incorporando fibras naturales el concreto pierde manejabilidad.

Los resultados de la comparación de fibras naturales para incrementar la durabilidad van en un rango de 2% de adición teniendo un aumento de la durabilidad a los 28 días, obteniendo así una resistencia óptima de 252.97 kg/cm² para la fibra de cascarilla de arroz con respecto a la muestra patrón con una mejora del 19.25%. Por lo tanto, la durabilidad aumenta en los casos evaluados dependiendo del tipo de adición de fibra con el porcentaje óptimo.

CONCLUSIONES

1. La resistencia a la compresión alcanzada fue de 237 kg/cm² se incrementó 12.32% con el porcentaje óptimo de adición del 5% de cenizas de bagazo de caña de azúcar (Figura 36). Para la resistencia a la flexión el porcentaje óptimo de adición fue de 0.5% de fibras naturales de zanahoria y chillihua, teniendo una mejora de 20.69% y 21.97% respectivamente (Figura 37). La permeabilidad disminuyó 17.39% en términos de absorción capilar con 1.9 g/m²xseg^{0.5} con el porcentaje óptimo del 2% de fibra de aloe vera (Figura 38). La durabilidad aumentó respecto al concreto patrón con el porcentaje óptimo del 2% de fibra de cascarilla de arroz con una mejora del 19.25% respecto al concreto patrón (Figura 39). Por lo tanto, el uso de fibras naturales como sustitución parcial del cemento mejoran las propiedades físico-mecánicas del concreto dado su buena adherencia en los materiales generando además sustentabilidad en el sector construcción.
2. Los análisis de resultados mostrados por los cinco autores concluyeron que el porcentaje óptimo de fibras naturales para mejorar la resistencia a la compresión es de 2% al 5% con una relación agua/cemento no menor de 0.5 ni mayor de 0.65, logrando las cenizas de bagazo de caña de azúcar el mayor porcentaje de mejora con el 5% de fibra y una relación agua/cemento 0.65 mejoró un 12.32% respecto al diseño patrón (Figura 36). A medida que se le sigue incrementando fibras naturales el concreto comienza a perder resistencia a la compresión.
3. Los análisis de resultados nos permitieron saber que el porcentaje óptimo para incrementar la resistencia a la flexión según los 4 autores (Figura 37) es de 0.5% para la fibra de zanahoria y de chillihua con un porcentaje de mejora respecto a la muestra patrón de 20.69 % y 21.97% respectivamente, dado que la fibra natural aumenta la adherencia de los materiales logrando reducir las fisuras.
4. Los análisis de resultados ensayados por Masaco y Abuerto et al determinaron (Figura 38) que las fibras naturales aportan manejabilidad y reducen la permeabilidad de la mezcla con un porcentaje de fibras naturales no mayor al 2% alcanza una reducción de hasta el 17.39% respecto al diseño patrón, se trabajaron con el ensayo de capilaridad para las fibras de cabuya y aloe vera.

5. En el análisis de la durabilidad del concreto se compararon tres tipos de fibras: Rastrojo de maíz, ceniza de coco y cascarilla de arroz (Figura 39). Para la fibra de rastrojo de maíz para el primer autor se incrementa la resistencia en un 8.63% con una adición óptima de 10% de la fibra, para el segundo autor utilizando la misma fibra incrementó su durabilidad en un 6.33% para una adición de 15%. Para la fibra de cascarilla de arroz la resistencia aumentó en un 19.25% respecto al concreto patrón con una adición óptima del 2% de la fibra. Por lo tanto, al utilizar la cascarilla de arroz aumenta la durabilidad del concreto respecto a otras fibras dado que las cenizas de cascarilla de arroz desprenden minerales en su proceso de quemado, así mismo este material se constituye de puzolana, lo que aporta que el concreto sea trabajable, resistente y estable.

RECOMENDACIONES

1. En este tipo de diseños es recomendable clasificar todos los componentes que se utilizarán en el concreto con incorporación de fibras naturales, como los agregados, cemento, agua ya que cualquier variación influirán negativamente en los resultados de la investigación.
2. Para la mejora de las fisuras por contracción plástica el uso de fibras naturales es una alternativa de mejora, dado su puente de adherencia a los materiales del concreto dándole propiedades mecánicas óptimas para implementar nuevas tecnologías en el sector construcción.
3. Se recomienda estudiar el diseño concreto con incorporación de fibras celulósicas por ataque químico, por sulfatos, cloruros y por carbonatación, así mismo establecer cómo afecta químicamente estos agentes al hormigón endurecido con el tiempo.
4. Para mejora de los ensayos de durabilidad es recomendable un tamizado de acuerdo con las normas técnicas para que el agregado sea similar al cemento y así se pueda trabajar mejor los ensayos para otras fibras, dado que la sustitución del cemento va a ayudar a mitigar el impacto ambiental.
5. En el país tenemos mucha producción de materias naturales para diferentes ámbitos, pero se podría trabajar más la investigación de estas materias naturales para aplicarlas en el concreto como reemplazo de los agregados y así generar sustentabilidad. Así mismo evaluar el uso de fibras naturales vegetal, animal y mineral con el uso de aditivos que mejoren las propiedades del hormigón en su aplicación para el sector de la construcción.

REFERENCIAS

- Aburto, Z., Alvarado, H., & Vásquez, I. (2019). *Influencia del aloe-vera sobre la resistencia a compresión, infiltración, absorción capilar, tiempo de fraguado y asentamiento en un concreto estructural*. *SCIÉENDO*, 21(2), 105-118. <https://doi.org/10.17268/scienciendo.2018.011>
- Amasifuen, R. & Romero, J. (2021). *Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, San Martín – 2020*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Científica del Perú]. Repositorio institucional de la Universidad Científica del Perú. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1649>
- Amoros, J., Beltran, V., Escardino, A., Orts, M. (1992). Permeabilidad al aire de soportes cocidos de pavimento cerámico. L influencia de las variables de prensado y de la temperatura de cocción. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 31(1), 33-39. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7436502>
- Balcázar, C. (2020). *Caracterización de fibras de Aphandra Natalia para refuerzo de morteros cementicios de edificación*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica de Madrid, España. <https://oa.upm.es/66751/>
- Balladares, J. & Ramírez, Y. (2019). *Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia compresión, Tarapoto 2020*. [Tesis para obtener el título de ingeniera civil, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional Universidad César Vallejo, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/47626>
- Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA) (2023, 15 de marzo). *Cómo la innovación ha cambiado la construcción sostenible*. Sostenibilidad y Banca Responsable BBVA. Consultado el 5 de junio de 2023. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/como-la-innovacion-ha-cambiado-la-construccion-sostenible/>
- Camayo, E. & Iberico, V. (2022). *Fibras celulósicas para mejorar las propiedades físico-mecánicas del hormigón*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional de la Universidad Ricardo Palma, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/5684>

- Cárdenas, E. & Escobar, H. (2022). *Mejoramiento de la resistencia a la compresión del concreto simple adicionando Cascarilla de Arroz, Distrito de San Hilarión - Región San Martín*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio institucional de la Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/9893>
- Carlos, J. (2023). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con el uso de cenizas de cáscara de arroz y fibras de palmera*. [Tesis para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio institucional Universidad Señor de Sipán, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/10674>
- Chachi, Z. (2019). *Análisis de la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² sustituyendo parcialmente el cemento portland por cenizas de rastrojo de maíz*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio institucional de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, Perú. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/723>
- Chavarry Vallejos, C. M., Chavarría Reyes, L. J., Valencia Gutiérrez, A. A., Pereyra Salardi, E., Arieta Padilla, J. P., & Rengifo Salazar, C. A. (2020). Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica. *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 4(31), 31–41. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol4iss31.2020pp31-41>
- Chávez, C., & Coasaca, B. (2018). *Control de fisuras con fibras de Chillihua (Festuca dolichophylla), en losas de concreto simple y su influencia en sus propiedades mecánicas*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Peruana Unión]. Repositorio institucional de la Universidad Peruana Unión, Perú. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1337>
- Cherre, D. & Sandoval, I. (2019). *Influencia de las cenizas de rastrojo de maíz sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de $f'c=210$ kg/cm²*. [Tesis para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio institucional Universidad Nacional de Piura, Perú. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2201>
- De la Cruz, L. & Guerrero, E. (2019). *Adición de fibra de coco en bloques de concreto, para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba, 2019*. [Tesis para obtener el título de ingeniera civil, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional Universidad César Vallejo, Perú.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/49010>

Flores, C. (2018). *Resistencia del mortero sustituyendo en un 10% y 15% del peso del cemento por cenizas de rastrojo de maíz*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad San Pedro]. Repositorio institucional de la Universidad San Pedro, Perú.

<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/10412>

Guevara & Paredes (2020). *Diseño de concreto permeable utilizando bagazo de caña para mejorar el proceso de infiltración de aguas pluviales, Tarapoto. 2020*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo, Perú.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/95404>

Gutiérrez, E. (2007). De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque multidisciplinario. *Trayectorias*, IX (25), 45-60.

<https://www.redalyc.org/pdf/607/60715120006.pdf>

INDECOPI (2009). Norma Técnica Peruana 339.033. HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.

INDECOPI (2012). Norma Técnica Peruana 339.078. CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (2004). *Conceptos Básicos del concreto. Propiedades del concreto* (2da ed.). Instituto mexicano del cemento y del concreto. <http://www.imcyc.com/cyt/julio04/CONCEPTOS.pdf>

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2015). Norma Técnica Peruana 339.034. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

Martín, A. (2020). *Estudio comparativo de fibras naturales para reforzar el hormigón*. [Trabajo final de grado] Repositorio institucional de la Universidad Politécnica de Valencia, España. <https://riunet.upv.es/handle/10251/160345?show=full>

Martínez-Gatica, P., Hans, S. & Araya-Rodríguez, M. (2021). Comportamiento físico y mecánico de elementos no estructurales a base de concreto elaborado con fibra de cáscara de arroz. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(5), Pág. 40-61. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i5.5915>

- Masaco, J. (2019). *Mortero de cemento y refuerzo de fibra vegetal de cabuya*. [Tesis para obtener el título de arquitecto, UTPL]. Repositorio UTPL, Loja, Ecuador. <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/22616>
- Muñoz, F. & Mendoza, C. (2013). La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma española para estructuras de concreto. *Concreto y Cemento. Investigación y Desarrollo*, 4(1), Pág. 63-86 [v4n1a4.pdf](https://scielo.org.mx/v4n1a4.pdf) (scielo.org.mx)
- Navas de García, A., Reyes Gil, RE, & Galván Rico, LE (2015). Impactos ambientales asociados con el proceso de producción del concreto. *Enfoque UTE*, 6 (4),67-80. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=572260849005>
- Paredes, K. (2022). *Influencia de la incorporación del mucílago de nopal en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido*. [Tesis para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio institucional Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/4922>
- Paricaguán, B. & Muñoz, J. (2019). Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar. *Revista Ingeniería UC*, 26(2), Pág. 202-212 <https://www.redalyc.org/journal/707/70760276009/>
- Ramírez, M. (2021). *Morteros de CAC reforzados con fibras vegetales: microestructura, evaluación físico-mecánica y durabilidad para su aplicación en materiales de construcción: ejemplo de pavimento*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña]. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica de Cataluña, España. <http://hdl.handle.net/10803/671503>
- Rendón, A. & Neyra, L. (2020). *Fibras naturales. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, México*. Biodiversidad mexicana. Consultado el 5 de junio de 2023. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/fibras-naturales>
- Salas, K. (2021). *Influencia de la adición de fibra de zanahoria en las propiedades mecánicas del concreto, Juliaca-Puno 2021*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo, Perú. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64423>
- Sánchez, P. (2019). *Resistencia a la compresión en mortero con ceniza de cascara de arroz y fibra de maguey*. [Tesis para obtener el título de ingeniero civil,

- Universidad San Pedro]. Repositorio institucional Universidad San Pedro, Perú.
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12400>
- Sanjuán, M. & Chinchón, S. (2018). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. Publicación de la Universidad de Alicante, España.
<https://core.ac.uk/download/pdf/32322379.pdf>
- SENCICO (2021). Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.060 Concreto Armado. Lima, 15 de enero.
<https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Solano, N. (2022). *Control de fisuras por contracción plástica mediante productos naturales tipo fibra de maguey, Huancayo – 2021*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo, Perú.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91071>
- Valverde, A., Chavarro, D. & Álvarez, A. (2017). Una aproximación al sistema voluntario de certificación de edificios denominado “Bogotá Construcción sostenible”. *Arquitectura y Urbanismo*, XXXVIII (3), Pág. 71-85
<https://www.redalyc.org/pdf/3768/376854676006.pdf>
- Vidaud, I., Frómeta, Z., & Vidaud, E. (2015). Una aproximación a los concretos reforzados con fibras. *Construcción y Tecnología en Concreto*, <https://www.imcyc.com/revistacyt/pdf/julio2015/tecnologia.pdf>
- Viera, P., Morillo, D. & Parion, J. (2022). Influencia de fibras naturales y sintéticas en la permeabilidad de morteros de cemento - arena, y cemento, cal y arena. *FIGEMPLA: Investigación y Desarrollo*, 13(1), Pág. 59-71
<http://portal.amelica.org/ameli/journal/624/6242851007/6242851007.pdf>

ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia

Título: Incorporación de fibras naturales para mejorar las propiedades del concreto desarrollando sustentabilidad en el sector construcción

Problema general	Objetivo general	Hipótesis General	Variable	Indicadores	Instrumentos	Metodología
¿En qué medida la incorporación de fibras naturales influye en las propiedades del concreto desarrollando la sustentabilidad del sector construcción?	Determinar la incorporación de fibras naturales para mejorar las propiedades del concreto desarrollando sustentabilidad del sector construcción	La incorporación de fibras naturales mejora las propiedades del concreto desarrollando sustentabilidad en el sector construcción	VI: Fibras Naturales	Porcentaje de fibras naturales Sustitución parcial del cemento Relación a/c/fibra	Artículos científicos especializados, Tesis, fuentes documentales, fichas técnicas e internet.	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable	Indicadores	Instrumentos	Tipo de investigación: Descriptiva - Documental
a. ¿En qué medida los porcentajes de fibras naturales influyen en la resistencia a la compresión del concreto?	a. Determinar los porcentajes de fibras naturales para incrementar la resistencia a la compresión del concreto	a. Al determinar los porcentajes de fibras naturales aumenta la resistencia a la compresión del concreto		Resistencia a la compresión		Diseño de investigación: Diseño no experimental
b. ¿En qué medida la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla influye en la resistencia a la flexión del concreto?	b. Determinar la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla para incrementar la resistencia a la flexión del concreto	b. Al determinar la sustitución parcial del cemento en el diseño de mezcla incrementa la resistencia a la flexión del concreto	VD: Propiedades del concreto	Resistencia a la flexión	NTP 339.034 NTP 339.035 NTP 339.036 NTP 339.078 ASTM C 39 ASTM C 78 ASTM C 172	Nivel de investigación: Descriptivo Tipo de investigación : Descriptivo/Explicativo
c. ¿En qué medida los porcentajes de fibras naturales influyen en la absorción por capilaridad del concreto?	c. Determinar los porcentajes de fibras naturales para reducir la absorción por capilaridad del concreto.	c. Al determinar los porcentajes de fibras naturales se reduce la absorción por capilaridad del concreto		Absorción por capilaridad		Población y muestra: Recolección de datos de artículos
d. ¿En qué medida la relación a/c/fibra influye en la durabilidad del concreto?	d. Determinar la relación a/c/fibra para incrementar la durabilidad del concreto	d. Al determinar la relación a/c/fibra se incrementa la durabilidad del concreto		Durabilidad		

Nota. Fuente propia.