



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de Mezcla con Fibras de Agave para Mejorar las Propiedades del  
Hormigón

### TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Civil

### AUTOR(ES)

Chocare Lopez, Leonardo  
ORCID: 0000-0002-0185-5241

Muchotrigo Iparraguirre, Melissa Ruth  
ORCID: 0000-0001-6669-4728

### ASESOR

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

**Lima, Perú**

**2023**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos del autor(es)**

Chocare Lopez, Leonardo

DNI: 75334275

Muchotrigo Iparraguirre, Melissa Ruth

DNI: 70484183

### **Datos de asesor**

Chavarría Reyes, Liliana Janet

DNI: 25481792

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

JURADO 2

Huerta Campos, Carlos Alberto

DNI: 09313271

ORCID: 0000-0003-3126-3758

JURADO 3

Delgado Contreras, Genaro Alfredo Jesus

DNI: 06621687

ORCID: 0000-0002-4612-0433

JURADO 4

Carbajal Olortigue, Luis Alberto

DNI: 09160106

ORCID: 76807680

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016



# Diseño de Mezcla con Fibras de Agave para Mejorar las Propiedades del Hormigón

## INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

12%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to Universidad Peruana Los Andes Trabajo del estudiante	1%
5	Arlinton Edwin Cuyán Barboza, Jairo Leoncio Mio Monja, Sócrates Pedro Muñoz Pérez. "Comportamiento Térmico y Estructural del Concreto Expuesto a Altas Temperaturas: Una Revisión de la Literatura", Investigatio, 2021 Publicación	1%
6	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
7	"Estudio del comportamiento de suelos potencialmente expansivos en zonas	1%

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres Leonardo Chocare Gutierrez y Rosa Lopez Zarate por el apoyo continuo en los años de carrera, el esfuerzo increíble que realizaban para poder permitirme crecer como un profesional, inculcándome los valores necesarios para poder afrontar los desafíos de la vida. De igual manera a mis familiares que pudieron acompañarme en este camino y por último a todos mis compañeros universitarios.

Chocare Lopez, Leonardo.

Dedico esta tesis a mis padres quienes siempre estuvieron apoyándome. A mi mamá Ruth Elvira Iparraguirre Calderón por darme siempre su apoyo en todo momento, consejos y ánimos durante todo el transcurso de mi vida. A mi papá Luis Antonio Muchotrigo Galarcep por los tantos consejos que me brindó para poder seguir adelante y no rendirme en esta hermosa carrera. A Dios por ser mi guía durante el transcurso de mi vida.

Muchotrigo Iparraguirre, Melissa Ruth.

## **AGRADECIMIENTO**

A muestra asesora: Mg. Ing. Liliana Janet Chavarría Reyes y a la Mg. Ing. Enriqueta Pereyra Salardi, por su enseñanza, guía, aporte continuo y sus consejos para el presente trabajo de investigación.

Chocare Lopez, Leonardo.

Muchotrigo Iparraguirre, Melissa Ruth.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2 Formulación de la Investigación.....	3
1.2.1 Problema General.....	3
1.2.2 Problemas Específicos.....	3
1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación del Estudio.....	4
1.4.1 Justificación por valor teórico.....	4
1.4.2 Justificación por aplicaciones prácticas.....	4
1.4.3 Justificación por conveniencia.....	4
1.4.4 Justificación por relevancia social.....	5
1.4.5 Justificación por utilidad metodológica.....	5
1.5 Importancia de la Investigación.....	5
1.6 Limitaciones del Estudio.....	6
1.7 Delimitación de la investigación.....	6
1.7.1 Delimitación Geográfica.....	6
1.7.2 Delimitación Temporal.....	6
1.7.3 Delimitación Temática.....	6
1.7.4 Delimitación Muestral.....	6
1.8 Alcance.....	6
1.9 Viabilidad.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Marco Histórico.....	8
2.2 Investigaciones Relacionadas con el Tema.....	9
2.2.1 Investigaciones Nacionales.....	9
2.2.2 Investigaciones Internacionales.....	63
2.2.3 Artículos relacionados con el tema.....	79

2.3 Estructura Teórica y Científica que Sustenta el Estudio.....	150
2.4 Definición de Términos Básicos.....	151
2.4.1 Hormigón.....	151
2.4.2 Cemento Portland.....	151
2.4.3 Agregados.....	151
2.4.4 Agua de Mezclado.....	152
2.4.5 Aditivo.....	152
2.4.6 Slump o Asentamiento.....	152
2.4.7 Resistencia a la compresión.....	152
2.4.8 Resistencia a la Tracción.....	152
2.4.9 Resistencia a la Flexión.....	153
2.4.10 Agave Sisal.....	153
2.4.11 Agave Lechuguilla.....	153
2.4.12 Maguey.....	153
2.4.13 Agave Amarillo o Pita.....	154
2.4.14 Agave Americana L.....	154
2.4.15 Agave Cordillerensis o Cabuya.....	154
2.5 Fundamentos Teóricos que Sustentan la Hipótesis.....	155
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>156</b>
3.1 Hipótesis.....	156
3.1.1 Hipótesis General.....	156
3.1.2 Hipótesis Específicas.....	156
3.2 Variables.....	156
3.2.1 Variable Independiente.....	156
3.2.2 Variable Dependiente.....	156
3.3 Sistema de Variables.....	156
3.3.1 Definición Conceptual.....	156
3.3.2 Definición Operacional.....	157
3.3.3 Operacionalización de Variables.....	158
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....</b>	<b>160</b>
4.1 Método de Investigación.....	160
4.2 Tipo de Investigación.....	160
4.3 Nivel de Investigación.....	160
4.4 Diseño de la Investigación.....	160



4.5 Población y Muestra.....	160
4.5.1 Población.....	160
4.5.2 Muestra.....	161
4.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	161
4.7 Descripción de Procedimientos y Análisis.....	162
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	163
5.1 Resultados de la Investigación.....	163
5.1.1 Resultado de los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la compresión del hormigón.....	163
5.1.2 Resultado de los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la tracción del hormigón.....	169
5.1.3 Resultado de los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la flexión del hormigón.....	177
5.1.4 Resultado de los porcentajes de fibras de agave para mejorar el asentamiento de la mezcla del hormigón.....	186
5.2 Contrastación de Hipótesis.....	193
5.2.1 Contrastación de la Primera Hipótesis.....	193
5.2.2 Contrastación de la Segunda Hipótesis.....	194
5.2.3 Contrastación de la Tercera Hipótesis.....	196
5.2.4 Contrastación de la Cuarta Hipótesis.....	198
DISCUSIÓN.....	201
CONCLUSIONES.....	203
RECOMENDACIONES.....	205
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	209
ANEXOS.....	213
Anexo A: Matriz de Consistencia.....	213
Anexo B: Matriz de Revisión Bibliográfica.....	216
Anexo C: Matriz de Tesis y Artículos Nacionales e Internacionales.....	222
Anexo D: Matriz de Referencia.....	233

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Resumen del Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> para Diferentes Edades, en la Mezcla del Concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> de Relación a/c=0.5502.....	10
Tabla 2	Resumen del Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> para Diferentes Edades, en Mezclas de relación a/c=0.5502 con fibra de agave lechuguilla.....	11
Tabla 3	Resistencia a la Compresión por Edades del Concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> y el Concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> reforzado con Fibra de agave lechuguilla.....	11
Tabla 4	Resultados de la resistencia a compresión de probetas cilíndricas convencionales y con incorporación de fibra de agave lechuguilla al 1%, 3% y 5% a los 7 días. ....	14
Tabla 5	Resultados de la resistencia a compresión de probetas cilíndricas convencionales y con incorporación de fibra de agave lechuguilla al 1%, 3% y 5% a los 14 días. ....	15
Tabla 6	Resultados de la resistencia a compresión de probetas cilíndricas convencionales y con incorporación de fibra de agave lechuguilla al 1%, 3% y 5% a los 28 días. ....	16
Tabla 7	Asentamiento del concreto 175 kg/cm <sup>2</sup> y con incorporación de fibra de agave lechuguilla al 1%, 3% y 5%.....	15
Tabla 8	Slump obtenidos de las mezclas de concreto en laboratorio. ....	17
Tabla 9	Asentamiento del concreto .....	21
Tabla 10	Resistencia a compresión a los 7 días.....	22
Tabla 11	Resistencia a compresión a los 14 días.....	24
Tabla 12	Resistencia a compresión a los 28 días.....	26
Tabla 13	Resistencia a tracción 7 días. ....	27
Tabla 14	Resistencia a tracción 14 días. ....	29
Tabla 15	Resistencia a tracción – 28 días. ....	31
Tabla 16	Resistencia a flexión a los 7 días .....	32
Tabla 17	Resistencia a flexión – 14 días.....	34
Tabla 18	Resistencia a flexión – 28 días.....	35
Tabla 19	Resumen de ensayo de la resistencia a la Compresión.....	37
Tabla 20	Resumen de ensayo de la resistencia a la Tracción Indirecta.....	39

Tabla 21 Resumen de ensayo del asentamiento.....	40
Tabla 22 Slump del concreto con adición de fibra de maguey. ....	41
Tabla 23 Resistencia a la compresión del concreto con adición de fibra de maguey. ....	43
Tabla 24 Resistencia a la flexión del concreto adicionando fibra de maguey.....	44
Tabla 25 Resistencias a compresión del concreto de $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> en los días 7, 14 y 28 de evaluación.....	46
Tabla 26 Resistencias a la tracción del concreto de $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> en los días 7, 14 y 28 de evaluación.....	48
Tabla 27 Resistencias a flexión del concreto de $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> en el día 28 de evaluación.....	50
Tabla 28 Resistencia Promedio entre la Relación a/c.....	53
Tabla 29 Asentamiento del concreto según el porcentaje de adición de fibra.....	56
Tabla 30 Resistencia a la compresión según porcentaje de adición de fibra.....	57
Tabla 31 Resistencia a la Compresión.....	66
Tabla 32 Resistencia a la compresión para todas las mezclas de concreto, ensayos por triplicado.....	69
Tabla 33 Número de especímenes de concreto.....	70
Tabla 34 Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 240$ kg/cm <sup>2</sup> .....	71
Tabla 35 Resistencia a flexión de concreto $f'c = 240$ kg/cm <sup>2</sup> con carga en el tercio de la luz libre a los 14 días.....	72
Tabla 36 Resistencia a flexión de concreto $f'c = 240$ kg/cm <sup>2</sup> con carga en el tercio de la luz libre a los 28 días.....	74
Tabla 37 Resistencia a flexión de concreto $f'c = 240$ kg/cm <sup>2</sup> con carga en el tercio de la luz libre a los 60 días.....	76
Tabla 38 Prueba de asentamiento.....	87
Tabla 39 Resultado de la prueba de resistencia a la compresión.....	87
Tabla 40 Resultado de la prueba de tracción.....	88
Tabla 41 Proporciones de mezcla.....	93
Tabla 42 Resistencia a la compresión de diferentes mezclas.....	96
Tabla 43 Resistencia a la tracción dividida para diferentes mezclas.....	97
Tabla 44 Resistencia a la compresión de la fibra de cáñamo.....	99
Tabla 45 Resistencia a la compresión de la fibra de sisal.....	100
Tabla 46 Resistencia a la compresión del metacaolín.....	101

Tabla 47 Resultados de resistencia a la compresión con porcentajes óptimos Cáñamo, sisal y metacaolín .....	102
Tabla 48 Resistencia a la tracción dividida de la fibra de cáñamo .....	104
Tabla 49 Resultados de la resistencia a la tracción dividida de la fibra de sisal .....	105
Tabla 50 Resistencia a la tracción dividida de Metacaolín.....	106
Tabla 51 Resultados de resistencia a la flexión del concreto grado M40 con 0.5% HF+15%MK y 1%SF+15%MK .....	107
Tabla 52 Resultados de resistencia a la flexión de la fibra de cáñamo.....	108
Tabla 53 Resistencia a la flexión de la fibra de sisal .....	109
Tabla 54 Resistencia a la flexión del metacaolín.....	110
Tabla 55 Resultados de resistencia a la flexión del hormigón grado M40 con 0,5%HF+15%MK y 1%SF+15%MK.....	111
Tabla 56 Resultados de resistencia a la compresión.....	113
Tabla 57 Resultados de la resistencia a la tracción dividida.....	114
Tabla 58 Mostrando las propiedades del concreto fresco de la fibra de sisal.....	119
Tabla 59 Resistencia y Módulo de elasticidad de arena triturada Hormigón .....	120
Tabla 60 Proporciones de mezcla (kg/m <sup>3</sup> ) .....	121
Tabla 61 Resultados de las Pruebas de Resistencia a la Tracción Del Concreto con Fibra .....	124
Tabla 62 Propiedades endurecidas de especímenes de concreto después de 7, 14 y 28 días de curado con agua .....	128
Tabla 63 Ensayo sin Superplastificante y 1,5% de Fibra .....	129
Tabla 64 Ensayo con Superplastificante y 1,5% de Fibra .....	130
Tabla 65 Resistencia a la compresión del hormigón M20.....	130
Tabla 66 Resistencia a la compresión del hormigón M25.....	131
Tabla 67 Diseño de mezcla de concreto.....	134
Tabla 68 Resultados.....	135
Tabla 69 Resultados Promedio de Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) del Concreto con Fibra de Sisal para 3, 7, 28 días. ....	136
Tabla 70 Resultados de la prueba de resistencia a la flexión del día.....	137
Tabla 71 Resultados promedio de resistencia a la flexión del hormigón con fibras de sisal durante 3, 7 y 28 días.....	138
Tabla 72 Resultado de la resistencia a la compresión para Concreto Grado M20 .....	143
Tabla 73 Resultado de la resistencia a la tracción para M20.....	144

Tabla 74 % de reducción de la fuerza a los 7 y 28 días .....	146
Tabla 75 Resultados para Hormigón reforzado con fibra de sisal M20 .....	148
Tabla 76 Resultados para Hormigón Armado con Fibra de Sisal M20 .....	149
Tabla 77 Operacionalización de las Variables.....	158
Tabla 78 Resultado de la prueba de resistencia a la compresión .....	164
Tabla 79 Resumen de ensayo de la resistencia a la Compresión.....	165
Tabla 80 Resistencia a la compresión del concreto con adición de fibra de maguey... 167	
Tabla 81 Resistencia a la compresión según porcentaje de adición de fibra.....	168
Tabla 82 Resumen de ensayo de la resistencia a la Tracción Indirecta .....	170
Tabla 83 Resistencias a la tracción del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en los días 7, 14 y 28 de evaluación.....	173
Tabla 84 Resultados de la resistencia a la tracción dividida de la fibra de sisal .....	176
Tabla 85 Resistencia a flexión a los 7 días .....	178
Tabla 86 Resistencia a flexión – 14 días.....	179
Tabla 87 Resistencia a flexión – 28 días.....	180
Tabla 88 Resistencias a flexión del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en el día 28 de evaluación.....	182
Tabla 89 Resistencia a la flexión de la fibra de sisal .....	185
Tabla 90 Asentamiento del concreto $175 \text{ kg/cm}^2$ y con incorporación de fibra de agave lechuguilla al 1%, 3% y 5%.....	187
Tabla 91 Slump obtenidos de las mezclas de concreto en laboratorio. ....	189
Tabla 92 Resumen de ensayo del asentamiento.....	190
Tabla 93 Asentamiento del concreto según el porcentaje de adición de fibra.....	192

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Comparación de resultados obtenidos de la resistencia a compresión tanto convencional como incorporación de fibra de agave lechuguilla en kg/cm <sup>2</sup> y % a los 7, 14 y 28 días .....	14
Figura 2	Resistencia obtenida en porcentajes a los 7, 14 y 28 días .....	15
Figura 3	Representación gráfica del asentamiento del concreto convencional y con incorporación de fibra de agave lechuguilla .....	16
Figura 4	Resumen de Comparación de Asentamiento del Concreto con los % de adición de fibra de maguey .....	17
Figura 5	Variación de la resistencia a compresión a los 14 días .....	18
Figura 6	Variación de la resistencia a compresión a los 28 días .....	19
Figura 7	Variación de la resistencia a flexión a los 28 días.....	20
Figura 8	Grafica del ensayo de asentamiento del concreto .....	22
Figura 9	Grafica resistencia a la compresión 7 día.....	23
Figura 10	Gráfica resistencia compresión 14 días .....	25
Figura 11	Grafica resistencia a la compresión 28 días .....	26
Figura 12	Grafica resistencia a tracción 7 días .....	28
Figura 13	Grafica resistencia a tracción 14 días .....	30
Figura 14	Grafica resistencia tracción 28 días .....	31
Figura 15	Grafica resistencia a flexión – 7 días.....	33
Figura 16	Grafica resistencia a flexión – 14 días.....	34
Figura 17	Grafica resistencia a flexión – 28 días.....	36
Figura 18	Resumen de Comparación de Resistencia del concreto a la compresión.....	38
Figura 19	Resumen de Comparación de Resistencia del concreto a la Tracción Indirecta .....	39
Figura 20	Resumen de Comparación de Asentamiento del Concreto con los % (0.5%, 0.8% y 1.0%) de adición de fibra de agave amarillo .....	40
Figura 21	Asentamiento del concreto con adición de fibra de maguey .....	42
Figura 22	Resistencia a la compresión del concreto con fibra de maguey .....	43
Figura 23	Resistencia a flexión del concreto adicionando fibra de maguey.....	44
Figura 24	Promedios de las resistencias a compresión del concreto de f`c = 210 kg/cm <sup>2</sup> de los días 7, 14 y 28 de evaluación .....	47

Figura 25 Promedios de las resistencias a tracción del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ de los días 7, 14 y 28 de evaluación.....	49
Figura 26 Promedios de las resistencias a la flexión del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del día 28 de evaluación.....	51
Figura 27 Comparación del Asentamiento de la Mezcla de Concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ Patrón vs Experimental .....	52
Figura 28 Comparación de Resistencia del Concreto Patrón vs Experimental con Adición de 5% y 10% por días de Curad.....	54
Figura 29 Comparación del Porcentaje de la Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral Simple de Acuerdo a los días de Curado.....	54
Figura 30 Asentamiento del concreto según el porcentaje de adición de fibra.....	56
Figura 31 Promedio de ensayos a compresión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra .....	58
Figura 32 Promedio de ensayos a tracción, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra .....	59
Figura 33 Promedio de ensayos a flexión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra .....	60
Figura 34 Promedio de ensayos a compresión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra .....	61
Figura 35 Promedio de ensayos a tracción, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra .....	62
Figura 36 Promedio de ensayos a flexión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra .....	63
Figura 37 Resistencia a Flexión en Vigas de Concreto $f'c= 240 \text{ kg/cm}^2$ Reforzados con Fibra de Cabuya y Concreto Simple sin Fibra a los 14 días .....	73
Figura 38 Resistencia a flexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ reforzados con fibra de cabuya a un 1.5% y concreto simple sin fibra a los 28 días ...	75
Figura 39 Resistencia a flexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ reforzados con fibra de cabuya a un 1.5% y concreto simple sin fibra a los 60 días ....	77
Figura 40 Resistencia a flexión del concreto vs Edad del concreto Fuente: Tomado de “Análisis del comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya.”, por Briseño, D., 2016 .....	78
Figura 41 Resultados de la prueba de flujo de asentamiento .....	80
Figura 42 Resistencia a la compresión de concreto reforzado con fibra de sisal.....	81

Figura 43 Resistencia a la tracción del concreto reforzado con fibra de sisal .....	82
Figura 44 Resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibra agave sisalana.....	83
Figura 45 Resistencia a la compresión del hormigón .....	84
Figura 46 Gráfico de resistencia a la tracción.....	85
Figura 47 Gráfico de resistencia a la flexión .....	86
Figura 48 Resistencia a la compresión de la fibra de plátano .....	89
Figura 49 Resistencia a la compresión de la fibra de sisal.....	89
Figura 50 Resistencia a la tracción de la fibra de plátano.....	90
Figura 51 Resistencia a la tracción de la fibra de sisal .....	90
Figura 52 Resistencia a la flexión de la fibra de plátano .....	91
Figura 53 Resistencia a la flexión de la fibra de sisal.....	92
Figura 54 Resistencia a la compresión de diferentes mezclas .....	94
Figura 55 Resistencia dividida a la tracción de diferentes mezclas .....	95
Figura 56 Muestra la resistencia a la compresión del hormigón .....	96
Figura 57 Muestra la resistencia a la tracción dividida del hormigón .....	98
Figura 58 Resistencia a la compresión de la fibra de cáñamo .....	100
Figura 59 Resultados de la resistencia a la compresión del Concreto grado M40 con adición de fibra de sisal.....	101
Figura 60 Resultados de la resistencia a la compresión del Concreto grado M40 con reemplazo parcial de metacaolín.....	102
Figura 61 Resultados de la resistencia a la compresión del Concreto grado M40 con 0.5%HF+15%MK y 1%SF+15%MK.....	103
Figura 62 Resistencia a la tracción dividida mediante la adición de fibra de cáñamo .	104
Figura 63 Resistencia dividida a la tracción por adición de fibra de sisal .....	105
Figura 64 Resistencia a la tracción dividida mediante la adición de fibra de sisal.....	106
Figura 65 Resultados de resistencia a la tracción dividida del hormigón de grado M40 con 0,5 % HF+15 % MK y 1 % SF+15 % MK.....	107
Figura 66 La resistencia a la flexión da como resultado la adición de fibra de cáñamo .....	109
Figura 67 Resistencia a la flexión del metacaolín .....	110
Figura 68 Resistencia a la flexión de la fibra de cáñamo .....	111
Figura 69 Resultados de resistencia a la flexión del hormigón de grado M40 con 0,5 % HF + 15 % MK y 1%SF+15%MK .....	112
Figura 70 Resultados de resistencia a la compresión.....	113



Figura 71 Resultados de la resistencia a la tracción dividida .....	114
Figura 72 Resistencia a la compresión para hormigón de grado M20.....	115
Figura 73 Resistencia a la compresión para hormigón de grado M25.....	116
Figura 74 Resistencia dividida a la tracción para hormigón de grado M20 .....	117
Figura 75 Resistencia a la compresión para hormigón de grado M25 .....	118
Figura 76 Resistencia dividida a la tracción para hormigón de grado M25 .....	122
Figura 77 Resistencia a la compresión de cilindros de hormigón armado con fibras de sisal.....	123
Figura 78 Efecto de la fibra de sisal en las propiedades frescas del concreto .....	126
Figura 79 Resistencia a la compresión del hormigón M20 con porcentaje en volumen de fibras.....	131
Figura 80 Resistencia a la compresión del hormigón M25 con porcentaje en volumen de fibras.....	132
Figura 81 Resistencia a la compresión del hormigón M20 y M25 con porcentaje en volumen de fibras.....	133
Figura 82 Resultados de la resistencia a la compresión del hormigón convencional Fuente: Tomado de “Strength Properties of Sisal Fiber Concrete with 30% Partial Replacement of Ground Granulated Blast Furnace Slag.”, por Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T., y Akhilesh, K., 2017 .....	135
Figura 83 Resultados de la resistencia a la compresión del hormigón convencional Fuente: Tomado de “Strength Properties of Sisal Fiber Concrete with 30% Partial Replacement of Ground Granulated Blast Furnace Slag.”, por Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T., y Akhilesh, K., 2017 .....	136
Figura 84 Porcentajes Promedio de 3,7 y 28 Días para Resistencia a la Flexión.....	137
Figura 85 Resultados de la resistencia a la flexión del hormigón convenciona .....	138
Figura 86 Resultados del día 28 de resistencia a la compresión.....	140
Figura 87 Resultados de la resistencia a la tracción dividida al día 28 .....	141
Figura 88 Resistencia a la flexión resultados del día 28.....	142
Figura 89 Resistencia a la Compresión.....	143
Figura 90 Resistencia a la tracción dividida .....	145
Figura 91 Result of Acid attack test for M20.....	146
Figura 92 Gráfico de resistencia a la compresión.....	148
Figura 93 Gráfico de resistencia a la flexión (valor de prueba de viga) .....	150
Figura 94 Fundamentos Teóricos que Sustentan la Hipótesis .....	155

Figura 95 Gráfico de Resistencia a la Compresión.....	164
Figura 96 Resumen de Comparación de Resistencia del concreto a la compresión .....	166
Figura 97 Resistencia a la compresión del concreto con fibra de maguey .....	167
Figura 98 Promedio de ensayos a compresión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra.....	169
Figura 99 Resumen de Comparación de Resistencia del concreto a la Tracción Indirecta .....	171
Figura 100 Promedios de las resistencias a tracción del concreto de $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> de los días 7, 14 y 28 de evaluación.....	174
Figura 101 Promedio de ensayos a tracción, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra .....	175
Figura 102 Resistencia dividida a la tracción por adición de fibra de sisal .....	177
Figura 103 Grafica resistencia a flexión – 7 días.....	179
Figura 104 Grafica resistencia a flexión – 14 días.....	180
Figura 105 Grafica resistencia a flexión – 28 días.....	181
Figura 106 Promedios de las resistencias a la flexión del concreto de $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> del día 28 de evaluación .....	183
Figura 107 Promedio de ensayos a flexión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra .....	184
Figura 108 Resistencia a la flexión de la fibra de Sisal .....	186
Figura 109 Representación gráfica del asentamiento del concreto convencional y con incorporación de fibra de agave lechuguilla .....	188
Figura 110 Resumen de Comparación de Asentamiento del Concreto con los % de adición de fibra de maguey .....	189
Figura 111 Resumen de Comparación de Asentamiento del Concreto con los % (0.5%, 0.8% y 1.0%) de adición de fibra de agave amarillo.....	191
Figura 112 Asentamiento del concreto según el porcentaje de adición de fibra .....	192
Figura 113 Resumen de Comparación de Resistencia a la Compresión, entre Muestras Patrón y Adición de Fibras de Agave (kg/cm <sup>2</sup> ).....	193
Figura 114 Resumen de Comparación de Resistencia a la Tracción, entre Muestras Patrón y Adición de Fibras de Agave (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	195
Figura 115 Resumen de Comparación de Resistencia a la Flexión, entre Muestras Patrón y Adición de Fibras de Agave (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	197

Figura 116 Resumen de Comparación de Asentamiento, entre Muestras Patrón y Adición de Fibras de Agave (mm).....	199
---	-----

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar el óptimo porcentaje de fibra de Agave para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón, esta investigación se desarrolló de manera descriptiva donde se estudió: La resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión y el asentamiento, incorporando fibra de Agave, recolectando datos de artículos y tesis científicos donde se desarrollaron de manera experimental, evaluando los resultados obtenidos. Los resultados concluyeron en la mejora de las propiedades mecánicas del hormigón, sin embargo la adición de fibra Agave no aporta una mejora en la trabajabilidad, donde se observa la disminución de 104 mm a 98 mm con adición de fibra del 0.5%, la resistencia de compresión mejoró con una resistencia de 278 kg/cm<sup>2</sup> con dosis de 1.5%, la resistencia a la tracción mejoró con una resistencia de 51 kg/cm<sup>2</sup> con dosis de 1.0%, la resistencia de flexión mejoró con una resistencia de 62 kg/cm<sup>2</sup> con dosis de 1.5%. Entonces, de acuerdo a los resultados obtenidos, el rango de porcentaje óptimo es la adición del 1.0% hasta el 1.5% de fibra de agave y se recomienda emplearla en otros elementos o materiales de construcción, en los que se busque mejorar las propiedades de resistencia y a la vez tener un material natural entre sus componentes.

*Palabras claves:* Fibra de agave, propiedades físicas del hormigón, propiedades mecánicas del hormigón, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y asentamiento de la mezcla del hormigón.

## ABSTRACT

The present investigation had as main objective to determine the optimal percentage of Agave fiber to improve the physical and mechanical properties of concrete, this investigation was developed in a descriptive, where it was studied: The resistance to compression, the resistance to traction, the resistance to bending and settlement, incorporating Agave fiber, collecting data from scientific articles and theses where they were developed experimentally, evaluating the results obtained. The results concluded in the improvement of the mechanical properties of the concrete, however the addition of Agave fiber does not provide an improvement in workability, where the decrease from 104 mm to 98 mm is observed with the addition of 0.5% fiber, the resistance of Compression improved with a resistance of 278 kg/cm<sup>2</sup> with a dose of 1.5%, tensile strength improved with a resistance of 51 kg/cm<sup>2</sup> with a dose of 1.0%, flexural resistance improved with a resistance of 62 kg/cm<sup>2</sup> with a dose of 1.5%. So, according to the results obtained, the optimal percentage range is the addition of 1.0% to 1.5% of agave fiber and it is recommended to use it in other elements or construction materials, in which it is sought to improve the resistance properties. and at the same time have a natural material among its components.

*Keywords:* Agave fiber, physical properties of concrete, mechanical properties of concrete, compressive strength, tensile strength, flexural strength and settlement of the concrete mix.

## INTRODUCCIÓN

El hormigón es uno de los materiales más utilizados debido a su facilidad de manipulación, y también es uno de los materiales más importantes presentes en el campo de la construcción de edificios o estructuras, por lo que se investiga la adición de aditivos o áridos para mejorar las condiciones físicas y propiedades mecánicas del hormigón, esto nos permite tener un hormigón de alta calidad y reducir los costos de reparación por problemas futuros. La motivación de este tema de investigación es aportar mayor información sobre el comportamiento del hormigón cuando se añade fibra de Agave donde se pueda describir sus beneficios que le aportaría al hormigón, al comparar la información obtenida de tesis y artículos nacionales e internacionales se analiza y describe las diferentes metodología y técnicas aplicadas al comportamiento del concreto más la adición de fibra de Agave, dando a conocer las comparaciones de los resultados en las investigaciones obteniendo los diferentes rangos de dosis para mejorar sus propiedades mecánicas del hormigón.

Analizar el diseño de mezcla del hormigón con fibras de agave para mejorar las propiedades mecánicas de hormigón, recolectando información de diferentes tesis y artículos nacionales e internacionales, obteniendo como resultado diferentes rangos de porcentajes óptimos para cumplir cada objetivo específico.

El objetivo de la presente investigación se basó en analizar la mejora de las fibras de agave en las propiedades mecánicas de hormigón. Se planteó 4 objetivos específicos: Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la compresión del hormigón, analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la tracción del hormigón, analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la flexión del hormigón y analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar el asentamiento de la mezcla del hormigón.

Exhibido los objetivos específicos, la investigación tiene como objetivo principal Analizar el diseño de mezcla del hormigón con fibras de agave para mejorar las propiedades mecánicas de hormigón. El trabajo de esta constituido por seis capítulos: el primero presenta la realidad problemática, formulación del problema general y específicos, la importancia y justificación del estudio y limitaciones del estudio; el segundo presenta los objetivos generales y específicos de la investigación; el tercero se desglosa la estructura teórica que aplicamos en la investigación, tales como marco teórico, recopilación de investigaciones de artículos y tesis científicas tanto internacionales como

nacionales; el cuarto encontramos el sistema de hipótesis, donde se planteó la hipótesis general y específicas para cada objetivo realizado; el quinto describimos la metodología utilizada para la investigación tales como tipo de investigación, método de investigación, nivel de investigación, población, muestra, sistema de variables, técnicas e instrumentos de recolección de datos y descripción de procesamiento de análisis; el sexto presentamos los resultados obtenidos de la investigación que se efectuó mediante la recopilación de datos de cada artículo y tesis estudiados por distintos autores y finalmente, se da la discusión de resultados donde compararemos los diferentes resultados obtenidos por los distintos autores llegando así poder determinar las conclusiones y recomendaciones de los análisis de los resultados

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

En nuestro país, ante el crecimiento económico de los últimos años, los materiales de construcción han aumentado, sin embargo, en las industrias de bajos ingresos, la industria de la construcción tiene deficiencias y está buscando soluciones alternativas para satisfacer la demanda de vivienda segura.

Considerando el problema del calentamiento global en el medio ambiente, debido a que los materiales naturales tienen ventajas sobre las fibras sintéticas y otros materiales, la investigación y la innovación en el campo del uso de fibras naturales como las fibras agave en el hormigón están aumentando rápidamente, debido a la reducción del impacto ambiental y a la reducción de su costo.

Al revisar la literatura sobre hormigón reforzado con fibras agave con las dosis adecuadas, mostraron que el rendimiento estructural es mejor que el del hormigón sin fibras. Estas mejoras de rendimiento allanaron el camino para futuras investigaciones, exploraron el progreso de las áreas o fibras no utilizadas y revelaron cuantitativamente sus diversos parámetros (como resistencia a la tracción, resistencia a la flexión, tenacidad, ductilidad, resistencia a la corrosión), destacando sus mejores propiedades materiales y es una solución aceptable para mejorar la ductilidad del hormigón.

Por lo tanto, esta investigación analizará diseños de mezclas con fibras de agave para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón.

### **1.2 Formulación de la Investigación**

#### ***1.2.1 Problema General***

¿En qué medida el diseño de mezcla con fibras de agave influye en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón?

#### ***1.2.2 Problemas Específicos***

a) ¿En qué medida los porcentajes de fibras de agave mejoran la resistencia a la compresión del hormigón?

b) ¿En qué medida los porcentajes de fibras de agave mejoran la resistencia a la tracción del hormigón?

c) ¿En qué medida los porcentajes de fibras de agave mejoran la resistencia a la flexión del hormigón?



d) ¿En qué medida los porcentajes de fibras de agave influyen en el asentamiento del hormigón?

### **1.3 Objetivos de la Investigación**

#### ***1.3.1 Objetivo General***

Analizar el diseño de mezcla del hormigón con fibras de agave para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de hormigón.

#### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

a) Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la compresión del hormigón.

b) Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la tracción del hormigón.

c) Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la flexión del hormigón.

d) Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar el asentamiento de la mezcla del hormigón.

### **1.4 Justificación del Estudio**

#### ***1.4.1 Justificación por valor teórico***

En la presente investigación, se abordarán diversos aspectos sobre la adición de fibras de agave y se evaluará si mejoran las propiedades físicas y mecánicas del hormigón.

#### ***1.4.2 Justificación por aplicaciones prácticas***

El presente estudio analiza ensayos experimentales realizados en laboratorios, aportando información sobre la viabilidad de los diseños de mezcla para determinar la idoneidad de sus propiedades para el uso del hormigón en la construcción.

#### ***1.4.3 Justificación por conveniencia***

Es conveniente la investigación porque utilizaremos las fibras de agave que son una materia prima renovable de crecimiento rápido, se ha introducido en áreas tropicales y subtropicales en América del Norte, América del Sur, Islas del Caribe, África, Australia y Asia en la construcción de sus viviendas. Su gran manejabilidad y fácil cultivo ha permitido que algunos pueblos conserven hasta hoy su uso tradicional, donde existe un conocimiento sobre su cultivo y formas de tratamiento y preservación.

En la actualidad la innovación en el campo del uso de fibras naturales como las fibras de agave en el hormigón están aumentando rápidamente, debido a su bajo impacto ambiental

y costo; es por ello que, se realiza la presente investigación, para dar a conocer las ventajas de la inclusión de fibras de agave en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón.

#### ***1.4.4 Justificación por relevancia social***

Los resultados obtenidos de diversos investigadores, dan a conocer los diferentes rangos de dosis para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón., sugiriendo que la utilización de fibras de agave en el hormigón son una alternativa ecológica para la construcción de ciudades y comunidades sostenibles, lo cual puede servir de ayuda económica a la población obteniendo edificaciones resistentes, seguras, de buena calidad y de bajo costo; que generen impactos positivos en el medio ambiente, trayendo consigo progresos en la industria de la construcción; puesto que, al utilizar las fibras agave se ayuda a disminuir el consumo de fibras sintéticas, disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub>.

#### ***1.4.5 Justificación por utilidad metodológica***

El análisis del estudio actual y la utilización de la información obtenida de tesis y artículos nacionales e internacionales de diversos investigadores aplicados objeto de estudio, aporta mayor información sobre el comportamiento del hormigón cuando se añade fibra de agave.

### **1.5 Importancia de la Investigación**

La presente investigación está centrada en contribuir con el estudio del comportamiento mecánico del concreto mediante la adición de diferentes porcentajes de fibra de agave.

La ingeniería busca la alternativa de utilizar materiales resistentes y de buena calidad, que generen impactos positivos en el medio ambiente, trayendo consigo progresos en la industria de la construcción; al utilizar las fibras agave se ayuda a disminuir el consumo de fibras sintéticas, disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Los artículos científicos y tesis nacionales e internacionales, seleccionadas se enfocan en el problema que sufren los elementos estructurales y su falla en cuanto a resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión, asentamiento, entre otras, para ello se realizó el análisis comparativo de datos empleándose la estadística descriptiva, de lo que sucedió al hacer uso de materiales que pueden estar al alcance de la población en este caso la fibra de agave aportando un buen desarrollo en cuanto a construcción sustentable y además en la economía.

## **1.6 Limitaciones del Estudio**

La principal limitación para el desarrollo de la presente tesis se da por la situación de emergencia sanitaria que atraviesa nuestro país desde el 11 de marzo de 2020 que mediante el Decreto Supremo N° 008-2020-SA, en su Artículo 1.- Declaratoria de Emergencia Sanitaria 1.1 Se declara en Emergencia Sanitaria a nivel nacional, por la existencia del COVID-19, conforme a las razones expuestas en la parte considerativa del presente Decreto Supremo, teniendo como consecuencia; que no se puedan realizar ensayos experimentales. Sin embargo, se ha podido realizar la presente investigación descriptiva, debido a que contamos con información de tesis nacionales e internacionales, artículos, libros, revistas, entre otros de diversos repositorios académicos.

Dado que la fibra de agave es un material ecológico recientemente estudiado, la recopilación de información nos permitió observar que cada uno de los objetivos a alcanzar en nuestra investigación se encontró en diversas fuentes bibliográficas.

## **1.7 Delimitación de la investigación**

### ***1.7.1 Delimitación Geográfica***

Según la investigación bibliográfica, la delimitación se concentra en climas cálidos y húmedos

### ***1.7.2 Delimitación Temporal***

Se desarrollo desde el mes de junio del año 2022 hasta el mes de diciembre del año 2022.

### ***1.7.3 Delimitación Temática***

La investigación como temática principal enfatiza el uso de las fibras de agave, para mejorar la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión y el asentamiento del hormigón.

### ***1.7.4 Delimitación Muestral***

Las muestras que se estudiaron son los porcentajes de distintas fibras de agave de los ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y asentamiento del hormigón de diversos autores bibliográficos.

## **1.8 Alcance**

El alcance del estudio es adquirir información sobre las fibras de agave, los cuales se seleccionaron para el análisis: agave amarillo, agave americana L, agave cordillerensis o cabuya, agave lechuguilla, agave sisalana y agave o maguey determinando los porcentajes

adecuados para obtener los mejores resultados en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón.

### **1.9 Viabilidad**

Se recopiló la información en la base de datos académicas de la Universidad Ricardo Palma, lo cual facilitó la búsqueda de artículos, tesis y revistas nacionales e internacionales relacionados al foco de estudio.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Marco Histórico**

Desde la antigüedad, las fibras se han utilizado para reforzar materiales rígidos, la paja se utilizó para reforzar los ladrillos de adobe y la crin (pelo de la nuca de diversos mamíferos) se utilizó para reforzar el mortero de mampostería. La antigua región occidental de los Estados Unidos alrededor de 1540 fue construida con adobe secado al sol reforzado con paja.

En los últimos años, el uso comercial a gran escala de fibras de asbesto en sustratos de lechada de cemento comenzó en el Proceso Hatschek en 1898. Hoy en día, los productos de construcción de asbesto-cemento se han utilizado ampliamente en todo el mundo. Sin embargo, debido principalmente a los riesgos para la salud asociados con las fibras de asbesto, se introdujeron tipos alternativos de fibras alrededor de los años sesenta y setenta. Asimismo, una gran cantidad de materiales de ingeniería (incluida la cerámica, los plásticos, el cemento) contienen fibras para mejorar sus propiedades como materiales compuestos. La ganancia de propiedad incluye resistencia a la tracción, resistencia a la compresión, módulo elástico, resistencia al agrietamiento, control del agrietamiento, durabilidad, resistencia a la fatiga, resistencia al impacto y a la abrasión, contracción, expansión, propiedades térmicas y resistencia al fuego. Los primeros intentos de utilizar fibras sintéticas (nailon, polipropileno) no tuvieron éxito con las fibras de vidrio o acero. (ACI 544-1R, 2009).

Con el paso del tiempo, el hormigón ha tenido un gran avance, en el siglo XX ha experimentado un tremendo progreso como material para la fabricación de componentes de construcción. Estos avances en la investigación se han reflejado en el diseño, cálculo, investigación técnica e investigación adecuada como material, buscando mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Un ejemplo es la aparición del hormigón armado en la segunda mitad del siglo XIX.

## **2.2 Investigaciones Relacionadas con el Tema**

### **2.2.1 Investigaciones Nacionales**

Huánuco (2017) comprobó el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, la resistencia del concreto se estableció de acuerdo a la Norma de Edificaciones E – 060, para poder obtener un concreto apto para edificaciones, cuyo concreto mínimo de resistencia para el diseño se trabajará con un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para conseguir una resistencia de diseño  $f'cr= f'c+ 85 \text{ kg/cm}^2$ , por lo cual el  $f'cr$  es:  $f'cr= 295 \text{ kg/cm}^2$ .

Asimismo, se utilizó cemento Andino tipo I, relación agua /cemento de 0.5502 con asentamientos de 3” a 4” y se usó fibra de agave lechuguilla como refuerzo del concreto en porcentaje de 0,5% kilogramos del peso del concreto que equivale a 0.369, para diseñar y ensayar probetas en diferentes muestras, para evaluar experimentalmente la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto a los 3, 7, 14, 28 días de curado del concreto.

Para el concreto convencional de  $210 \text{ kg/cm}^2$  tenemos un asentamiento de 3.31pulg y el concreto de  $210 \text{ kg/cm}^2$  reforzado con la fibra de agave lechuguilla de relación  $a/c= 0.5502$ , tenemos un asentamiento de 3.51 pulg, el mismo que se incrementó en un 6 %, siendo esta la variación máxima promedio con respecto al concreto de  $210 \text{ kg/cm}^2$ .

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión, para la mezcla del concreto de  $210 \text{ kg/cm}^2$  de relación  $a/c=0.5502$ , a edades de 3, 7,14 y 28 días pueden apreciarse en la Tabla 1.

Del análisis obtenido, se comprueba que la resistencia a la compresión se incrementa con el aumento de la edad, llegando a la edad de 28 días con  $213 \text{ kg/cm}^2$  cumplió con el diseño propuesto.

**Tabla 1**

*Resumen del Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> para Diferentes Edades, en la Mezcla del Concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> de Relación a/c=0.5502*

	Resultados generales por edades				Ecuación general para estimar la evolución del concreto según avance de los días
	Edad del concreto en días				
	3	7	14	28	
Resistencia característica, f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	120 kg/cm <sup>2</sup>	157 kg/cm <sup>2</sup>	187 kg/cm <sup>2</sup>	213 kg/cm <sup>2</sup>	
Porcentaje en Resistencia de Diseño Especificada (%) (f <sup>c</sup> =210 kg/cm <sup>2</sup> )	57%	75%	89%	101%	f <sup>c</sup> = 41.943 *ln(días) + 74.601

*Nota.* Huánuco (2017)

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> para la dosis de fibra de agave lechuguilla 0.5% del peso del concreto (0.369 kg del peso del concreto), con respecto a la relación a/c=0.5502, a edades de 3, 7, 14 y 28 días pueden apreciarse en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Resumen del Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> para Diferentes Edades, en Mezclas de relación a/c=0.5502 con fibra de agave lechuguilla*

	Resultados generales por edades			
	Edad del concreto en días			
	3	7	14	28
Resistencia característica, f'c(kg/cm <sup>2</sup> )	94 kg/cm <sup>2</sup>	135 kg/cm <sup>2</sup>	202 kg/cm <sup>2</sup>	273 kg/cm <sup>2</sup>
Porcentaje en Resistencia de Diseño Especificada (f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> ) (%)	45%	64%	96%	130%

*Nota.* Huánuco (2017)

Del análisis de las Tablas 1 y 2 se encontró que las mezclas diseñadas en función a la relación a/c=0.5502 para dosis de “Fibra de agave lechuguilla” del cual se incorporó 0,5% del peso del concreto (0.369 kg), la resistencia a la compresión del concreto crece en forma proporcional a un 30 %, este valor se encuentra por encima de la resistencia a la compresión de la mezcla del concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Esto se debe a que la fibra de agave lechuguilla genera una microestructura algo más homogénea que produce una cierta mejoría de la resistencia mecánica a compresión.

**Tabla 3**

*Resistencia a la Compresión por Edades del Concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> y el Concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> reforzado con Fibra de agave lechuguilla*

Id mezcla	Dosis	Resistencia a la compresión			
		3d	7d	14d	28d
Concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup>	0	57.0 %	75.0 %	89.0 %	101.0 %
Con fibra	0.369 kg	45.0 %	64.0 %	96.0 %	130.0 %

*Nota.* Huánuco (2017)



Armas Solano, R. y Rimaicuna Cano, T. (2021) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, la resistencia del concreto para el diseño se trabajará con un  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, se utilizó fibra de agave lechuguilla, con dosificaciones del 1%, 3% y 5% fibra de agave lechuguilla sustituyendo de forma parcial al agregado fino y cemento Portland Tipo I, para evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado fresco como el asentamiento del concreto y en estado endurecido como la resistencia a la compresión, mediante ensayos de laboratorio a los 7,14 y 28 días.

De acuerdo al ensayo que mide la resistencia a compresión, se utilizaron 36 probetas cilíndricas de 6"x12", conformada por 9 probetas de concreto convencional y 27 de probetas con incorporación de fibra, están fueron curadas a los 7, 14 y 28 días.

En la Tabla 4 se observan datos de la resistencia del concreto a sus 7 días de curado, donde el concreto patrón adquiere una resistencia de 141.34 kg/cm<sup>2</sup> (80.77%), al incorporar el 1% de fibra de agave lechuguilla se alcanzó una resistencia de 152.34 kg/cm<sup>2</sup> (87.40%), al 3% una resistencia de 146.87 kg/cm<sup>2</sup> y con la incorporación de 5% se adquirió 128.42 kg/cm<sup>2</sup> (78.38%).

En la Tabla 5 se observan datos de la resistencia del concreto a sus 14 días de curado, donde el concreto patrón adquiere una resistencia de 161.04 kg/cm<sup>2</sup> (92.02%), al incorporar 1% de fibra de agave lechuguilla se adquirió 170.46 kg/cm<sup>2</sup> (97.41%), al 3% se obtuvo una resistencia de se adquirió 170.46 kg/cm<sup>2</sup> (97.41%), al 3% se obtuvo una resistencia de 164.51 kg/cm<sup>2</sup> (94.01) y al 5% de incorporación se alcanzó una resistencia de 144.85 kg/cm<sup>2</sup> (82.77%).

En la Tabla 6 se observan datos de la resistencia del concreto a sus 28 días de curado, donde el concreto patrón adquiere una resistencia de 187.90 kg/cm<sup>2</sup> (107.38%), al incorporar 1% de fibra de agave lechuguilla se obtuvo 198.80 kg/cm<sup>2</sup> (113.60%), al 3% se adquirió una resistencia de 187.53 kg/cm<sup>2</sup> (107.16%), y al 5% de incorporación se alcanzó una resistencia de 158.72 kg/cm<sup>2</sup> (90.70%).

**Tabla 4**

*Resultados de la resistencia a compresión de probetas cilíndricas convencionales y con incorporación de fibra de agave lechuguilla al 1%, 3% y 5% a los 7 días*

N	Desc	Edad (días)	f <sub>c</sub> Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Diámetro Probeta (cm)	Carga kg-f	Área de Probeta	Resistencia Máxima (kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	Resistencia Promedio a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
1		7	175	15.00	25317.02	176.71	143.27	81.87		
2	0%	7	175	15.10	25418.96	179.08	141.94	81.11	141.34	80.77
3		7	175	15.30	25520.90	183.85	138.81	79.32		
4		7	175	15.00	26873.60	176.71	152.07	86.90		
5	1%	7	175	15.00	27045.87	176.71	153.05	87.46	152.94	87.40
6		7	175	15.00	27163.10	176.71	153.71	87.84		
7		7	175	15.00	26058.10	176.71	147.46	84.26		
8	3%	7	175	15.00	25924.57	176.71	146.70	83.83	146.87	83.93
9		7	175	15.00	25880.73	176.71	146.45	83.69		
10		7	175	15.00	22483.18	176.71	127.23	72.70		
11	5%	7	175	15.00	22696.23	176.71	128.43	73.39	128.42	73.38
12		7	175	15.00	22900.10	176.71	129.59	74.05		

*Nota.* Armas y Rimaicuna (2021, p. 23)

**Tabla 5**

*Resultados de la resistencia a compresión de probetas cilíndricas convencionales y con incorporación de fibra de agave lechuguilla al 1%, 3% y 5% a los 14 días*

N°	Des c.	Edad (días)	f'c Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Diámetro Probeta (cm)	Carga kg-f	Área de Probeta	Resistencia Máxima (kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	Resistencia promedio a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
1		14	175	15.00	28608.56	176.71	161.89	92.51		
2	0%	14	175	15.00	28914.37	176.71	163.62	93.50	161.04	92.0
3		14	175	15.30	28975.54	183.85	157.60	90.06		2
4		14	175	15.00	30135.58	176.71	170.53	97.45		
5	1%	14	175	15.00	30005.1	176.71	169.79	97.03	170.46	97.4
6		14	175	15.00	30231.4	176.71	171.07	97.76		1
7		14	175	15.00	29116.21	176.71	164.76	94.15		
8	3%	14	175	15.00	28914.37	176.71	163.62	93.50	164.61	94.0
9		14	175	15.00	29186.54	176.71	165.16	94.38		1
10		14	175	15.00	25276.25	176.71	143.03	81.73		
11	5%	14	175	15.00	25472.99	176.71	144.15	82.37	144.85	82.7
12		14	175	15.00	26044.85	176.71	147.38	84.22		7

*Nota. Armas y Rimaicuna (2021, p. 23)*

**Tabla 6**

*Resultados de la resistencia a compresión de probetas cilíndricas convencionales y con incorporación de fibra de agave lechuguilla al 1%, 3% y 5% a los 28 días*

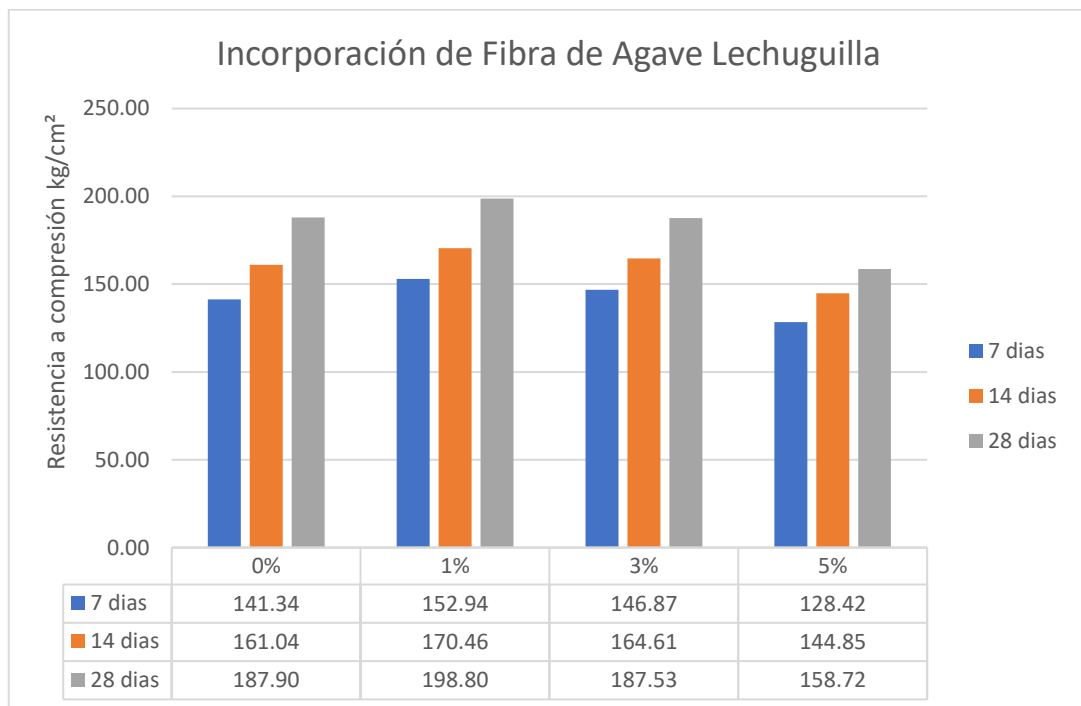
N°	Desc	Edad (días)	f'c Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Diámetro Probeta (cm)	Carga kg-f	Área de Probeta	Resistencia Máxima (kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	Resistencia promedio a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
1		28	175	15.20	32198.78	181.46	177.44	101.40		
2	0%	28	175	15.10	34910.3	179.08	194.94	111.40	187.90	107.37
3		28	175	15.20	34716.62	181.46	191.32	109.33		
4		28	175	15.10	35655.45	179.08	199.10	113.77		
5	1%	28	175	15.20	35753.31	181.46	197.03	112.59	198.80	113.60
6		28	175	15.20	36337.41	181.46	200.25	114.43		
7		28	175	15.00	32888.89	176.71	186.11	106.35		
8	3%	28	175	15.00	33195.72	176.71	187.85	107.34	187.53	107.16
9		28	175	15.00	33333.33	176.71	188.63	107.79		
10		28	175	15.00	29143.73	176.71	164.92	94.24		
11	5%	28	175	15.00	27410.81	176.71	155.11	88.64	158.72	90.70
12		28	175	15.00	27592.25	176.71	156.14	89.22		

*Nota. Armas y Rimaicuna (2021, p. 23)*

Por lo descrito, en la Figura 1 se presenta una comparación de resultados obtenidos de la resistencia a compresión tanto convencional como incorporación de fibra de agave lechuguilla en kg/cm<sup>2</sup> y % a los 7, 14 y 28 días, se visualiza al concreto convencional que superó su resistencia estimada, a diferencia del concreto con incorporación de fibra de agave lechuguilla que presenta una caída en función a su resistencia de la compresión, mediante ello se definió que al 3% de incorporación de fibra de agave lechuguilla a los 28 días con una resistencia de 187.53 kg/cm<sup>2</sup> es el óptimo y aceptable para un concreto 175 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 1**

*Comparación de resultados obtenidos de la resistencia a compresión tanto convencional como incorporación de fibra de agave lechuguilla en kg/cm<sup>2</sup> y % a los 7, 14 y 28 días*

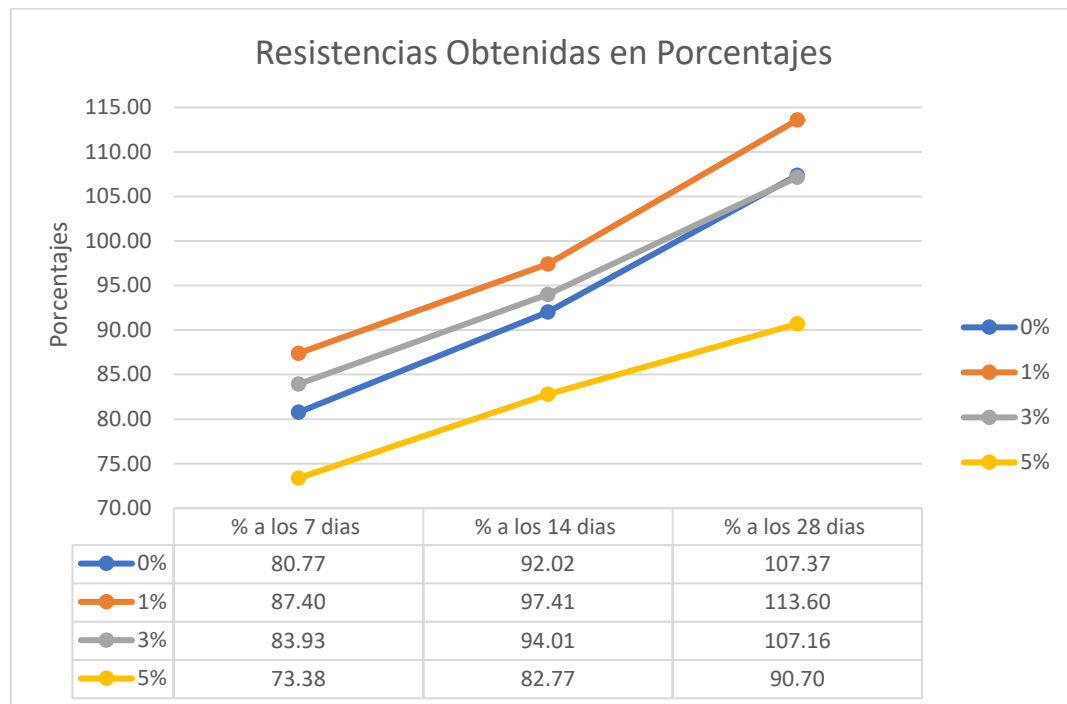


*Nota.* Armas y Rimaicuna (2021, p. 23)

Asimismo, en la Figura 2 se puede observar que los porcentajes obtenidos para el concreto patrón son de 107.37%, al incorporar 1% de fibra de agave lechuguilla como sustituto del agregado fino se obtiene 113.60%, al 3% se obtuvo 107.16% y para el 5% de fibra de agave lechuguilla se obtiene un 90.70% a los 28 días, cabe mencionar que el 5% tiene un descenso de 16.46% con ello se puede decir que no cumple con el porcentaje permisible del concreto obtenido a los 28 días de curado.

**Figura 2**

*Resistencia obtenida en porcentajes a los 7, 14 y 28 días*



*Nota.* Armas y Rimaicuna (2021, p. 23)

Como se aprecia en la Tabla 7 y Figura 3, según el ensayo que mide el asentamiento del concreto 175 kg/cm<sup>2</sup>, con incorporación de fibra de agave lechuguilla al 1%, 3% y 5%, tenemos que cuando se le incorpora mayor fibra de agave lechuguilla, el asentamiento del concreto será menor, indicando que se vuelve menos trabajable.

**Tabla 7**

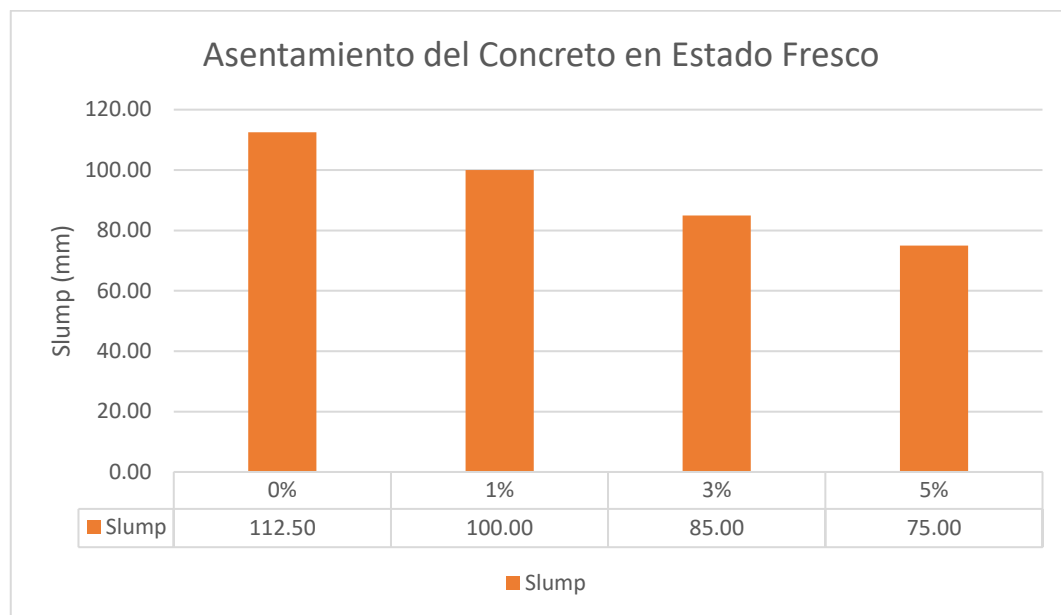
*Asentamiento del concreto 175 kg/cm<sup>2</sup> y con incorporación de fibra de agave lechuguilla al 1%, 3% y 5%*

Asentamiento del Concreto $f_c = 175$ kg/cm <sup>2</sup> sin y con fibra de agave lechuguilla			
Muestra	% Fibra	Slump (cm)	Slump (mm)
M0	0%	11.25	112.50
M1	1%	10.00	100.00
M2	3%	8.75	87.50
M3	5%	7.50	75.00

*Nota.* Armas y Rimaicuna (2021, p. 23)

### Figura 3

*Representación gráfica del asentamiento del concreto convencional y con incorporación de fibra de agave lechuguilla*



*Nota.* Armas y Rimaicuna (2021, p. 23)

Por lo tanto, se concluye que al incorporar fibra de agave lechuguilla mejora las propiedades del concreto y el porcentaje optimo trabajable es de 3% con una resistencia de 187.53 kg/cm<sup>2</sup> (107.16%) a los 28 días.

Baldeón Rivera, K. B. (2022) comprobó el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, la resistencia del concreto para el diseño se trabajará con un  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, cemento Portland tipo I, con un Slump de 6-7'' categorizado como fluido. Asimismo, se utilizó fibra de Maguey o llamado también por su especie planta de Agave en longitudes estaban entre 4 y 5 mm, con dosificaciones del 0.25%, 0.50% y 0.75% respecto al volumen del concreto empleado, para evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado fresco como el asentamiento del concreto y endurecido como la resistencia a la compresión y flexión mediante ensayos de laboratorio a los 14 y 28 días de curado del concreto.

Como se puede apreciar en la Tabla 8 y Figura 4, según el ensayo que mide el asentamiento del concreto (Slump) notamos que a mayor porcentaje de fibra de Maguey se reduce el asentamiento del concreto teniendo como asentamiento del concreto patrón

5 ½” y al adicionar el 0.75% de fibra de Maguey se tiene un asentamiento de 4”, teniendo una mezcla fluida.

**Tabla 8**

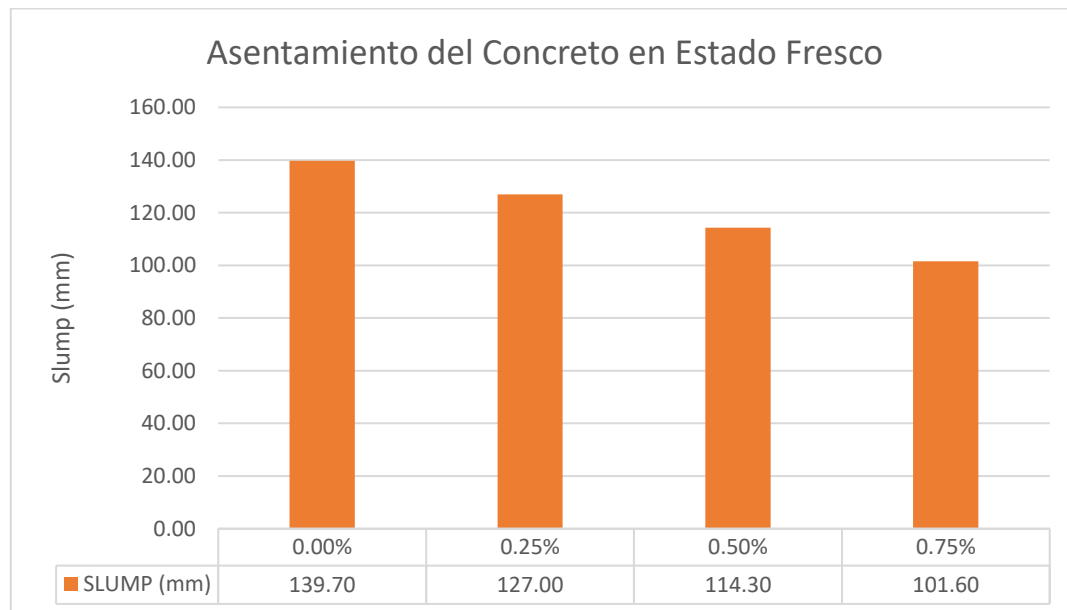
*Slump obtenidos de las mezclas de concreto en laboratorio.*

Identificación	% Fibra de	
	maguey	Slump (mm)
Diseño patrón (d0)	0.00%	139.70
Diseño 0.25% de maguey (d1)	0.25%	127.00
Diseño 0.50% de maguey (d2)	0.50%	114.30
Diseño 0.75% de maguey (d3)	0.75%	101.60

*Nota.* Baldeón (2022, p. 54)

**Figura 4**

*Resumen de Comparación de Asentamiento del Concreto con los % de adición de fibra de maguey*



*Nota.* Baldeón (2022, p. 54)

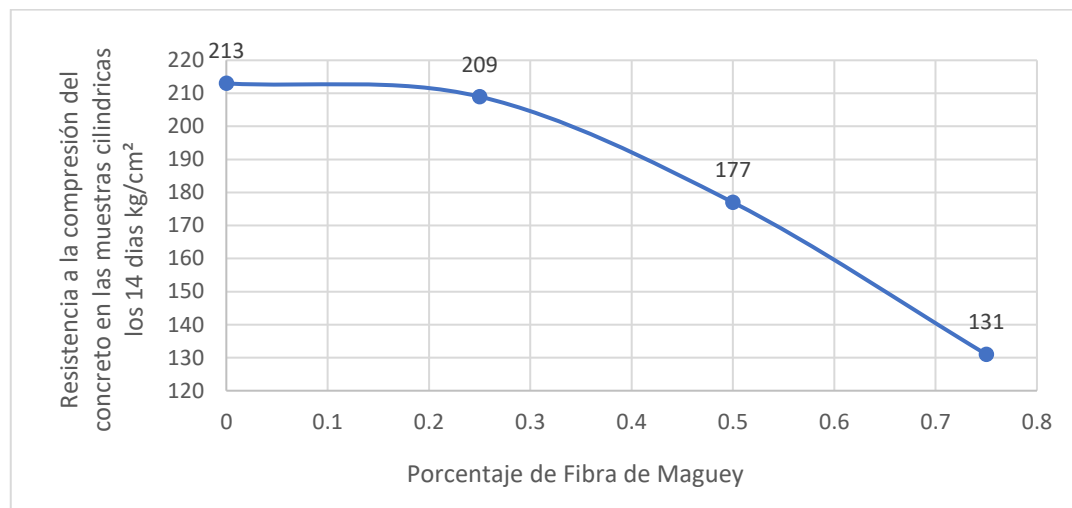
Como se puede observar en la Figura 5, se realizaron ensayos de Resistencia a la compresión en muestras cilíndricas a los 14 días, mediante el cual se pudo observar una tendencia decreciente respecto a la resistencia del diseño esperado, que de acuerdo con el ACI 318 debería alcanzar un 90% de su resistencia de diseño final (189 kg/cm<sup>2</sup>). Por un



lado, tenemos que los diseños con adición del 0.25 % que representa una resistencia a la compresión de 209 kg/cm<sup>2</sup>, el diseño con 0.50% de maguey con una resistencia de 177 kg/cm<sup>2</sup>, así como el diseño de 0.75% de maguey con una resistencia de 131 kg/cm<sup>2</sup> se encuentran por debajo de la resistencia del diseño esperado con 189 kg/cm<sup>2</sup>. Con ello podemos mencionar que existe un diferencial máximo de decrecimiento de la resistencia del 30.7 % obtenido cuando se emplea el concreto con diseño al 0.75% de maguey en comparación a la resistencia esperada de 189 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, a los 14 días de evaluación aun sería prematuro afirmar que la resistencia final del concreto decrecerá drásticamente con la adición de fibra de maguey.

**Figura 5**

*Variación de la resistencia a compresión a los 14 días*



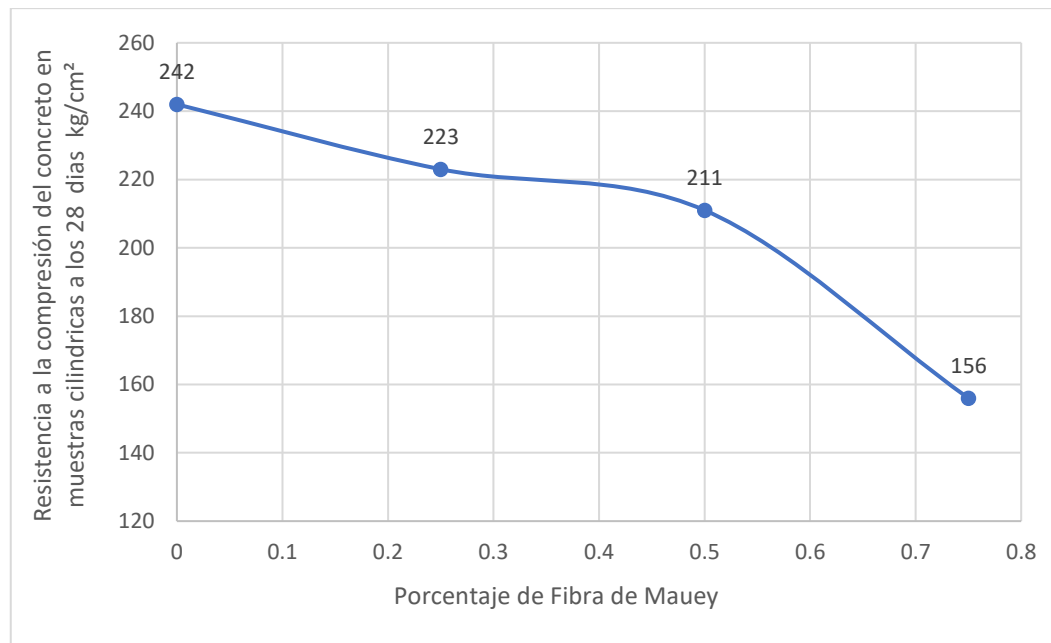
*Nota.* Baldeón (2022, p. 54)

Por otro lado, como se puede apreciar en la Figura 6, los valores de resistencia a compresión del concreto en muestras cilíndricas a los 28 días con los valores de 223 kg/cm<sup>2</sup>, 211 kg/cm<sup>2</sup> y 156 kg/cm<sup>2</sup> para los diseños con adición de fibra de maguey del 0.25%, 0.50% y 0.75% respectivamente siguen manteniendo la tendencia decreciente de resistencia como se aprecia en la figura, luego de 28 días aún existen diferenciales de decrecimiento significativos llegando a un máximo del 25.7 % cuando se emplea un diseño con 0.75% de maguey en comparación a la resistencia de diseño esperada de 210 kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo tanto los diseños con adición del 0.25% y 0.50% de fibra de maguey se encuentran por encima de lo esperado, alcanzando un incremento máximo de la resistencia del 6.2% cuando se utiliza el diseño con 0.25% de maguey. A lo expuesto

podemos mencionar también que existe una tendencia decreciente de la resistencia final del concreto cuando se utilizan dosificaciones de fibra superiores al 0.50% en volumen.

### Figura 6

*Variación de la resistencia a compresión a los 28 días*

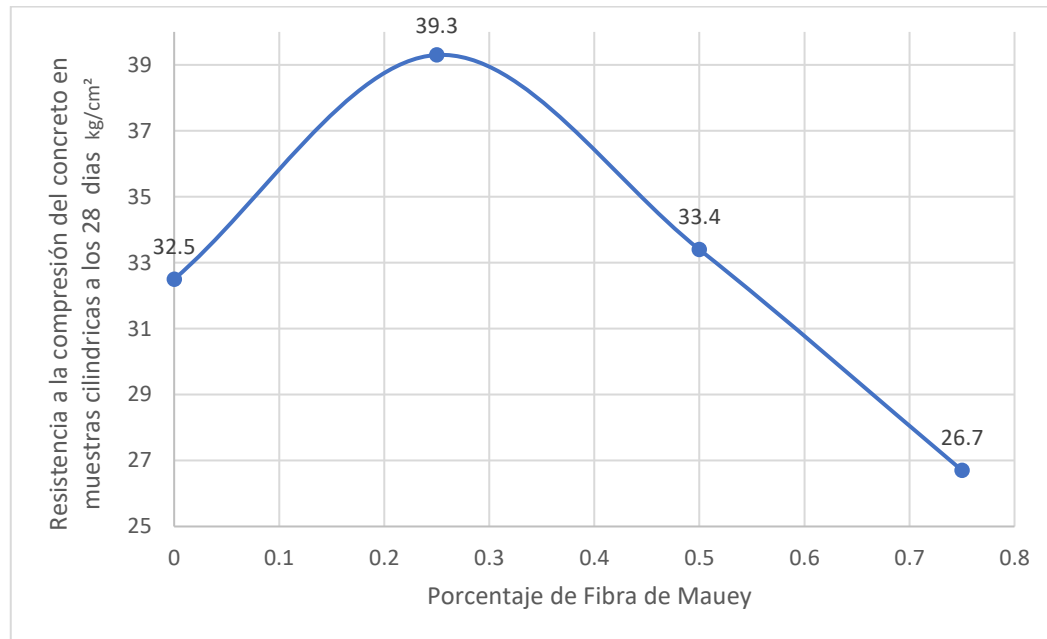


*Nota.* Baldeón (2022, p. 54)

Como se puede observar en la Figura 7, se realizaron ensayos de Resistencia a la flexión en muestras cilíndricas a los 28 días, mediante el cual se pudo observar una tendencia ascendente y luego decreciente respecto a la resistencia del diseño patrón como se aprecia en la figura. Por un lado, tenemos que los diseños con adición del 0.25 % que representan una resistencia la flexión del 39.3 kg/cm<sup>2</sup>, así como el diseño con 0.50% de maguey con una resistencia del 33.4 kg/cm<sup>2</sup>, se encuentran por encima del valor de resistencia a flexión del diseño patrón, por otro lado, el diseño al 0.75% de maguey con una resistencia de 26.7 kg/cm<sup>2</sup> se encuentra por debajo de la resistencia a flexión del diseño patrón cuyo valor es de 32.5 kg/cm<sup>2</sup>. Con ello podemos mencionar que existe un diferencial máximo de crecimiento de la resistencia a flexión del 21% y 3% obtenidos cuando se emplea el concreto con diseños al 0.25% y 0.50% de maguey respectivamente, sin embargo, el valor de la resistencia decrece hasta un 18% cuando se utiliza un diseño al 0.75% de maguey.

## Figura 7

Variación de la resistencia a flexión a los 28 días



Nota. Baldeón (2022, p. 54)

En conclusión, la dosificación volumétrica del 0.25% de fibra de maguey generó una resistencia al esfuerzo de compresión a los 28 días de 223 kg/cm<sup>2</sup> alcanzando el mayor incremento en la resistencia con un valor del 6.2% respecto al diseño esperado de 210 kg/cm<sup>2</sup> o la dosificación volumétrica del 0.50% de fibra de maguey generó una resistencia al esfuerzo de compresión a los 28 días de 211 kg/cm<sup>2</sup> encontrándose al límite sobre la resistencia esperada o La dosificación volumétrica del 0.75% de fibra de maguey generó una resistencia al esfuerzo de compresión a los 28 días de 156 kg/cm<sup>2</sup> el cual representa un decrecimiento diferencial del 25.7% respecto a la resistencia de diseño, esta dosificación generó el máximo decrecimiento obtenido de todos los diseños evaluados.

Asimismo, la dosificación volumétrica del 0.25% de fibra de maguey generó una resistencia al esfuerzo de flexión a los 28 días de 39.3 kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa una variación creciente del esfuerzo en 21% respecto al concreto patrón, cabe señalar que esta dosificación también representa la máxima variación obtenida de todas las dosificaciones evaluadas. La dosificación volumétrica del 0.50% de fibra de maguey generó una resistencia al esfuerzo de flexión a los 28 días de 33.4 kg/cm<sup>2</sup>, el cual representa una variación creciente del 3% respecto al concreto patrón. La dosificación volumétrica del 0.75% de fibra de maguey generó una resistencia al esfuerzo de flexión a los 28 días de 26.7 kg/cm<sup>2</sup> encontrándose por debajo de la resistencia a flexión del concreto patrón con

un valor de decrecimiento del 18%, esto evidencia que el uso de dosificaciones de fibras mayores al 0.50% proporcionan un decrecimiento significativo de la resistencia a flexión del concreto convencional.

Chinchayhuara Verde, C. (2020) comprobó el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, la resistencia del concreto para el diseño se trabajará con un  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, se utilizó fibra de penca de Maguey o llamado también por su especie planta de Agave con dimensiones de fibra entre 2.5 a 5 cm de longitud, diámetro entre 0.10 a 0.75 mm y dosificaciones del 0.50% y 1.00% y 1.5% respecto al volumen del concreto empleado, para evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado fresco como el asentamiento del concreto y endurecido como la resistencia a la compresión, tracción y flexión mediante ensayos de laboratorio a los 7,14 y 28 días.

Como se puede apreciar en la Tabla 9 y Figura 8, según el ensayo que mide el asentamiento del concreto se puede precisar que, al incorporar fibra de agave, el Slump del concreto se reduce con respecto al concreto patrón. Esto, indica que a más cantidad de fibra el concreto se hace menos trabajable.

**Tabla 9**

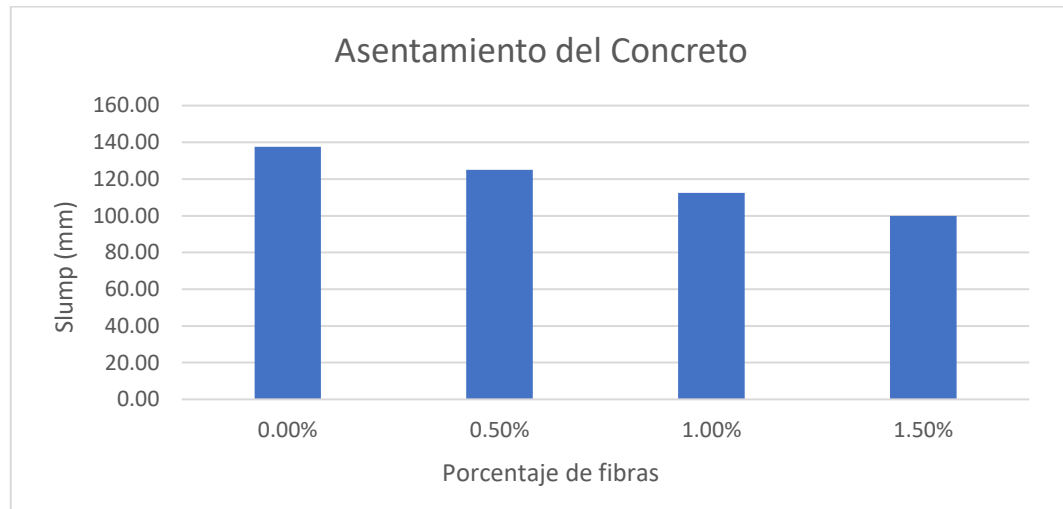
*Asentamiento del concreto*

Asentamiento del concreto			
Muestra	% Fibra de maguey	Slump (cm)	Slump (mm)
M0	0.00%	13.75	137.50
M1	0.50%	12.50	125.00
M2	1.00%	11.25	112.50
M3	1.50%	10.00	100.00

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

**Figura 8**

*Grafica del ensayo de asentamiento del concreto*



*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

En la Tabla 10 y Figura 9, podemos observar que al incorporar 0.50%, 1.00% y 1.50% de fibra de agave la resistencia del concreto a los 7 días es de 179.9 kg/cm<sup>2</sup>, 175.1 kg/cm<sup>2</sup> y 168.4 kg/cm<sup>2</sup>, en los cuales la resistencia a compresión de los porcentajes de 0.5% y 1.00% de fibra influyen de manera positiva con respecto al concreto patrón; mientras que

**Tabla 10**

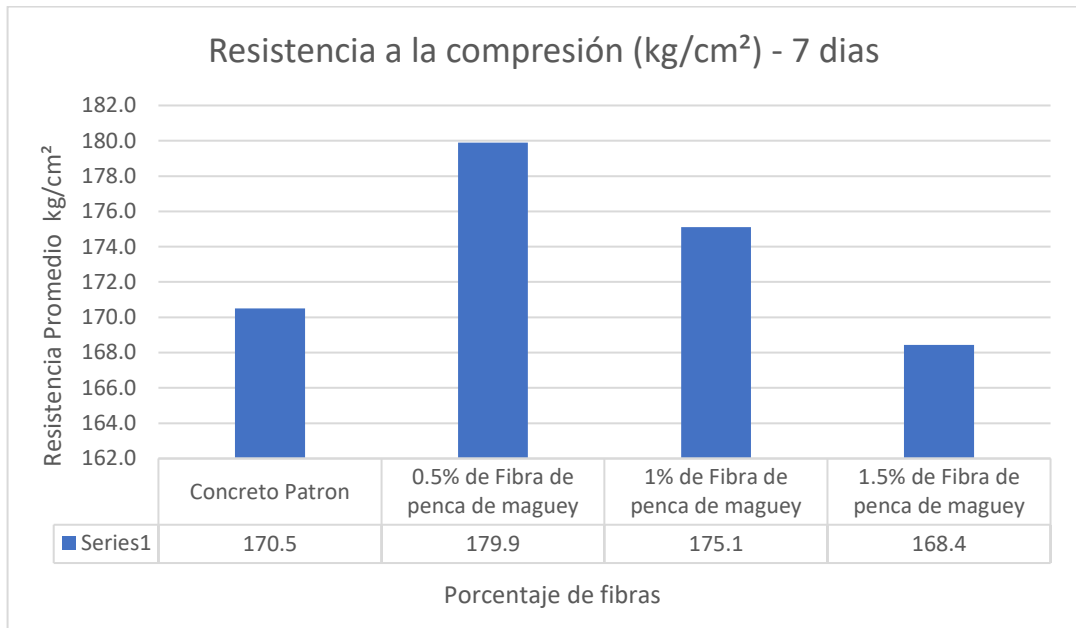
*Resistencia a compresión a los 7 días*

Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) - 7 días				
Muestra	% Fibra de maguey	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	% F'c	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
M0	Concreto Patrón	168.7	80.3	170.5
		170.1	81.0	
		172.7	82.2	
M1	0.5% de Fibra de penca de maguey	180.4	85.9	179.9
		180.3	85.9	
		179.0	85.2	
M2	1% de Fibra de penca de maguey	175.3	83.5	175.1
		172.3	82.0	
		177.7	84.6	
M3	1.5% de Fibra de penca de maguey	165.8	79.0	168.4
		170.2	81.0	
		169.3	80.6	

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

**Figura 9**

*Grafica resistencia a la compresión 7 días*



*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

En la Tabla 11 y Figura 10, podemos observar que al incorporar 0.50%, 1.00% y 1.50% de fibra agave la resistencia a compresión del concreto a los 14 días es de 228.7, 223.6 y 210.7 kg/cm<sup>2</sup>, en los cuales la resistencia a compresión de los porcentajes de 0.5 y 1 % de fibra influyen de manera positiva con respecto al concreto patrón; mientras que la resistencia con porcentaje del 1.5 % influye de manera negativa con respecto a la del concreto patrón de 212.8 kg/cm<sup>2</sup>

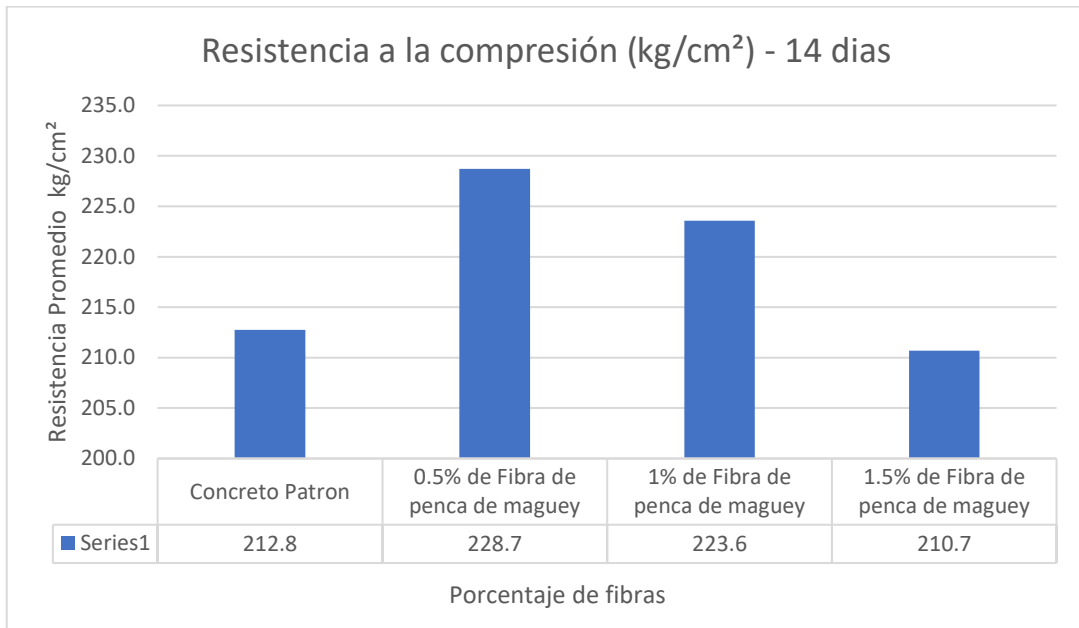
**Tabla 11***Resistencia a compresión a los 14 días*

Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) - 14 días				
Muestra	% Fibra de maguey	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	% F'c	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
M0	Concreto Patrón	209.3	99.7	212.8
		213.5	101.7	
M1	0.5% de Fibra de penca de maguey	215.5	102.6	228.7
		230.9	110.0	
		229.3	109.2	
		225.9	107.6	
M2	1% de Fibra de penca de maguey	224.7	107.0	223.6
		226.1	107.7	
		219.9	104.7	
M3	1.5% de Fibra de penca de maguey	210.7	100.3	210.7
		211.5	100.7	
		209.9	100.0	

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

**Figura 10**

*Gráfica resistencia compresión 14 días*



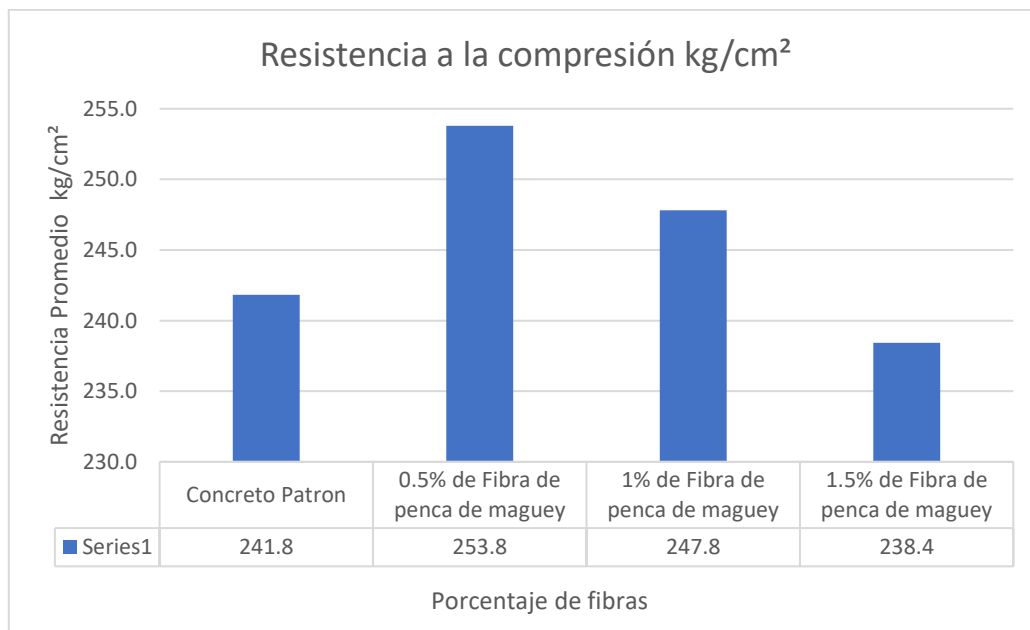
*Nota.* Chinchayhuara (2020, p.63)

En la Tabla 12 y Figura 11, podemos observar que al incorporar 0.50%, 1.00% y 1.50% de fibra agave la resistencia a compresión del concreto a los 28 días es de 253.8, 247.8 y 238.4 kg/cm<sup>2</sup>, en los cuales la resistencia a compresión de los porcentajes de 0.5 y 1 % de fibra influyen de manera positiva con respecto al concreto patrón; mientras que la resistencia con porcentaje del 1.5 % influye de manera negativa con respecto a la del concreto patrón de 241.8 kg/cm<sup>2</sup>.



**Tabla 12***Resistencia a compresión a los 28 días*

Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) - 28 días				
Muestra	% Fibra de maguey	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	% F'c	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
M0	Concreto Patrón	241.6	115.0	241.8
		243.0	115.7	
		240.9	114.7	
M1	0.5% de Fibra de penca de maguey	251.4	119.7	253.8
		254.2	121.0	
		255.8	121.8	
M2	1% de Fibra de penca de maguey	247.7	118.0	247.8
		248.6	118.4	
		247.1	117.7	
M3	1.5% de Fibra de penca de maguey	236.1	112.4	238.4
		239.0	113.8	
		240.2	114.4	

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)**Figura 11***Grafica resistencia a la compresión 28 días**Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

En la Tabla 13 y Figura 12, podemos observar que al incorporar 0.50%, 1.00% y 1.50% de fibra agave la resistencia a tracción del concreto a los 7 días es de 22.9, 21.0 y 19.8 kg/cm<sup>2</sup>, en los cuales la resistencia a tracción de los porcentajes de 0.5 y 1 % de fibra influyen de manera positiva con respecto al concreto patrón; mientras que la resistencia con porcentaje del 1.5 % influye de manera negativa con respecto a la resistencia del concreto patrón de 20.2 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 13**

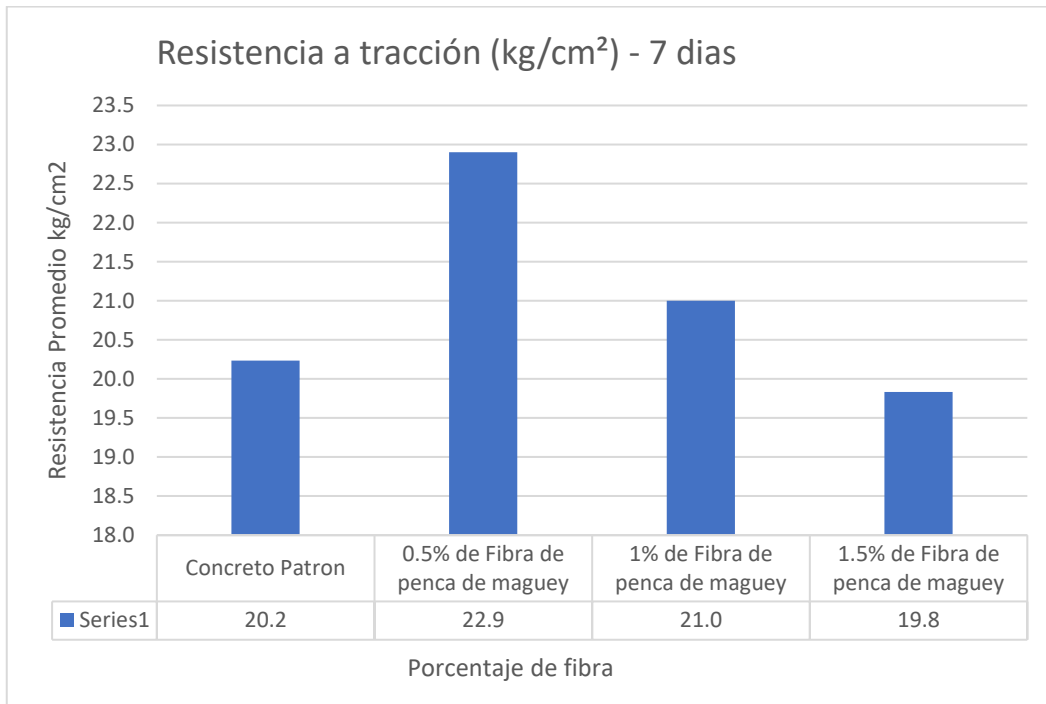
*Resistencia a tracción 7 días*

Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) - 7 días				
Muestra	% Fibra de maguey	Carga kg	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
M0	Concreto Patrón	6622.0	21.1	20.2
		6272.0	20.0	
		6160.0	19.6	
M1	0.5% de Fibra de penca de maguey	7231.0	23.0	22.9
		7121.0	22.7	
		7217.0	23.0	
		6584.0	21.0	
M2	1% de Fibra de penca de maguey	6682.0	21.3	21.0
		6517.0	20.7	
		6242.0	19.9	
M3	1.5% de Fibra de penca de maguey	6184.0	19.7	19.8
		6241.0	19.9	

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

**Figura 12**

*Grafica resistencia a tracción 7 días*



*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

En la Tabla 14 y Figura 13, podemos observar que al incorporar 0.50%, 1.00% y 1.50% de fibra agave la resistencia a tracción del concreto a los 14 días es de 24.3, 22.2 y 20.9 kg/cm<sup>2</sup>, en los cuales la resistencia a tracción de los porcentajes de 0.5 y 1 % de fibra influyen de manera positiva con respecto al concreto patrón; mientras que la resistencia con porcentaje del 1.5 % influye de manera negativa con respecto a la resistencia del concreto patrón de 21.6 kg/cm<sup>2</sup>.

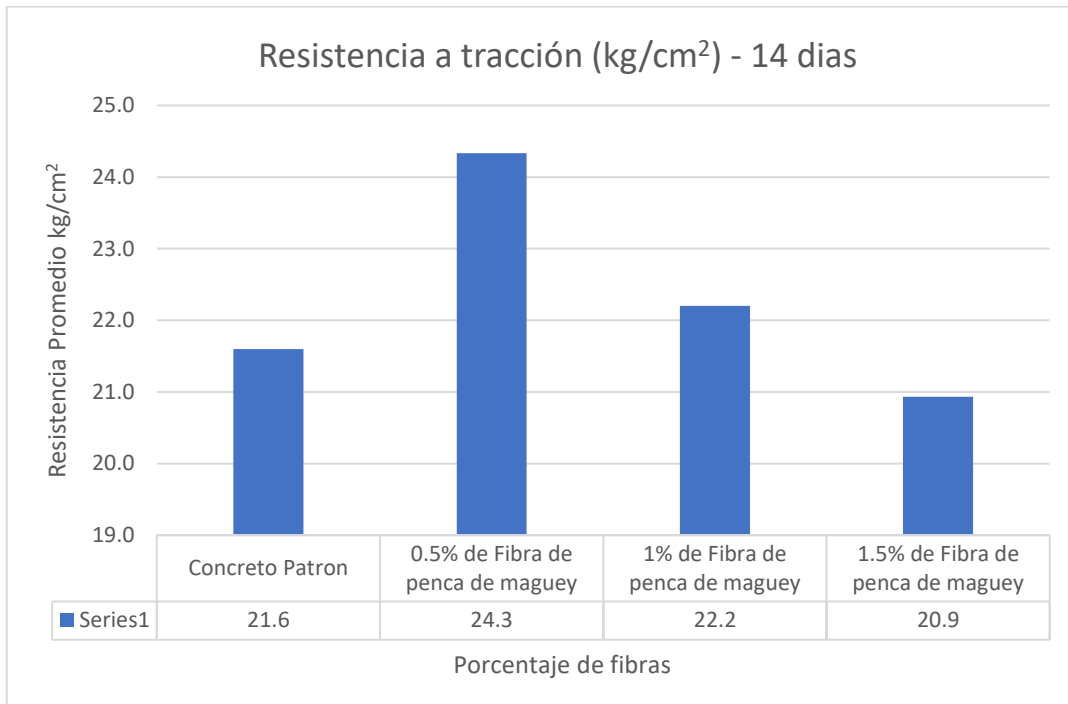
**Tabla 14***Resistencia a tracción 14 días*

Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) - 14 días				
Muestra	% Fibra de maguey	Carga kg	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
M0	Concreto Patrón	6752.0	21.5	21.6
		6812.0	21.7	
M1	0.5% de Fibra de penca de maguey	6796.0	21.6	24.3
		7698.0	24.5	
		7584.0	24.1	
		7659.0	24.4	
M2	1% de Fibra de penca de maguey	7015.0	22.3	22.2
		6915.0	22.0	
		6998.0	22.3	
M3	1.5% de Fibra de penca de maguey	6687.0	21.3	20.9
		6518.0	20.7	
		6519.0	20.8	

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

**Figura 13**

*Grafica resistencia a tracción 14 días*

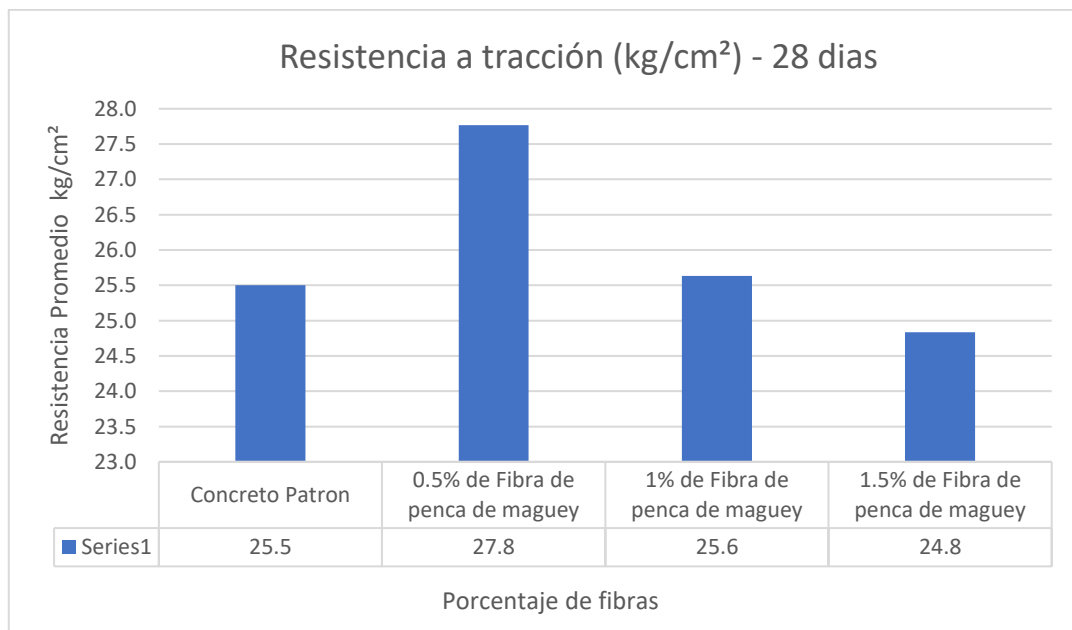


*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

En la Tabla 15 y Figura 14, podemos observar que al incorporar 0.50%, 1.00% y 1.50% de fibra agave la resistencia a tracción del concreto a los 28 días es de 27.7, 25.6 y 24.9 kg/cm<sup>2</sup>, en los cuales la resistencia a tracción de los porcentajes de 0.5 y 1 % de fibra influyen de manera positiva con respecto al concreto patrón; mientras que la resistencia con porcentaje del 1.5 % influye de manera negativa con respecto a la resistencia del concreto patrón de 25.5 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 15***Resistencia a tracción – 28 días*

Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) - 28 días				
Muestra	% Fibra de maguey	Carga kg	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
M0	Concreto Patrón	7969.0	25.4	25.5
		8052.0	25.6	
		8018.0	25.5	
M1	0.5% de Fibra de penca de maguey	8718.0	27.8	27.8
		8692.0	27.7	
		8725.0	27.8	
M2	1% de Fibra de penca de maguey	8014.0	25.5	25.6
		8096.0	25.8	
		8035.0	25.6	
M3	1.5% de Fibra de penca de maguey	7868.0	25.0	24.9
		7737.0	24.6	
		7816.0	24.9	

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)**Figura 14***Grafica resistencia tracción 28 días**Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

En la Tabla 16 y Figura 15, podemos observar que, a los 7 días de edad al incorporar 0.5%, 1.0% y 1.5 % de fibra de agave el módulo de rotura del concreto es de 34.6 kg/cm<sup>2</sup>, 35.5 kg/cm<sup>2</sup> y 34.6 kg/cm<sup>2</sup>, cuyos valores son mayores al módulo de rotura de la muestra patrón que solo obtuvo 33.2 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 16**

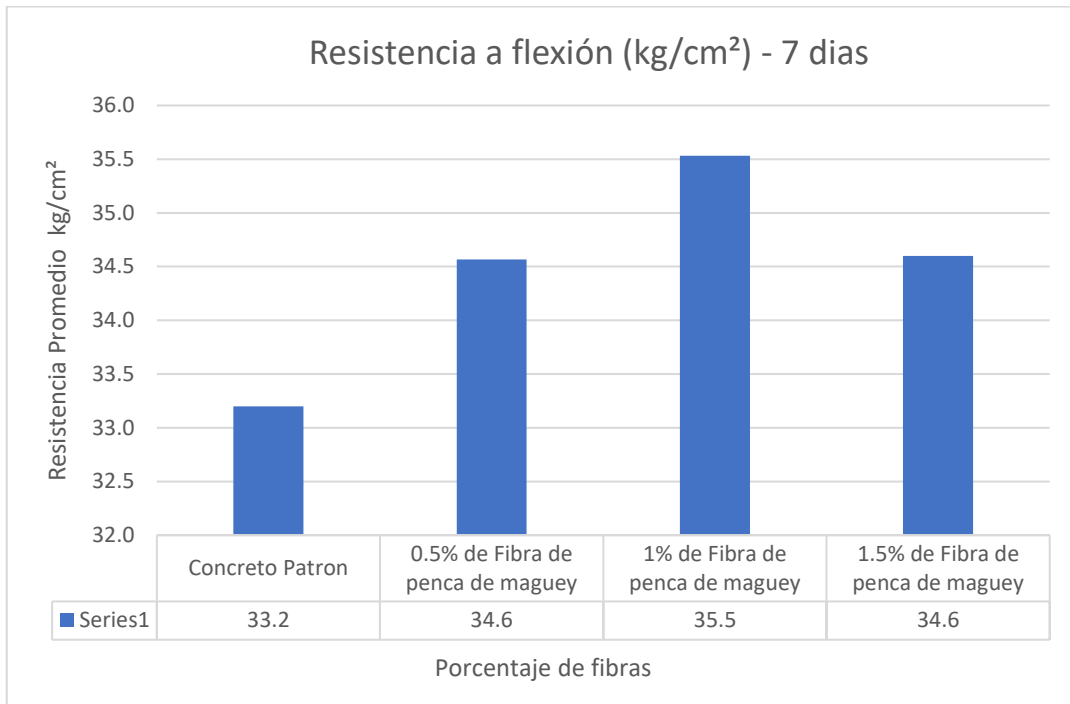
*Resistencia a flexión a los 7 días*

Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> ) - 7 días			
Muestra	% Fibra de maguey	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
M0	Concreto Patrón	32.8	33.2
		33.5	
M1	0.5% de Fibra de penca de maguey	33.3	34.6
		34.2	
		34.9	
		34.6	
M2	1% de Fibra de penca de maguey	35.3	35.5
		35.7	
		35.6	
M3	1.5% de Fibra de penca de maguey	34.5	34.6
		34.8	
		34.5	

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

**Figura 15**

*Grafica resistencia a flexión – 7 días*



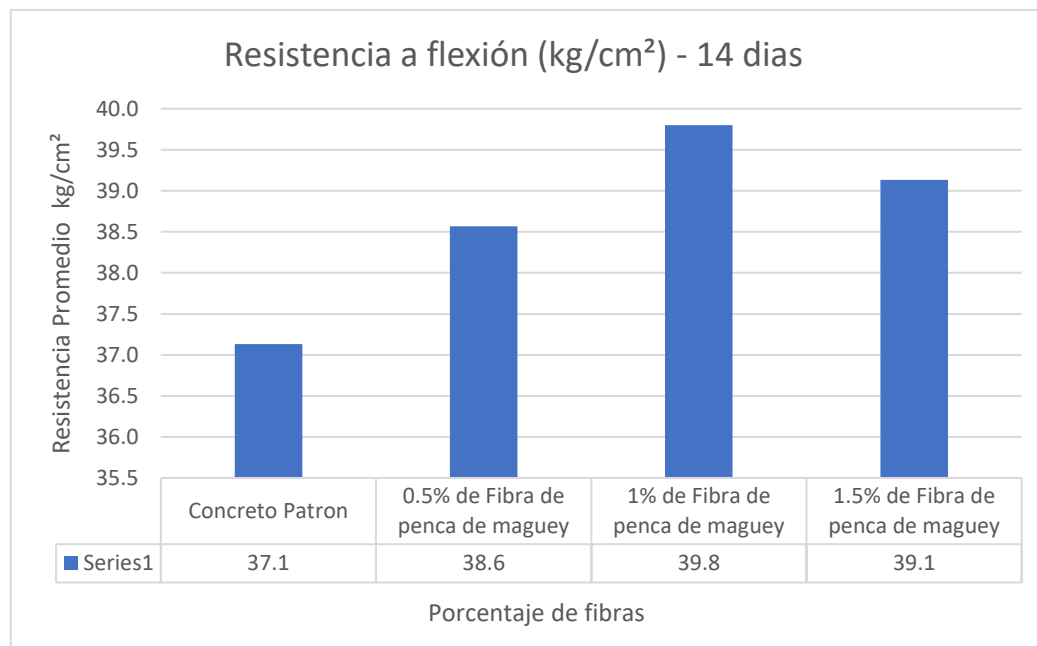
*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

En la Tabla 17 y Figura 16, podemos observar que, a los 14 días de edad, al incorporar 0.50%, 1.00% y 1.50 % de fibra de agave el módulo de rotura del concreto es de 38.6 kg/cm<sup>2</sup>, 39.8 kg/cm<sup>2</sup> y 39.1 kg/cm<sup>2</sup>, cuyos valores son mayores al módulo de rotura de la muestra patrón que solo obtuvo 37.1 kg/cm<sup>2</sup>.



**Tabla 17***Resistencia a flexión – 14 días*

Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> ) - 14 días			
Muestra	% Fibra de maguey	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
M0	Concreto Patrón	36.9	37.1
		37.4	
		37.1	
M1	0.5% de Fibra de penca de maguey	38.9	38.6
		38.4	
		38.4	
M2	1% de Fibra de penca de maguey	40.2	39.8
		39.6	
		39.6	
M3	1.5% de Fibra de penca de maguey	39.4	39.1
		39.2	
		38.8	

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)**Figura 16***Grafica resistencia a flexión – 14 días**Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

En la Tabla 18 y Figura 17, podemos observar que, a los 28 días de edad, al incorporar 0.50%, 1.00% y 1.50 % de fibra de agave el módulo de rotura del concreto es de 44.9, 45.7 y 45.4 kg/cm<sup>2</sup>, cuyos valores son mayores al módulo de rotura de la muestra patrón que solo obtuvo 43.9 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 18**

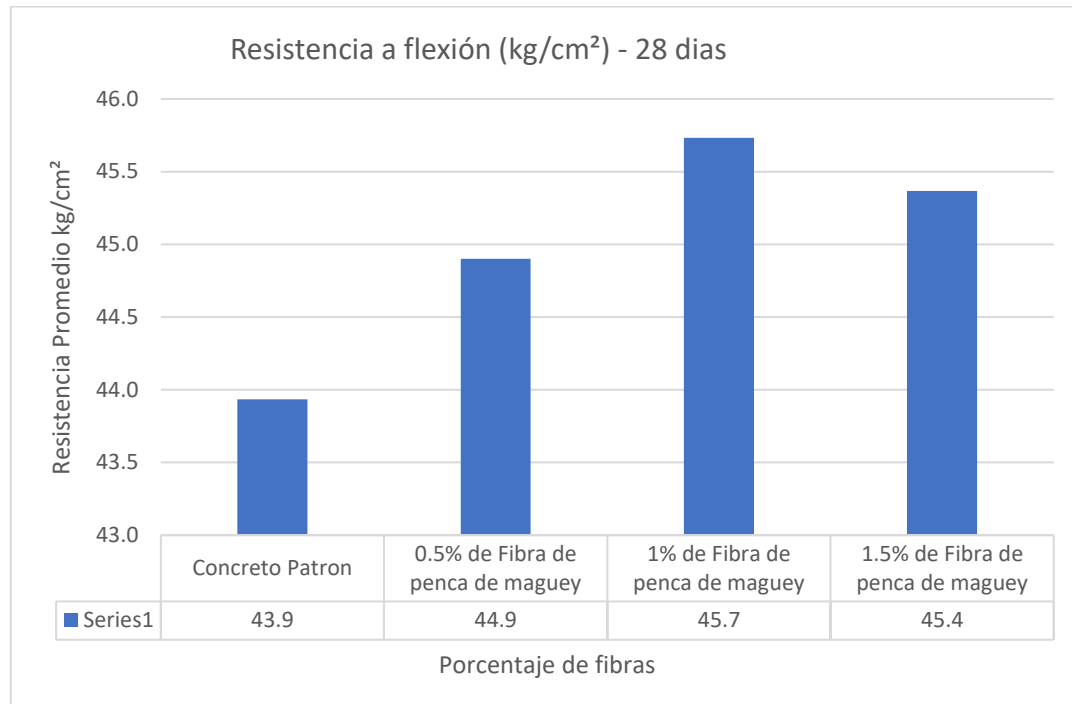
*Resistencia a flexión – 28 días*

Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> ) - 28 días			
Muestra	% Fibra de maguey	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
		43.7	
M0	Concreto Patrón	44.2	43.9
		43.9	
		44.7	
M1	0.5% de Fibra de penca de maguey	45.0	44.9
		45.0	
		45.7	
M2	1% de Fibra de penca de maguey	45.8	45.7
		45.7	
		45.5	
M3	1.5% de Fibra de penca de maguey	45.3	45.4
		45.3	

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

**Figura 17**

*Grafica resistencia a flexión – 28 días*



*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio de los ensayos del concreto tanto fresco como endurecido es posible afirmar que la incorporación de fibra de agave influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto tanto de manera positiva como negativa. Por un lado, en cuanto a propiedades mecánicas la adición de 0.5 y 1 % influye de manera positiva y la adición de 1.5 % influye de manera negativa con respecto a la resistencia a la compresión y tracción, además con respecto a la resistencia a flexión influye de manera positiva. Por otro lado, en cuanto a las propiedades físicas, se determinó que, a más porcentaje incorporado, el concreto es menos trabajable.

Hilario Álvarez, D. A. y Sifuentes Zorrilla, F. U. (2021) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, la resistencia del concreto para el diseño se trabajará con un  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, se utilizó fibra seca de agave amarillo en porcentajes de 0.5%, 0.8% y 1% respecto al peso del concreto, para evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado fresco como medir el asentamiento, propiedades del concreto en estado endurecido como la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción mediante ensayos de laboratorio a los 7 y 28 días de curado del concreto.

Se realizaron ensayos de Resistencia a la compresión con 4 diseños (0.00%,0.50%, 0.80% y 1.00%), y se realizaron ensayos de tracción con 4 diseños (0.00%, 0.50%, 0.80% y 1.00%), a los 7 y 28 días y por cada diseño se realizarán 3 muestras, resultando un total de 24 probetas cilíndricas y para la Resistencia a la tracción se realizarán 24 probetas.

Como se puede observar en la Tabla 19 y Figura 18, para el concreto patrón tenemos una resistencia a la compresión de 226.40 kg/cm<sup>2</sup>, para 0.5% de fibra tenemos  $f'_c=278.20$  kg/cm<sup>2</sup>, para 0.8% de fibra tenemos  $f'_c=247.30$  kg/cm<sup>2</sup> y para 1% de fibra tenemos  $f'_c=213.70$  kg/cm<sup>2</sup>; por lo que al elegirse porcentajes de fibra seca de agave amarillo que iban desde un 0.5% hasta un 1%, se tuvo la máxima resistencia a la compresión del concreto en el menor porcentaje elegido (0.5%), y con la adición de fibra de agave amarillo en 1% la resistencia disminuyó hasta por debajo de la resistencia del concreto patrón; por lo que se recomienda emplear la fibra seca de agave amarillo en porcentajes menores al 0.5%, hasta obtener la curva para la óptima resistencia a la Compresión.

**Tabla 19**

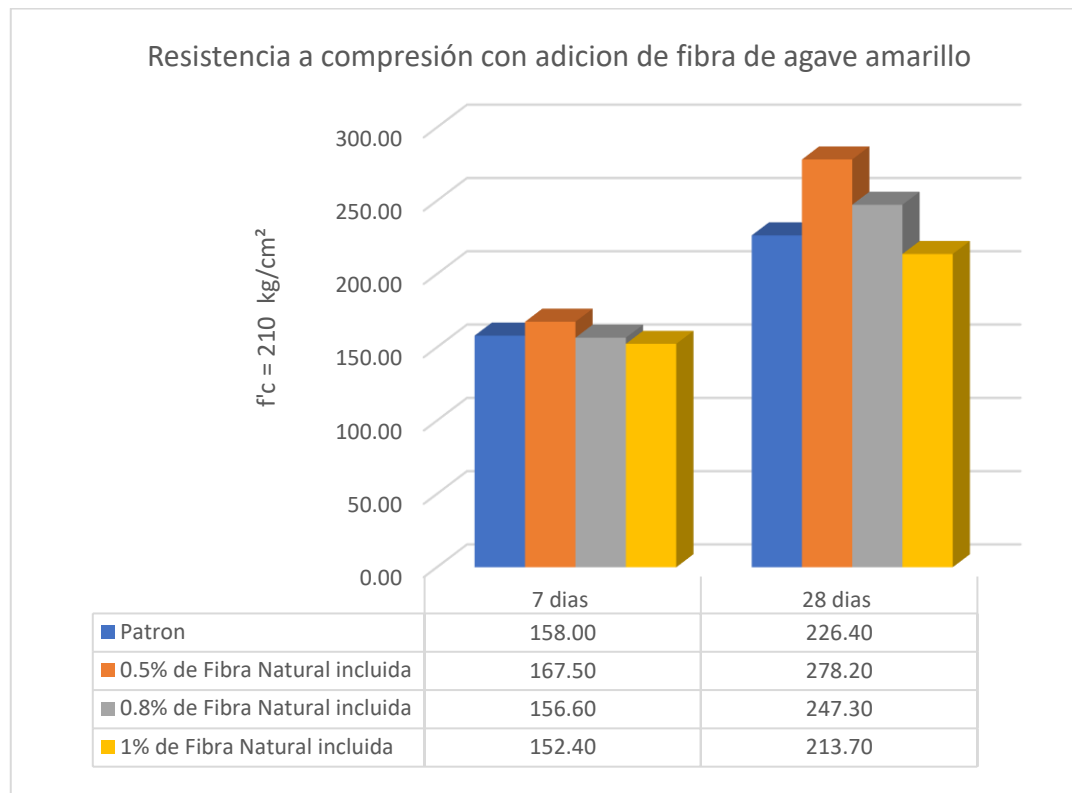
*Resumen de ensayo de la resistencia a la Compresión*

Concreto de resistencia $f'_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup>	7 días	28 días
Patrón	158.00	226.40
0.5% de Fibra Natural incluida	167.50	278.20
0.8% de Fibra Natural incluida	156.60	247.30
1% de Fibra Natural incluida	152.40	213.70

*Nota.* Hilario y Sifuentes (2021, p. 18)

**Figura 18**

*Resumen de Comparación de Resistencia del concreto a la compresión*

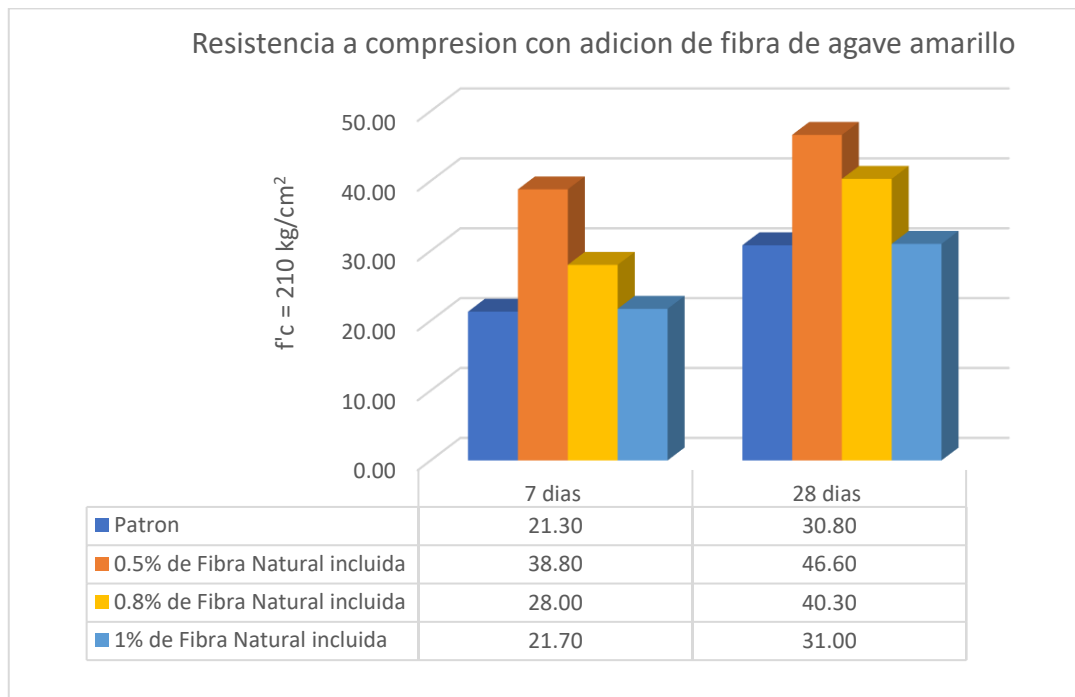


*Nota.* Hilario y Sifuentes (2021, p. 18)

Como se puede apreciar en la Tabla 20 y Figura 19, para el concreto patrón tenemos una resistencia a la tracción de 30.80 kg/cm<sup>2</sup>, para 0.5% de fibra tenemos  $f_y=46.60$  kg/cm<sup>2</sup>, para 0.8% de fibra tenemos  $f_y=40.30$  kg/cm<sup>2</sup> y para 1% de fibra tenemos  $f_y=31.00$  kg/cm<sup>2</sup>; por lo que al elegirse porcentajes de fibra seca de agave amarillo que iban desde un 0.5% hasta un 1%, se tuvo la máxima resistencia a tracción indirecta del concreto en el menor porcentaje elegido (0.5%), y con la adición de fibra de agave amarillo en 1% la resistencia disminuyó hasta tener similar resistencia del concreto patrón; por lo que se recomienda emplear la fibra seca de agave amarillo en porcentajes menores al 0.5%, hasta obtener la curva para la óptima resistencia a la Tracción.

**Tabla 20***Resumen de ensayo de la resistencia a la Tracción Indirecta*

Concreto de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7 días	28 días
Patrón	21.30	30.80
0.5% de Fibra Natural incluida	38.80	46.60
0.8% de Fibra Natural incluida	28.00	40.30
1% de Fibra Natural incluida	21.70	31.00

*Nota.* Hilario y Sifuentes (2021, p. 18)**Figura 19***Resumen de Comparación de Resistencia del concreto a la Tracción Indirecta**Nota.* Hilario y Sifuentes (2021, p. 18)

Como se puede apreciar en la Tabla 21 y Figura 20, para el concreto patrón tenemos un SLUMP de 62.50 mm, para 0.5% de fibra tenemos 60.0 mm, para 0.8% de fibra tenemos 55.00 mm y para 1% de fibra tenemos 50.00 mm; por lo que al elegirse porcentajes de fibra seca de agave amarillo que iban desde un 0.5% hasta un 1%, se obtuvo la disminución del Asentamiento comparados con el asentamiento del Concreto Patrón, porque con la incorporación de fibra seca de agave amarillo en porcentaje de 0.5%. 0.8% y 1% el asentamiento disminuyó; por lo que se recomienda emplear algún aditivo plastificante que mejore la trabajabilidad.

**Tabla 21**

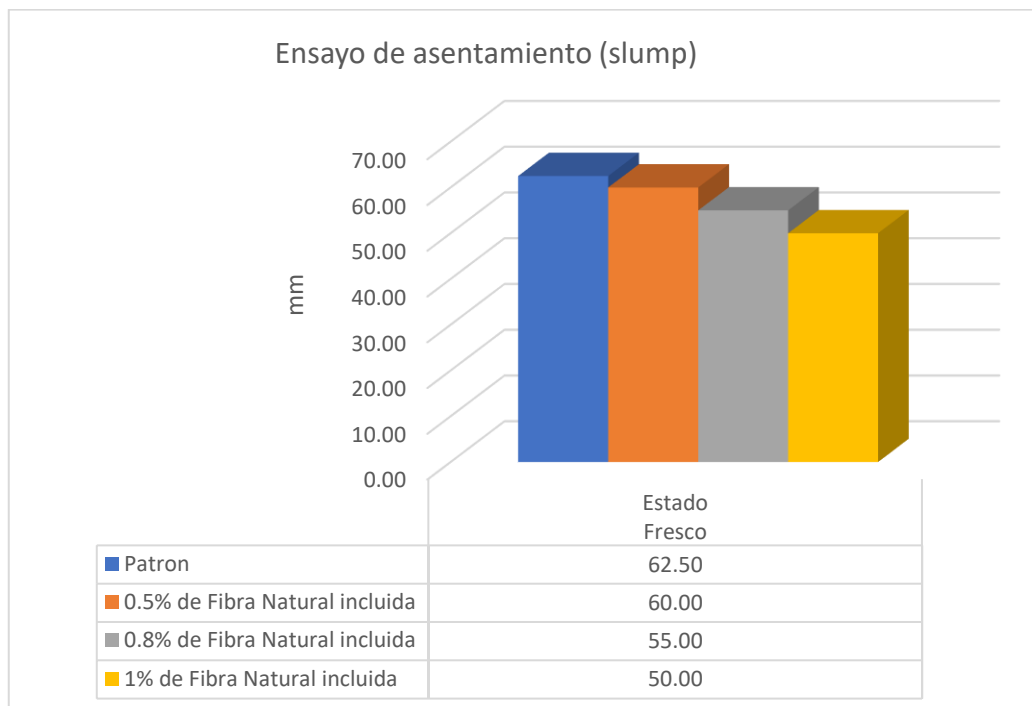
*Resumen de ensayo del asentamiento*

Concreto de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Estado Fresco (mm)
Patrón	62.50
0.5% de Fibra Natural incluida	60.00
0.8% de Fibra Natural incluida	55.00
1% de Fibra Natural incluida	50.00

*Nota.* Hilario y Sifuentes (2021, p. 18)

**Figura 20**

*Resumen de Comparación de Asentamiento del Concreto con los % (0.5%, 0.8% y 1.0%) de adición de fibra de agave amarillo*



*Nota.* Hilario y Sifuentes (2021, p. 18)

Fernández Ladera, D. A., y Huarcaya Escobedo, P. O. (2019) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, la resistencia del concreto para el diseño se trabajará con un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Asimismo, se utilizó fibra de Maguey, concreto con adición de jugo de maguey al 3%, 5% y 10% y concreto con adición de fibra al 1%, 1.5% y 2%, para evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado fresco como el asentamiento del concreto y en estado

endurecido como la resistencia a la compresión y flexión, mediante ensayos de laboratorio a los 7,14 y 28 días.

En la presente investigación usaremos la población conformada por 48 probetas de concreto (12 de control y 36 con fibra de maguey), 24 vigas de concreto (6 de control y 18 con fibra de maguey) y 2 losas (1 control y 1 con fibra de maguey).

En la Tabla 22 y Figura 21, se muestra el asentamiento del concreto tanto convencional y con fibra al 1%, 1.5% y 2%; asimismo se detalla la variación porcentual respecto al concreto convencional. Por lo tanto, se ha comparado un concreto convencional de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> respecto a un concreto con fibra de maguey al 1%, 1.5 y 2%; de acuerdo a los resultados se tiene que, a mayor adición de fibra de maguey el asentamiento se va incrementado lo cual influye en la trabajabilidad y la consistencia del concreto, siendo así que, el concreto convencional, concreto con adición de fibra de maguey al 1%, 1.5% y 2% se encuentran dentro del rango denominado plástico considerados como trabajables.

**Tabla 22**

*Asentamiento del concreto con adición de fibra de maguey*

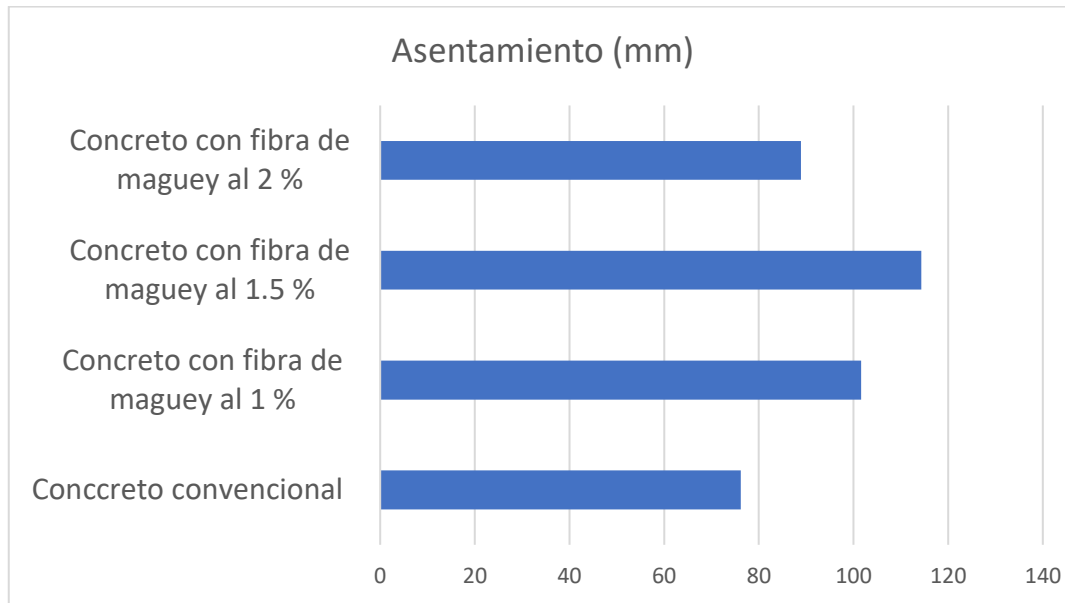
Muestra	Slump (mm)	Variación respecto al convencional
Concreto convencional	76.20	0%
Concreto con fibra de maguey al 1 %	101.60	33%
Concreto con fibra de maguey al 1.5 %	114.30	50%
Concreto con fibra de maguey al 2 %	88.90	17%

*Nota.* Fernández y Huarcaya (2019, p. 75)



**Figura 21**

*Slump del concreto con adición de fibra de maguey*

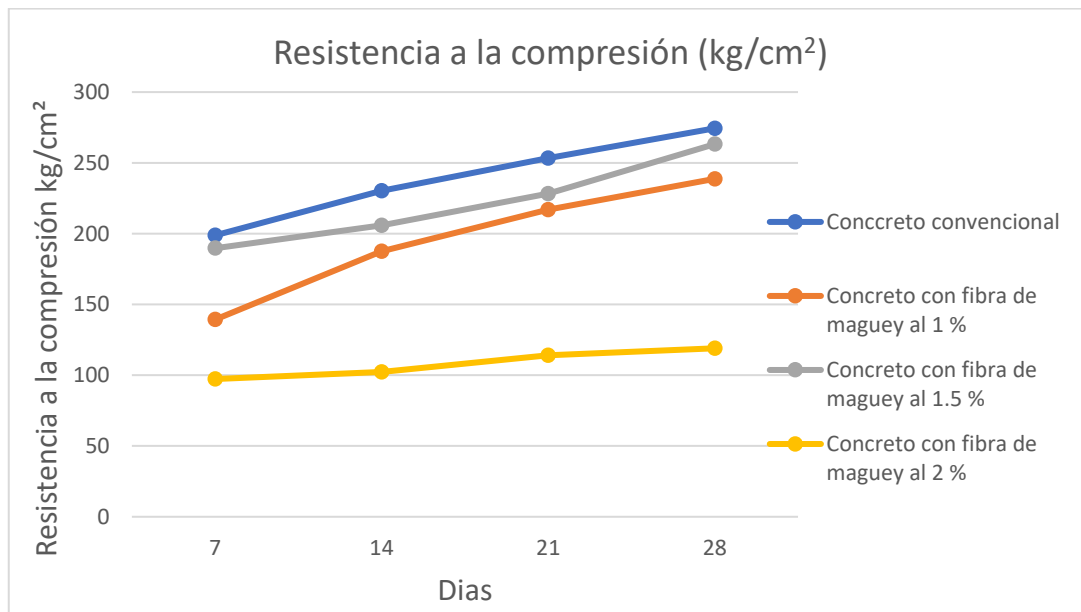


*Nota.* Fernández y Huarcaya (2019, p. 75)

Asimismo, existe una Influencia de la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido, la Tabla 23 y Figura 12 muestra la resistencia a compresión del concreto convencional y concreto con fibra de maguey al 1%, 1.5% y 2%, a los 7, 14, 21 y 28 días. Se ha evaluado la influencia de la fibra de maguey en la resistencia a compresión del concreto, para lo cual se ha comparado el comportamiento del concreto convencional de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> respecto al concreto con adición de fibra de maguey al 1%, 1.5% y 2% tal como se muestra en la Tabla, tanto en 7, 14, 21 y 28 días; teniendo en cuenta lo establecido por la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones que señala que, el promedio de tres ensayos consecutivos de compresión debe ser igual o mayor a la resistencia de diseño se deduce que, el concreto convencional y el concreto con fibra de maguey al 1% y 1.5% presentan resistencia mayor a la de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>), adicional a ello se cumple con otra de las premisas de la Norma E.060 donde ningún ensayo individual de resistencia está por debajo de la resistencia de diseño por más de 35 kg/cm<sup>2</sup>. Con respecto al 2%, se ha descartado debido a que no cumple lo especificado en las normas; cabe mencionar que en la investigación de Ochoa (2009) también se obtuvo resultados donde la resistencia a compresión por la adición de fibra de maguey se vio reducida respecto a la muestra de control.

**Tabla 23***Resistencia a la compresión del concreto con adición de fibra de maguey*

Muestra	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			
	7	14	21	28
Concreto convencional	198.80	230.30	253.40	274.40
Concreto con fibra de maguey al 1 %	139.30	187.60	217.00	238.70
Concreto con fibra de maguey al 1.5 %	189.70	205.80	228.20	263.20
Concreto con fibra de maguey al 2 %	97.30	102.20	114.10	119.00

*Nota.* Fernández y Huarcaya (2019, p. 75)**Figura 22***Resistencia a la compresión del concreto con fibra de maguey**Nota.* Fernández y Huarcaya (2019, p. 75)

Asimismo, existe una Influencia de la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido, la Tabla 24 y Figura 23, muestra la resistencia a la flexión del concreto convencional y concreto con fibra de maguey al 1%, 1.5% y 2%, a los 7 y 28 días. Se ha evaluado la resistencia a la flexión del concreto, donde el concreto con adición de fibra de maguey al 1.5% presentó mayor resistencia a flexión a diferencia del

concreto con adición de fibra de maguey al 1% y 2%; estos resultados se comparten con la investigación similar realizada por Pajares (2015).

**Tabla 24**

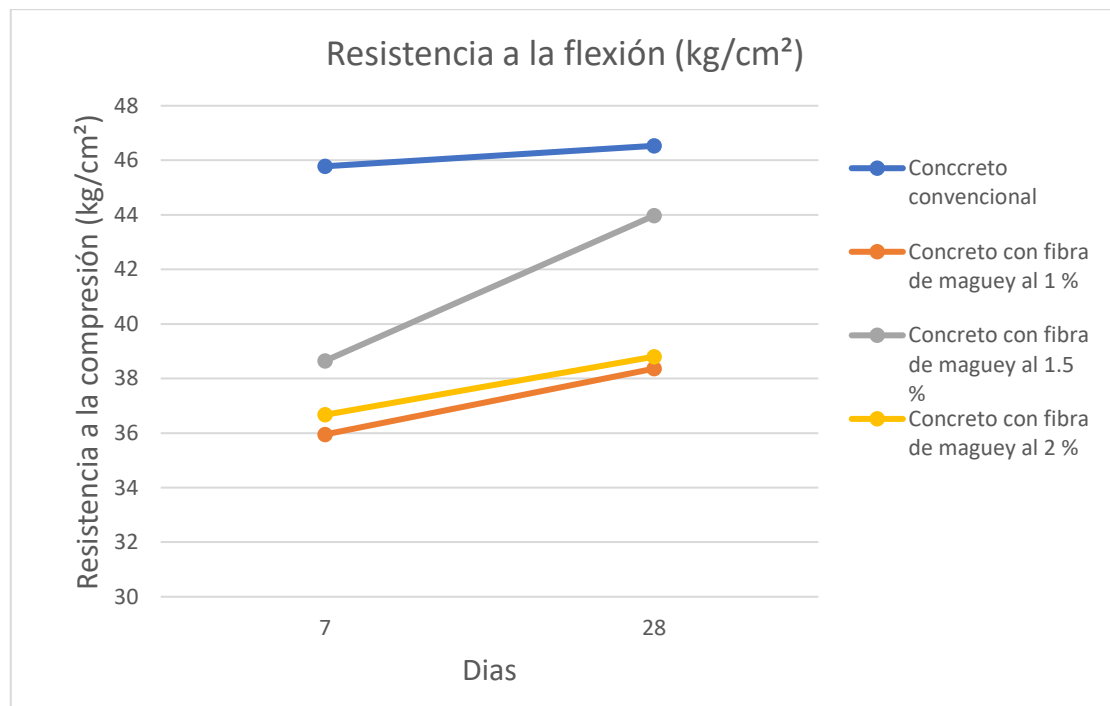
*Resistencia a la flexión del concreto adicionando fibra de maguey*

Muestra	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7	28
Concreto convencional	45.78	46.53
Concreto con fibra de maguey al 1 %	35.95	38.36
Concreto con fibra de maguey al 1.5 %	38.65	43.97
Concreto con fibra de maguey al 2 %	36.67	38.80

*Nota.* Fernández y Huarcaya (2019, p. 75)

**Figura 23**

*Resistencia a flexión del concreto adicionando fibra de maguey*



*Nota.* Fernández y Huarcaya (2019, p. 75)

Por lo tanto, respecto a la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco, se tiene que la adición hasta un 1.5 % el asentamiento se incrementa y luego se reduce, representando así una no correlación directa entre el contenido de fibra de maguey

con el asentamiento y respecto a la fibra maguey en las propiedades del concreto en estado endurecido, se tiene referente a la resistencia a compresión que el contenido de fibra de maguey en 1 % reduce la resistencia a compresión en relación al concreto convencional y al contener 1.5 % esta resistencia se incrementa; no obstante al adicionar 2 % la resistencia reduce; cabe señalar que el concreto con fibra de maguey al 1 y 1.5% se encuentra dentro de lo estipulado por la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, lo relativo a la resistencia a flexión, el concreto con fibra de maguey al 1.5 % presentó mayor resistencia a flexión que el concreto con fibra al 1 y 1.5 % mas no mayor que el concreto convencional.

Zevallos Salvatierra, M. (2021) comprobó el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, la resistencia del concreto para el diseño se trabajará con un  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, se utilizó fibra de Maguey, conformada por 72 probetas cilíndricas de concreto con adición de fibras de maguey con 0.60%, 0.70%, 0.80%, 12 vigas de concreto con adición de fibras de maguey con 0.60%, 0.70%, 0.80%. para evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado endurecido como la resistencia a la compresión, tracción y flexión mediante ensayos de laboratorio a los 7,14 y 28 días.

En la Tabla 25 y Figura 24 se aprecia que los promedios de resistencias a la compresión en el día 28 resultan mayores en comparación con los demás días de evaluación. Por su parte, en el día 28 la mayor resistencia fue del diseño con patrón + 0,7% de maguey (249,0 kg/ cm<sup>2</sup>), incrementando en un 10.34% respecto a la muestra patrón. Mientras que el promedio que tuvo menor resistencias a compresión fue el de la muestra patrón (225,67 kg/ cm<sup>2</sup>).

**Tabla 25**

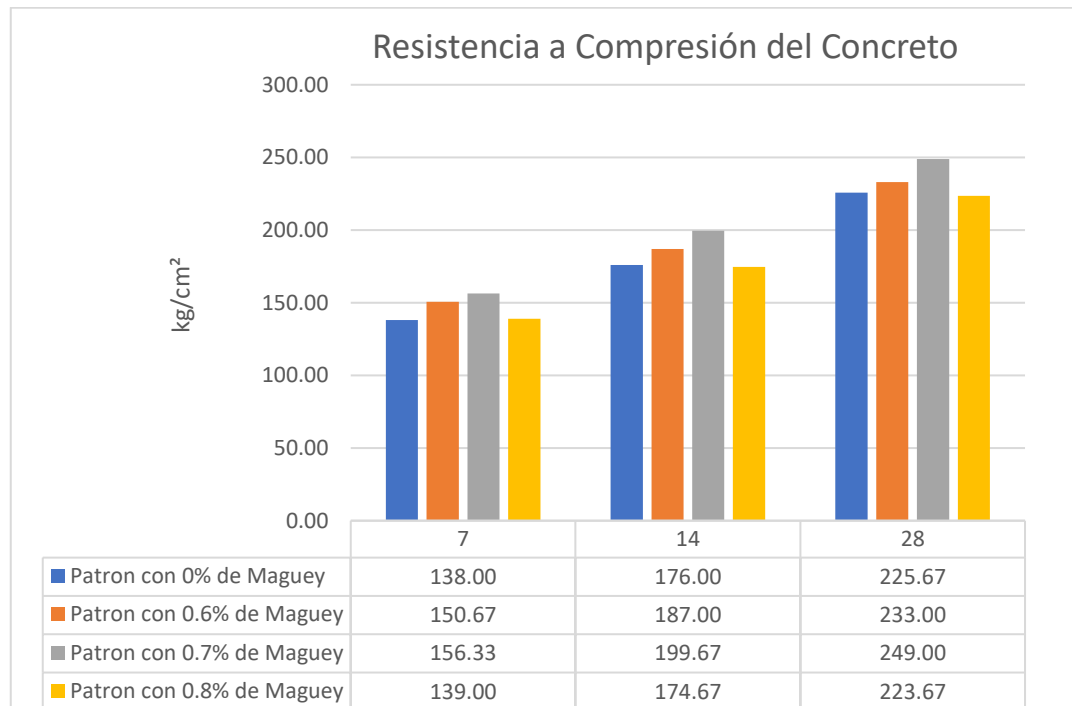
*Resistencias a compresión del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en los días 7, 14 y 28 de evaluación*

Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad (días)	Dosificación	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
01/04/2021	08/04/2021	7	Patrón con 0% de Maguey	137.00	138.00
				139.00	
				138.00	
01/04/2021	08/04/2021	7	Patrón con 0.6% de Maguey	150.00	150.67
				153.00	
				149.00	
01/04/2021	08/04/2021	7	Patrón con 0.7% de Maguey	155.00	156.33
				156.00	
				158.00	
01/04/2021	08/04/2021	7	Patrón con 0.8% de Maguey	139.00	139.00
				138.00	
				140.00	
01/04/2021	15/04/2021	14	Patrón con 0% de Maguey	176.00	176.00
				175.00	
				177.00	
01/04/2021	15/04/2021	14	Patrón con 0.6% de Maguey	188.00	187.00
				187.00	
				186.00	
01/04/2021	15/04/2021	14	Patrón con 0.7% de Maguey	200.00	199.67
				198.00	
				201.00	
01/04/2021	15/04/2021	14	Patrón con 0.8% de Maguey	173.00	174.67
				177.00	
				174.00	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0% de Maguey	225.00	225.67
				226.00	
				226.00	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.6% de Maguey	233.00	233.00
				232.00	
				234.00	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.7% de Maguey	248.00	249.00
				250.00	
				249.00	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.8% de Maguey	224.00	223.67
				222.00	
				225.00	

*Nota. Zevallos (2021, p. 56)*

**Figura 24**

*Promedios de las resistencias a compresión del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> de los días 7, 14 y 28 de evaluación*



*Nota. Zevallos (2021, p. 56)*

En la Tabla 26 y Figura 25, se muestra que los promedios de resistencias a la tracción en el día 28, excepto el del diseño con 0,8% de maguey, resultan mayores en comparación con los demás días de evaluación. Asimismo, en el día 28 la mayor resistencia fue del diseño con patrón + 0,7% de maguey (27,77 kg/cm<sup>2</sup>).

**Tabla 26**

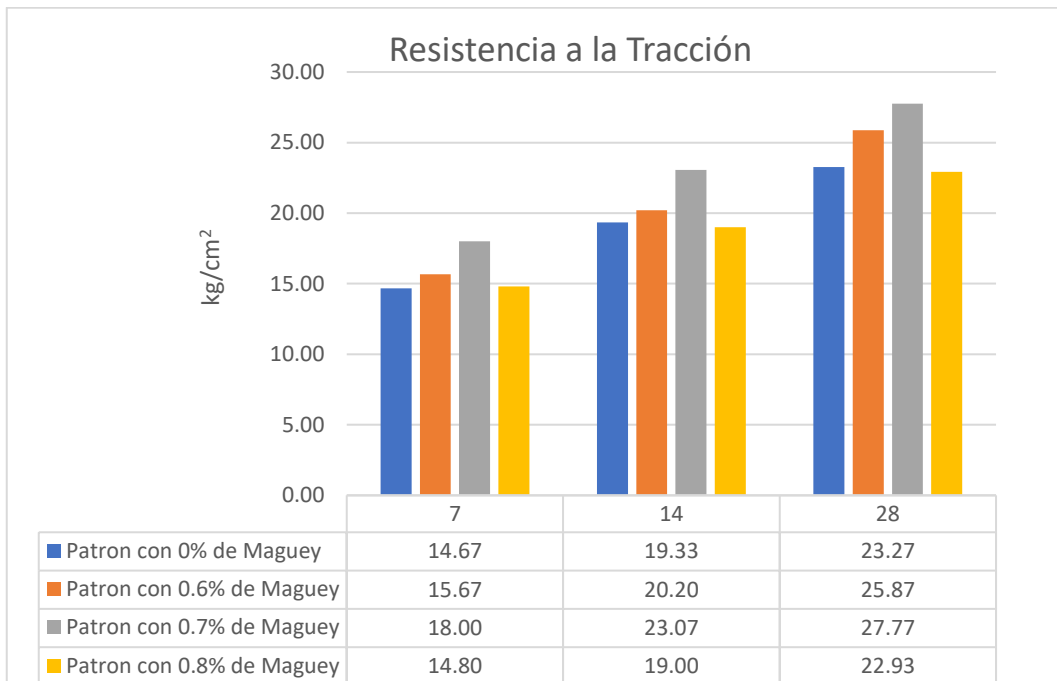
*Resistencias a la tracción del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en los días 7, 14 y 28 de evaluación*

Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad (días)	Dosificación	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	promedio
01/04/2021	08/04/2021	7	Patrón con 0% de Maguey	14.5	14.67
				14.9	
				14.6	
01/04/2021	08/04/2021	7	Patrón con 0.6% de Maguey	15.5	15.67
				15.9	
				15.6	
01/04/2021	08/04/2021	7	Patrón con 0.7% de Maguey	17.8	18.00
				18.3	
				17.9	
01/04/2021	08/04/2021	7	Patrón con 0.8% de Maguey	14.8	14.80
				15	
				14.6	
01/04/2021	15/04/2021	14	Patrón con 0% de Maguey	19.6	19.33
				19.1	
				19.3	
01/04/2021	15/04/2021	14	Patrón con 0.6% de Maguey	20	20.20
				20.4	
				20.2	
01/04/2021	15/04/2021	14	Patrón con 0.7% de Maguey	22.8	23.07
				23.4	
				23	
01/04/2021	15/04/2021	14	Patrón con 0.8% de Maguey	19.2	19.00
				18.8	
				19	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0% de Maguey	22.6	23.27
				23.7	
				23.5	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.6% de Maguey	25.6	25.87
				26.3	
				25.7	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.7% de Maguey	27.8	27.77
				27.7	
				27.8	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.8% de Maguey	23.3	22.93
				22.7	
				22.8	

*Nota.* Zevallos (2021, p. 56)

**Figura 25**

*Promedios de las resistencias a tracción del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> de los días 7, 14 y 28 de evaluación*



*Nota. Zevallos (2021, p. 56)*

En la Tabla 27 y Figura 26 se muestra que el mayor promedio de resistencias a la flexión, en el día 28 de evaluación, fue del diseño con patrón + 0,7% de maguey (48,17 kg/ cm<sup>2</sup>). Mientras que el promedio que tuvo menor resistencias a flexión fue el del espécimen patrón (41,83 kg/cm<sup>2</sup>).



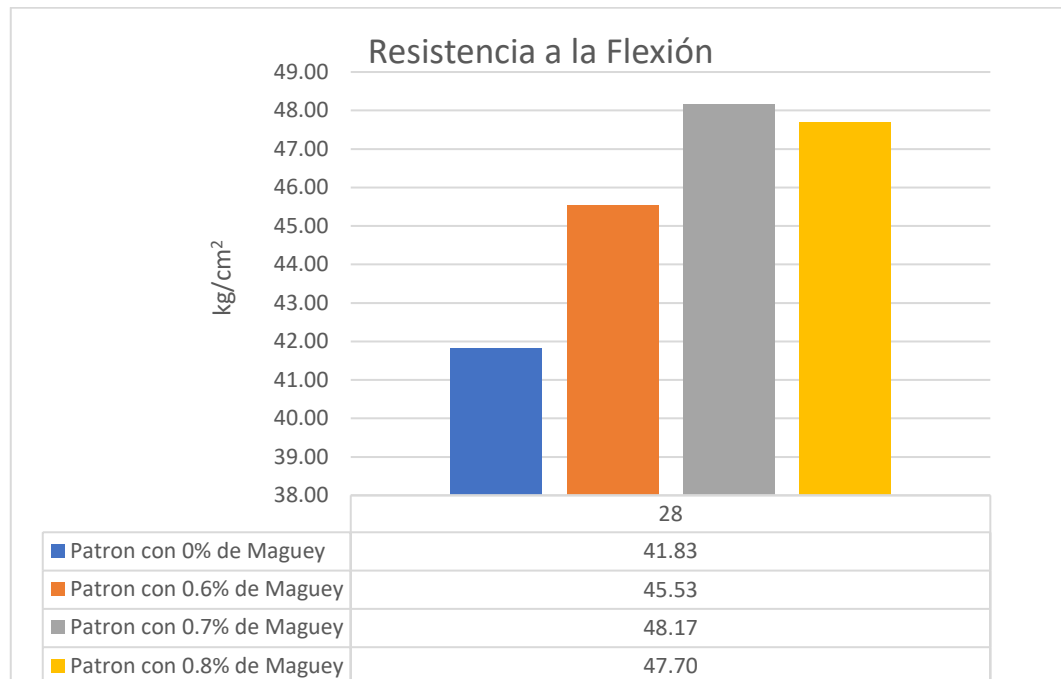
**Tabla 27***Resistencias a flexión del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en el día 28 de evaluación*

Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad (días)	Dosificación	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0% de Maguey	41.4	41.83
				42.5	
				41.6	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.6% de Maguey	45.4	45.53
				45.5	
				45.7	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.7% de Maguey	47.4	48.17
				48.6	
				48.5	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.8% de Maguey	48.2	47.70
				47.3	
				47.6	

*Nota.* Zevallos (2021, p. 56)

## Figura 26

Promedios de las resistencias a la flexión del concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  del día 28 de evaluación



Nota. Zevallos (2021, p. 56)

Se determinó la influencia de las fibras de maguey en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y se tuvo como resultados que al adicionar la fibra de maguey de 0.50% y 0.70% la resistencia del concreto a los esfuerzos a tracción, compresión y flexión mejora respecto a la muestra patrón.

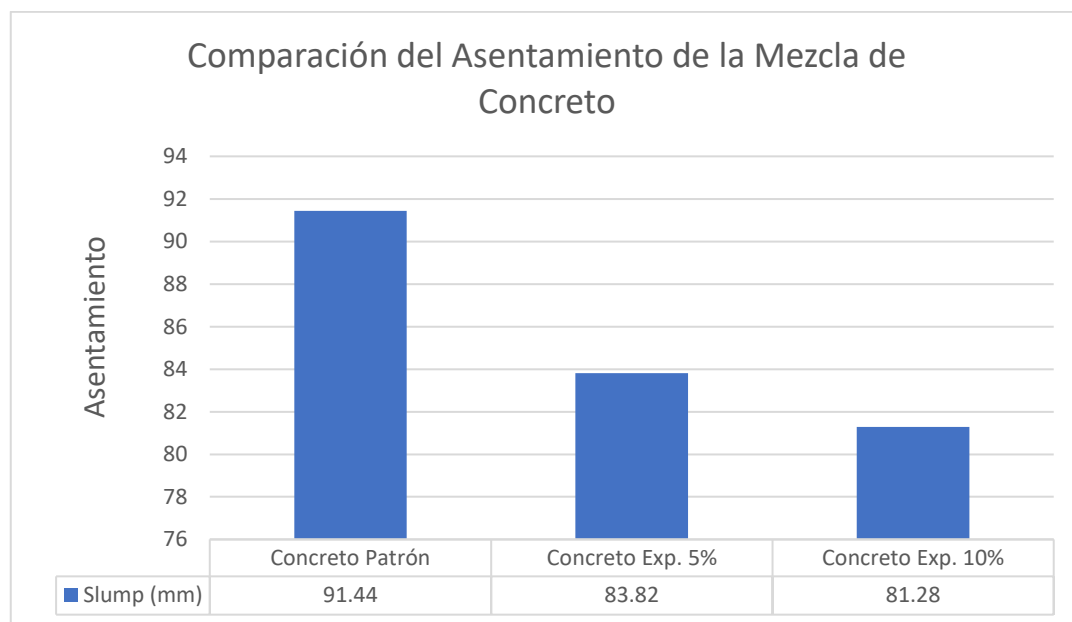
Chávez Quiñonez, A. S. (2018) comprobó el comportamiento del rendimiento del concreto con adición de fibras naturales; iniciando con la preparación, muestreo y control de 9 probetas patrón de concreto con relación a/c de 0.65, 18 probetas de concreto experimental 5% la relación a/c 0.66. y 10% con a/c 0.67 para un diseño de mezcla de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Asimismo, se usó fibra de Agave Lechuguilla como refuerzo del concreto en dos diferentes porcentajes de 5%; y 10% con respecto al volumen total de concreto y longitud de la fibra ( $L_f$ ) entre 40 a 50mm, para diseñar y ensayar probetas en diferentes muestras, para evaluar experimentalmente la resistencia a tracción por compresión diametral simple según NTP 339.084:2012 equivalente a ASTM C496/C496M y el asentamiento del concreto según la relación agua/cemento a los 7, 14 y 28 días

Para obtener mejor trabajabilidad de concreto fresco y elaborar las probetas experimentales se trabajó en la práctica adicionando agua en porcentajes que se tomó nota para calcular la nueva relación a/c teniendo como resultado que la mezcla de concreto con adición de 5% de fibra de agave la relación a/c es 0.66 y para la adición de 10% es 0.67.

En la Figura 27 se resume la adición de agua a la mezcla de concreto experimental obteniéndose resultados de incremento de agua cuando se adiciona mayor porcentaje de fibra de agave.

**Figura 27**

*Comparación del Asentamiento de la Mezcla de Concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  Patrón vs Experimental*



*Nota.* Chavez Quiñonez, A. S. (2018)

En la Tabla 28, se observa que el mejor comportamiento de la relación a/c se obtuvo a los 14 y 28 días de curado siendo el concreto experimental de 5% de fibra de agave con una relación a/c igual a 0.66 superó al concreto patrón con un 8.8% y 10% respecto a la resistencia a la tracción por compresión diametral simple según NTP 339.084:2012 equivalente a ASTM C496/C496M – 11 de los especímenes cilíndricos de concreto a edades de 7, 14 y 28 días

En la Figura 28, se observa que el concreto con adición de fibra de agave a los 28 días de curado al 5% obtuvo una resistencia de 35.82 kg/cm<sup>2</sup> y el 10% obtuvo una resistencia de 22.79 kg/cm<sup>2</sup>. Así mismo en la Figura 29, se observa que la resistencia de probetas con adición de 5% de fibra de agave tiene mayor resistencia a la tracción por compresión diametral que la adición de 10%, lo que significa que a menor porcentaje de fibra mayor resistencia adquiere el concreto.

**Tabla 28**

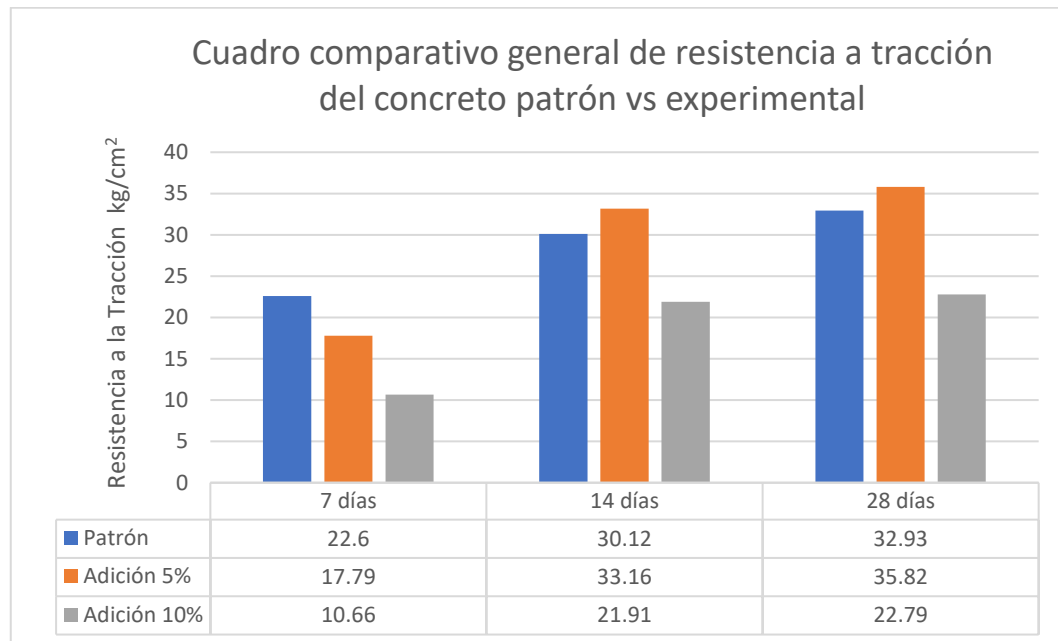
*Resistencia Promedio entre la Relación a/c*

Días de Curado y Rotura	Relación (a/c) - 0.65		Relación (a/c) - 0.66		Relación (a/c) - 0.67	
	Esfuerzo	%	Esfuerzo	%	Esfuerzo	%
	Promedio	Resist.	Promedio	Resist.	Promedio	Resist.
0	0	0	0	0	0	0
7	22.60	10.79	17.79	8.47	10.66	5.08
14	30.12	14.34	33.16	15.79	21.91	10.43
28	32.93	15.68	35.82	17.06	22.79	10.85

*Nota.* Chavez Quiñonez, A. S. (2018)

**Figura 28**

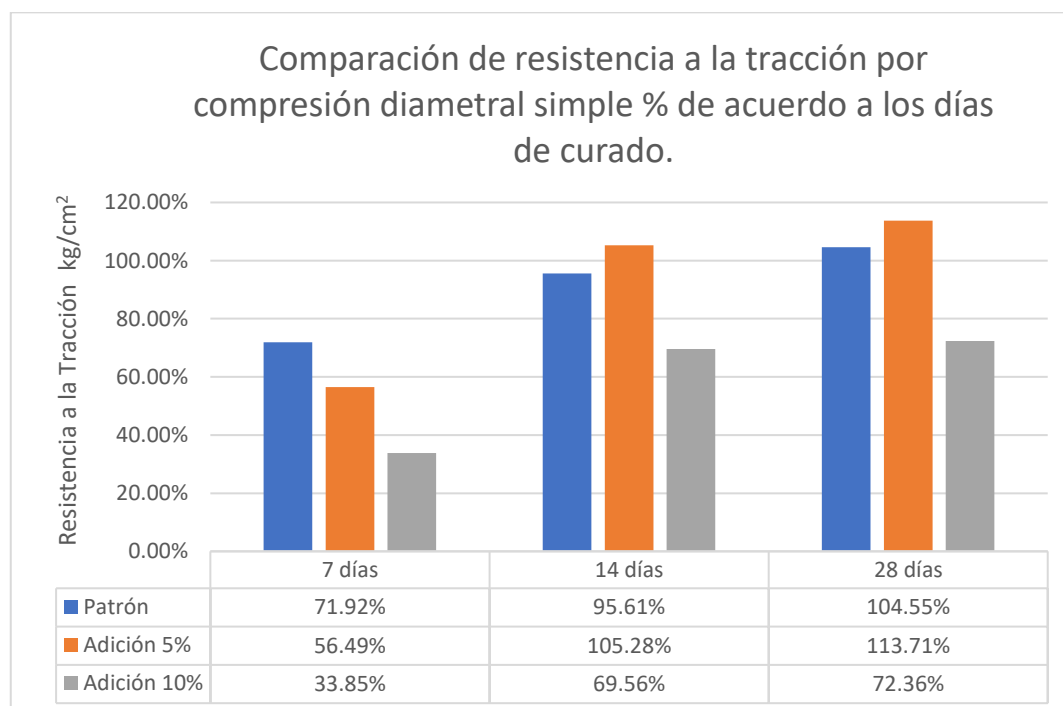
*Comparación de Resistencia del Concreto Patrón vs Experimental con Adición de 5% y 10% por días de Curado*



*Nota.* Chavez Quiñonez, A. S. (2018)

**Figura 29**

*Comparación del Porcentaje de la Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral Simple de Acuerdo a los días de Curado.*



*Nota.* Chavez Quiñonez, A. S. (2018)

Por lo tanto, se concluye que la relación  $a/c = 0.65$  con adición de 5% de fibra de agave tuvo mejor resistencia a los 14 y 28 días de curado respecto al concreto patrón y adición de 10%.

Para la prueba de asentamiento, se realizó 3 ensayos arrojando 3.6" para el concreto patrón, 3.32" para la adición de 5% y 3.2" para la adición de 10% de fibra de agave, varió entre el rango de 3" y 4".

Para el resultado de las pruebas de resistencia a la tracción por compresión diametral simple según NTP 339.084:2012 equivalente a ASTM C496/C496M-11 arrojó mayor resistencia las probetas experimentales adicionadas con 5% de fibra de agave con 35.82 kg/cm<sup>2</sup> sobre un 33.16 kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón.

Para el diseño experimental con adición de 10% de fibra de agave no cubrió las expectativas requeridas porque disminuyó la resistencia comparando con el patrón y adición de 5%.

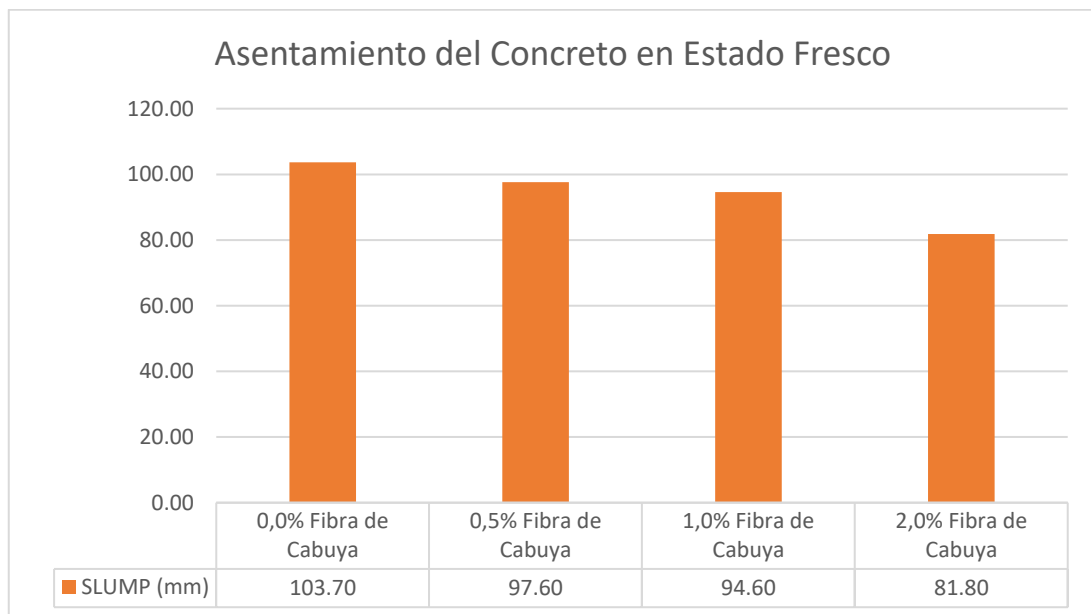
Para el método ensayado no establece la desviación debido a que la resistencia a la tracción puede ser definida solamente por este procedimiento.

Pajares, E. (2015) comprobó el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, para una resistencia de diseño de  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>, se usó fibra de la especie Agave Cordillerensis (Cabuya) como refuerzo del concreto para diseñar y ensayar probetas y vigas en dosificaciones de 0,5; 1,0 y 2,0 % del volumen del concreto, para evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado fresco como el asentamiento y las propiedades del concreto en estado endurecido como la compresión, la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión, mediante ensayos de laboratorio. Se determinó la resistencia de 72 especímenes de concreto a diferentes adiciones de fibra en grupos de 6 especímenes.

Según, el ensayo que mide el asentamiento del concreto, muestra en la Tabla 29 y Figura 30 seis tandas de concreto para cada tipo de adición con fibra, dos para cada tipo diferente de ensayo (tracción, compresión o flexión), calcularon el promedio y los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 29***Asentamiento del concreto según el porcentaje de adición de fibra*

N° Tanda	Adición de 0.00% de fibra	Adición de 0.50% de fibra	Adición de 1.00% de fibra	Adición de 2.00% de fibra
Promedio (6 tandas) mm	103.70	97.60	94.60	81.80

*Nota. Pajares, E. (2015)***Figura 30***Asentamiento del concreto según el porcentaje de adición de fibra**Nota. Pajares, E. (2015)*

Con la observación, se puede apreciar que a pesar de obtener una consistencia dentro del rango plástico de 3 pulg. A 4 pulg., adecuada para el diseño, la trabajabilidad de la mezcla de concreto disminuye con el aumento de los porcentajes de fibra porque las fibras vegetales unen mejor el concreto y evitan que los baldes y cucharones se filtren en él.

Según, el ensayo que mide la resistencia a la compresión del concreto, muestra en la Figura que la resistencia a la compresión a los 28 días de curado para el diseño patrón alcanzo una resistencia de 309.18 kg/cm<sup>2</sup> (30,32 Mpa). Con la adición del 0,5% de fibra Agave Cordillerensis (Cabuya) llegó a los 330.39 kg/cm<sup>2</sup> (32,40 Mpa), aumentando en 6,87% la resistencia del concreto, con la adición del 1,0% de fibra Agave Cordillerensis

(Cabuya) alcanzó un valor de 330.90 kg/cm<sup>2</sup> (32,45 Mpa), aumentando en 7,04% la resistencia del concreto y finalmente 2,0% de adición de fibra *Agave Cordillerensis* (Cabuya) alcanzó un valor de 326.31 kg/cm<sup>2</sup> (32,00 Mpa), aumentando en 5,55% la resistencia del concreto.

Respecto a la comparación entre el diseño patrón y el diseño con fibras, se observa una mejoría máxima a un 1,0% de dosificación; logrando aumentar en 7,04% la resistencia a la compresión del concreto.

Por lo tanto, se observa en la Tabla 30 y Figura 31 finalmente que la resistencia a compresión del concreto al adicionar fibra en porcentajes de 0,50% y 1,00% va aumentando, pero al llegar al 2,00% la resistencia a compresión cae.

**Tabla 30**

*Resistencia a la compresión según porcentaje de adición de fibra*

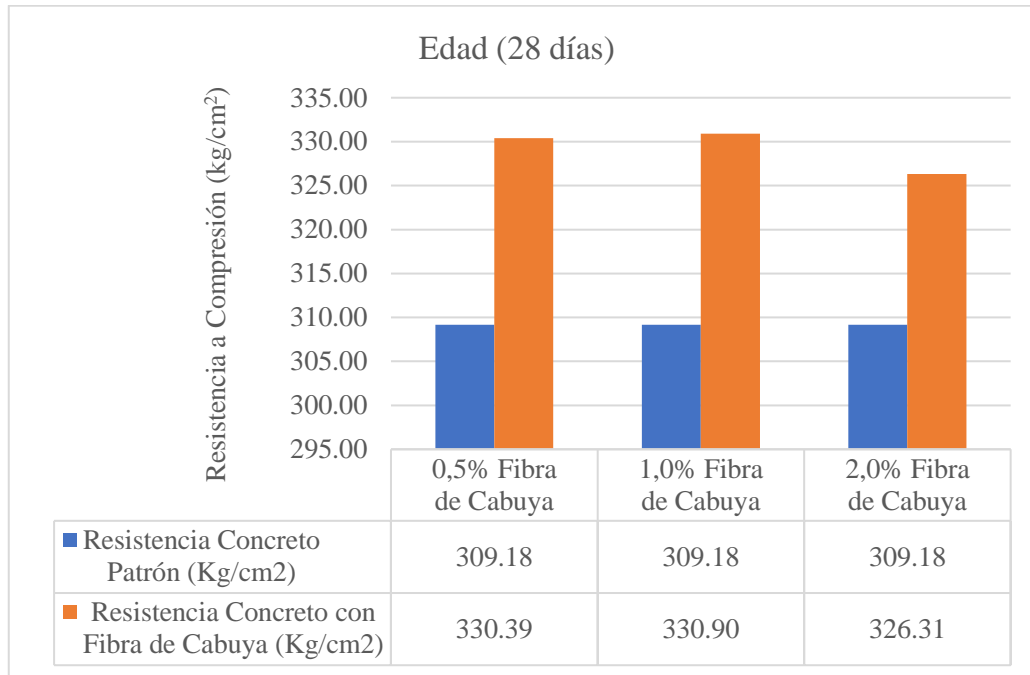
N° Tanda	Adición de 0.00% de fibra	Adición de 0.50% de fibra	Adición de 1.00% de fibra	Adición de 2.00% de fibra
Resistencia a los 28 días	309.18	330.39	330.90	326.31

*Nota.* Pajares, E. (2015)



**Figura 31**

*Promedio de ensayos a compresión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra*



*Nota.* Pajares, E. (2015)

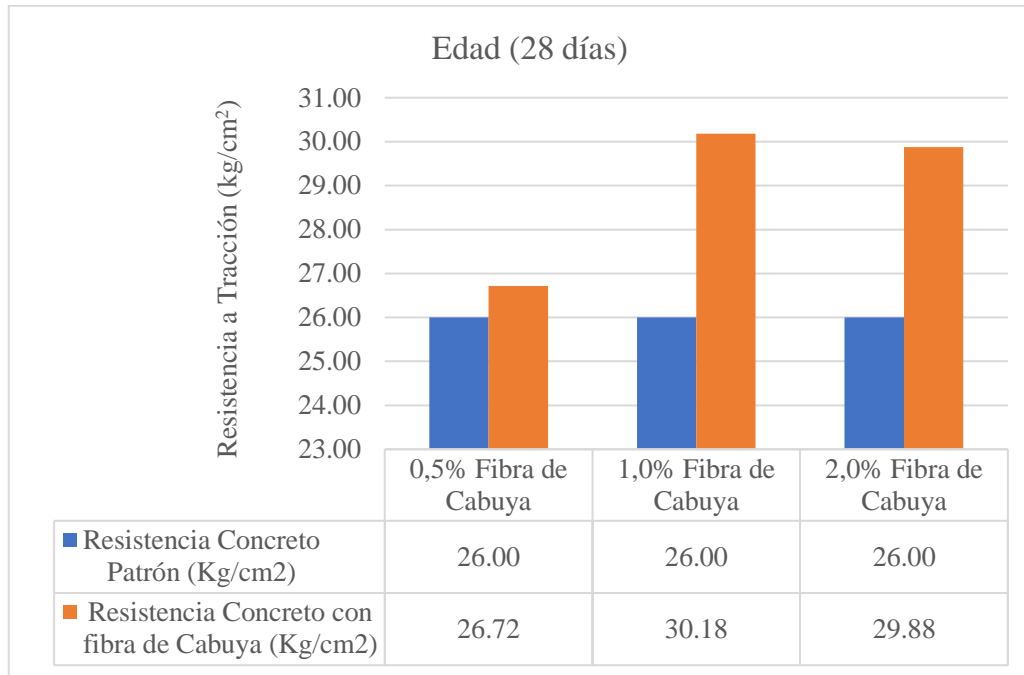
Según, el ensayo que mide la resistencia a la tracción del concreto, muestra en la Figura 32 que la resistencia a la tracción a los 28 días de curado para el diseño patrón alcanzo una resistencia de 26.00 kg/cm<sup>2</sup> (2,55 Mpa). Con la adición del 0,5% de fibra Agave Cordillerensis (Cabuya) llegó a los 26.72 kg/cm<sup>2</sup> (2,62 Mpa) aumentando en 2,61% la resistencia del concreto, con la adición del 1,0% de fibra de Agave Cordillerensis (Cabuya) alcanzó un valor de 30.18 kg/cm<sup>2</sup> (2.96 Mpa) aumentando en 16,01% la resistencia del concreto y finalmente 2,0% de adición de fibra Agave Cordillerensis (Cabuya) alcanzó un valor de 29.88 kg/cm<sup>2</sup> (2.93 Mpa) aumentando en 15,03% la resistencia del concreto.

Respecto a la comparación entre el diseño patrón y el diseño con fibra Agave Cordillerensis (Cabuya), se observa una mejoría máxima a un 1,0% de dosificación; logrando aumentar en 16,01% la resistencia a la tracción del concreto.

Por lo tanto, en todos los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a la tracción alcanzando la máxima resistencia a una adición de 1,00% de fibra; para luego tener un ligero decremento a 2,00% de adición.

**Figura 32**

*Promedio de ensayos a tracción, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra*



*Nota.* Pajares, E. (2015)

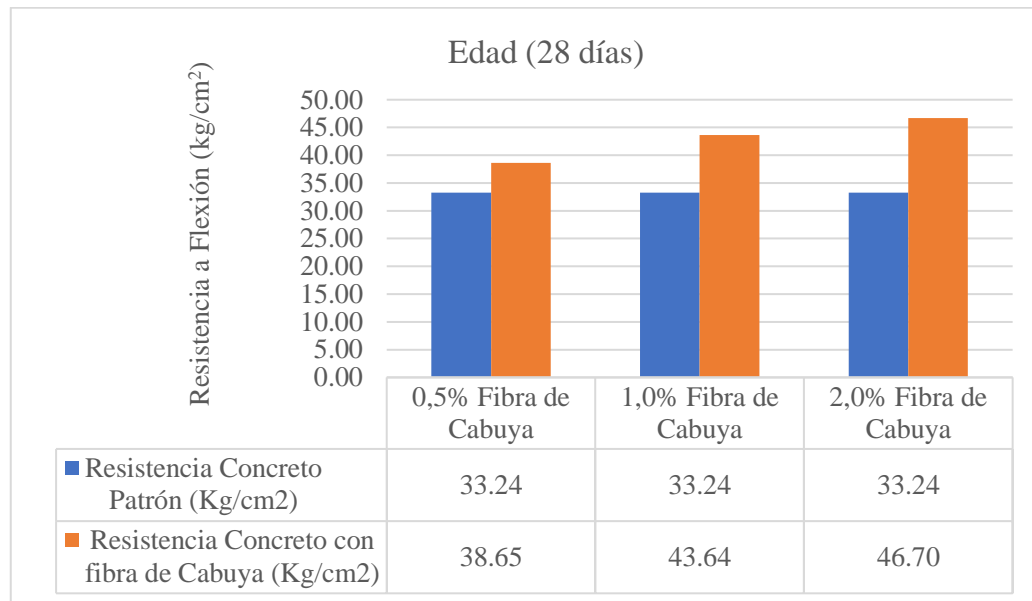
Según, el ensayo que mide la resistencia a la flexión del concreto, muestra en la Figura 33 que la resistencia a la flexión a los 28 días de curado para el diseño patrón alcanzo una resistencia de 33.24 kg/cm<sup>2</sup> (3,26 Mpa). Con la adición del 0,5% de fibra Agave Cordillerensis (Cabuya) llegó a los 38.65 kg/cm<sup>2</sup> (3,79 Mpa) aumentando en 16,37% la resistencia del concreto, con la adición del 1,0% de fibra Agave Cordillerensis (Cabuya) alcanzó un valor de 43.64 kg/cm<sup>2</sup> (4,28 Mpa) aumentando en 31,46% la resistencia del concreto y finalmente 2,0% de adición de fibra Agave Cordillerensis (Cabuya) alcanzó un valor de 46.70 kg/cm<sup>2</sup> (4,58 Mpa) aumentando en 40,66% la resistencia del concreto.

Respecto a la comparación entre el diseño patrón y el diseño con fibras Agave Cordillerensis (Cabuya), se observa una mejoría máxima a un 2,0% de dosificación; logrando aumentar en 40,66% la resistencia a la flexión del concreto.

Por lo tanto, en todas las dosificaciones de fibra Agave Cordillerensis (Cabuya) se llega a superar el concreto patrón aumentando así la resistencia a la flexión del concreto.

**Figura 33**

*Promedio de ensayos a flexión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra*



*Nota.* Pajares, E. (2015)

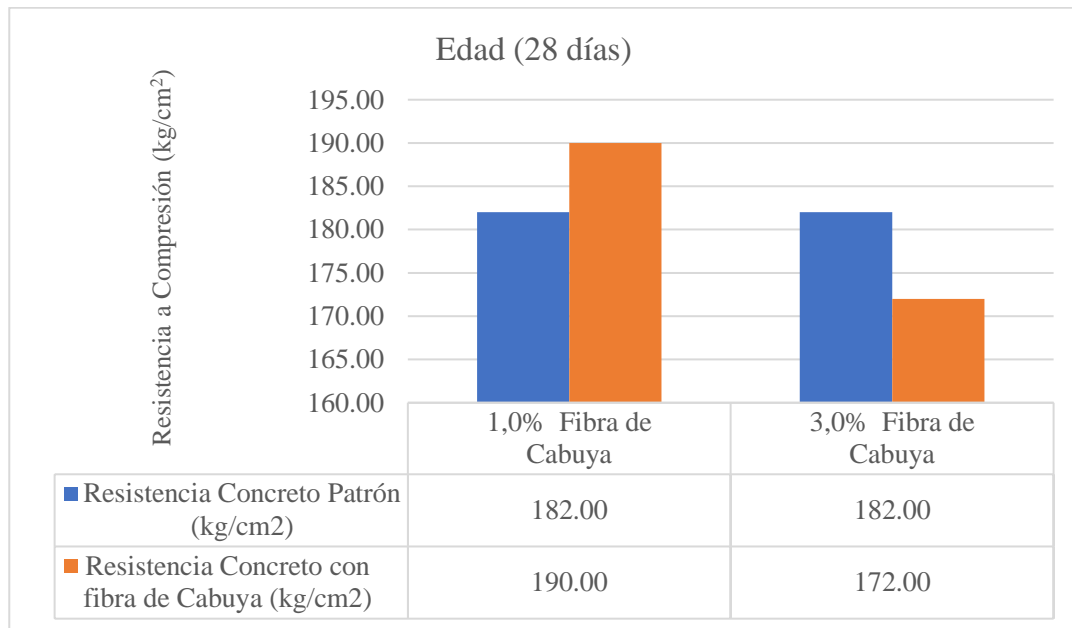
Según a los resultados obtenidos, se puede decir que el 1,0% es la dosificación óptima para los diseños de mezcla con fibra *Agave Cordillerensis* (Cabuya) aumentando las propiedades a la compresión, tracción y flexión del concreto.

Hermosa, J. (2018) comprobó el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, para una resistencia de diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , se usó fibra de cabuya como refuerzo del concreto para diseñar y ensayar probetas y vigas en dosificaciones de 1,0 y 3,0 % del volumen del concreto, para evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión, mediante ensayos de laboratorio.

Según, el ensayo que mide la resistencia a la compresión del concreto, muestra en la Figura 34 que la resistencia a la compresión a los 28 días de curado para el diseño patrón alcanzo una resistencia de  $182 \text{ kg/cm}^2$ . Con la adición del 1,0% de fibra de cabuya llegó a los  $190 \text{ kg/cm}^2$  y con la adición del 3,0% de fibra de cabuya alcanzó un valor de  $172 \text{ kg/cm}^2$ . Respecto a la comparación entre el diseño patrón y el diseño con fibras, se observa una mejoría máxima a un 1,0% de dosificación; logrando aumentar en 6,00% la resistencia a la compresión del concreto.

### Figura 34

Promedio de ensayos a compresión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra



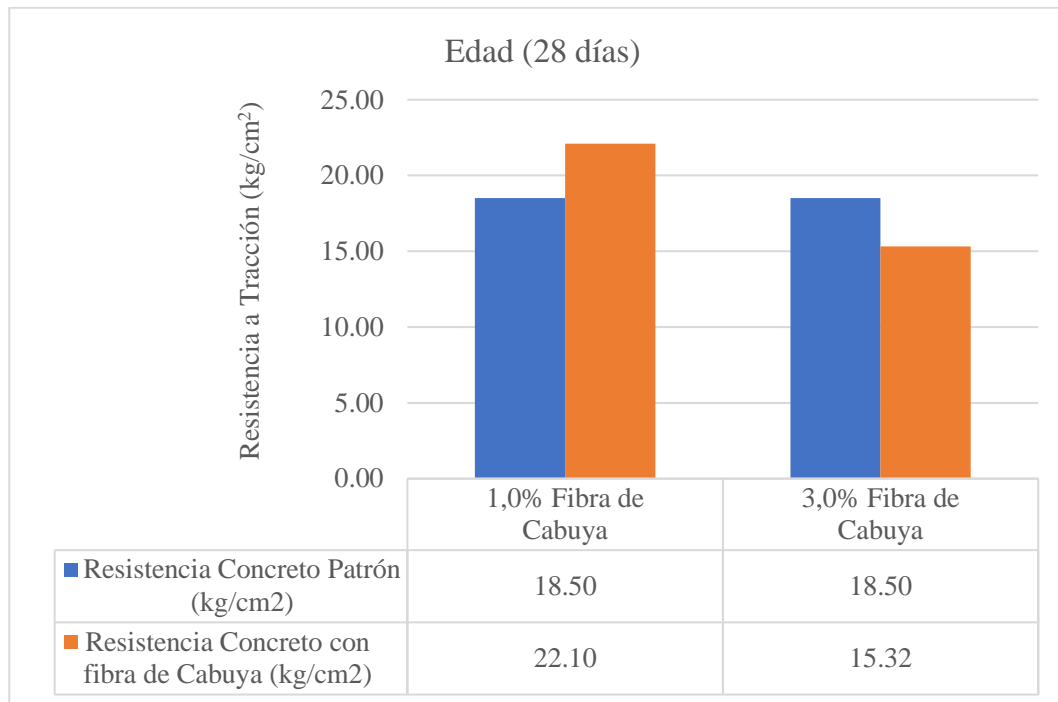
Nota. Hermosa, J. (2018)

Según, el ensayo que mide la resistencia a la tracción del concreto, muestra en la Figura 35 que la resistencia a la tracción a los 28 días de curado para el diseño patrón alcanza una resistencia de 18,50 kg/cm<sup>2</sup>. Con la adición del 1,0% de fibra de cabuya llegó a los 22,09 kg/cm<sup>2</sup> y con la adición del 3,0% de fibra de cabuya alcanzó un valor de 15,32 kg/cm<sup>2</sup>

Respecto a la comparación entre el diseño patrón y el diseño con fibra de cabuya, se observa una mejoría máxima a un 1,0% de dosificación; logrando aumentar en 19% la resistencia a la tracción del concreto. Por lo contrario, el concreto con 3% de fibra reduce en 15% su resistencia.

### Figura 35

Promedio de ensayos a tracción, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra



Nota. Hermosa, J. (2018)

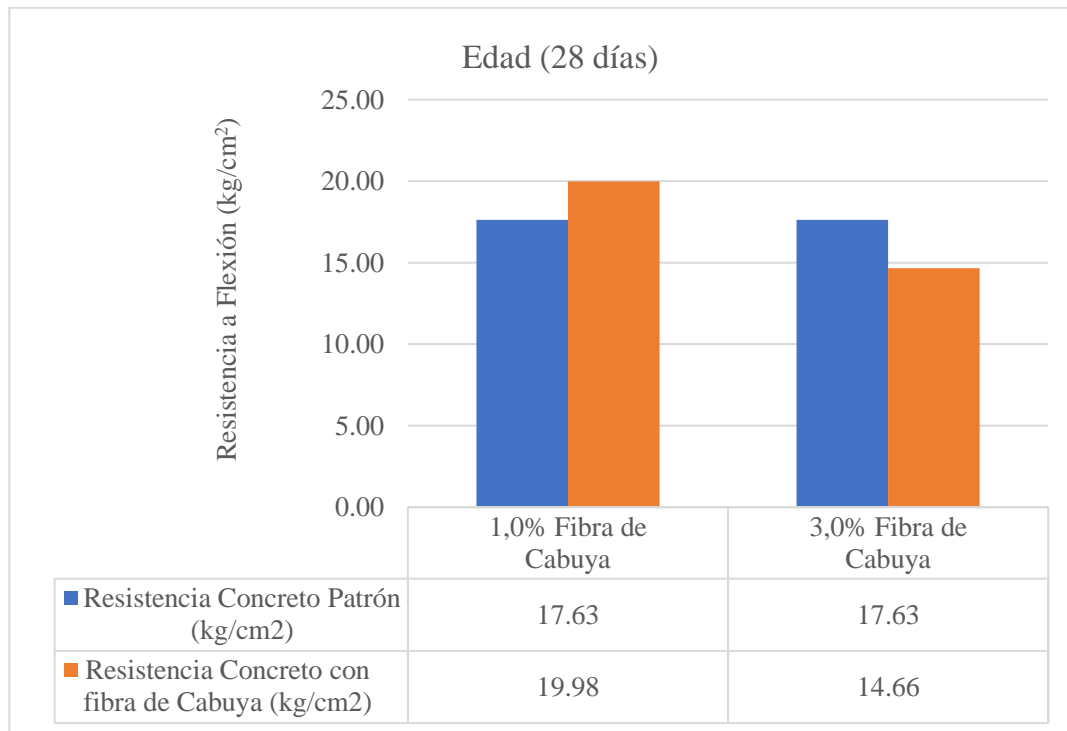
Según, el ensayo que mide la resistencia a la flexión del concreto, muestra en la Figura 36 que la resistencia a la flexión a los 28 días de curado para el diseño patrón alcanzo una resistencia de 17,63 kg/cm<sup>2</sup>. Con la adición del 1,0% de fibra de Cabuya llegó a los 19,98 kg/cm<sup>2</sup> y con la adición del 3,0% de fibra de Cabuya alcanzó un valor de 14,66 kg/cm<sup>2</sup>.

Respecto a la comparación entre el diseño patrón y el diseño con fibra de Cabuya, se observa una mejoría máxima a un 1,0% de dosificación; logrando aumentar en 14% la resistencia a la flexión del concreto.

Por lo tanto, en todas las dosificaciones de fibra de Cabuya llega a superar el concreto patrón aumentando así la resistencia a la flexión del concreto.

### Figura 36

Promedio de ensayos a flexión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra



Nota. Hermosa, J. (2018)

#### 2.2.2 Investigaciones Internacionales

Herrera de Casas (2018) comprobó el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, para el diseño de mezcla se diseñó un concreto autocompactante (CAC) con fluidez del tipo 2 (EFNNARC extensibilidad objetivo:  $650 \pm 5$ ) utilizando cemento portland Tipo I según la norma ASTM C 150 como material cementante. La mezcla fue elaborada con relación a/c de 0.40 y tamaño máximo de agregado de 19 mm.

El estudio experimental contempló la evaluación de 4 variables: dosificación de fibra, dosificación de fibra lavada, dosificación con aditivos reductor de la contracción (SRA) y dosificación combinada fibra lavada-SRA. Para evaluar las cuatro variables fueron 5 series evaluadas y se dividieron de la siguiente manera: Serie A (referencia), Serie B (fibra sin lavar), Serie C (fibra lavada), Serie D (aditivos reductores de la contracción SRA) y Serie E (1% de fibra lavada y aditivos reductor de la contracción SRA).

Se utilizó un aditivo superfluidificante base éter monobutílico del dietilenglicol con cero contenidos de agua de alto rango base policarboxilatos color ámbar para

proporcionar la fluidez a las mezclas de CAC, el aditivo lleva el nombre de Plastol Precast Plus y es de la marca Euclid producido por la empresa EUCOMEX S.A de C.V. El aditivo cumple la clasificación de Tipo A (reductor de agua) y Tipo F (aditivo reductor de agua de alto rango) según ASTM C 494.

Los SRA son aditivos reductores de la contracción que permiten mitigar el agrietamiento gracias a que reducen la tensión superficial del agua en los poros capilares y por consecuencia los esfuerzos generados dentro del matriz cementante. La incorporación del SRA en la mezcla de concreto puede aumentar el revenimiento y la porosidad, puede disminuir la velocidad de hidratación, aumentar el fraguado y afectar el contenido de aire de la matriz cementante. La máxima dosificación del SRA fue de 2% debido a que en la ficha técnica se establece que para esta dosificación la reducción en la resistencia a la compresión puede llegar a ser del 15%.

Se usó la fibra de agave lechuguilla con una longitud de 5 mm, logrando así una mejor distribución en el curado interno del elemento. Parte de la fibra utilizada fue sometida a un proceso de lavado para poder contrastar el desempeño de la fibra como agente de curado interno lavada y sin lavar.

Según las propiedades en estado fresco, la fibra de agave lechuguilla puede afectar las propiedades en estado fresco del concreto autocompactante (CAC), disminuyendo su consistencia, incrementando el contenido de aire, disminuyendo el peso unitario y aumentando la viscosidad. Sin embargo, si la fibra es lavada las afectaciones se pueden reducir considerablemente debido a que la mayoría de los subproductos solubles en agua que conforman la fibra se eliminan durante el proceso de lavado, el Aditivo reductor de la contracción (SRA) tiende a incrementar la fluidez y reducir el contenido de aire de la mezcla de concreto autocompactante (CAC) debido a la disminución en la tensión superficial de la solución de poro, no obstante, conforme se aumenta la dosificación se puede tener una tendencia a la segregación de la mezcla. Asimismo, el Aditivo reductor de la contracción (SRA) y la fibra de agave lechuguilla no tienen un efecto en la temperatura del concreto, ni siquiera cuando se combinan ambas tecnologías. Así también, la incorporación de fibra de agave lechuguilla lavada y Aditivo reductor de la contracción (SRA) tiende a retardar los tiempos de fraguado de la mezcla de concreto autocompactante (CAC). Aun así, el efecto es más significativo cuando solo se utiliza fibra de agave lechuguilla lavada.

Según las propiedades en estado endurecido, se realizaron pruebas en estado endurecido como el ensayo que mide la resistencia a la compresión del concreto, los

especímenes fueron ensayados a la edad de 1, 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días. Fueron tres los cilindros ensayados por edad para cada mezcla siguiendo las recomendaciones establecidas en ASTM C 39, la incorporación de fibra de agave lechuguilla puede reducir significativamente la resistencia a la compresión llegando de hasta un 42% a los 28 días en la mezcla B-2%. Sin embargo, el lavado de la fibra puede eliminar los compuestos perjudiciales logrando así que las afectaciones no sean mayores al 15% en la resistencia a la compresión determinada a los 28 días, lo anterior puede ser visible en la mezcla C-2%, el aditivo reductor de la contracción (SRA) disminuye la resistencia a la compresión, en la mezcla que contenía el mayor porcentaje de SRA no fue mayor al 20% a los 28 días. Asimismo, al agregarse tanto fibra de agave lechuguilla como SRA la reducción en la resistencia a la compresión no fue significativa pues todas las mezclas se mostraron reducciones menores al 10%. La mayor reducción en el módulo de elasticidad determinado a los 28 y 91 días se encontró en las mezclas que contenían fibra de agave lechuguilla lavada sin embargo no fue superior al 8%. Así también las mezclas que contenía Aditivo reductor de la contracción (SRA) y la combinación (SRA y fibra al 1%) no mostraron una reducción significativa en dicho parámetro.

En la Tabla 31 se puede observar los resultados de resistencia a la compresión de todas las series evaluadas a edades de 1, 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días.



**Tabla 31***Resistencia a la Compresión*

Serie	Clave	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )						
		1d	3d	7d	14d	28d	56d	91d
A (referencia)	A	306	328	356	379	411	443	457
B (fibra)	B-0.6%	155	163	179	211	229	251	270
	B-1.0%	133	146	174	201	231	248	266
	B-1.7%	71	142	156	171	183	196	211
	B-2.0%	54	130	133	164	175	186	191
C (fibra lavada)	C-1.0%	292	320	343	367	392	422	433
	C-1.7%	287	318	330	341	353	375	386
	C-2.0%	280	302	312	323	346	360	373
D (Aditivo)	D-0.5%	296	319	348	370	394	409	418
	D-1.0%	288	300	333	353	370	384	396
	D-1.5%	285	295	337	348	365	371	389
	D-2.0%	271	282	307	316	328	340	351
E (Fibra al 1% y aditivo)	E-1.0%	301	349	364	386	301	428	435
	E-1.5%	299	317	343	370	399	406	418
	E-2.0%	310	326	349	361	379	386	403

*Nota.* Herrera de Casas (2018)

Dávila (2016) menciona como se da un mejor rendimiento al hormigón autocompactante (SCC), en comparación con el hormigón convencional; para ello, utilizó para el diseño de mezcla cemento Portland ordinario (grado OPC-53) de marca Moctezuma de la planta de Cerritos ubicada en el Estado de San Luis Potosí, México, clasificado como CPO 40 (El cemento CPO 40 es de uso industrial para el mercado del concreto premezclado a diferencia del CPO 30R que es para uso de autoconstrucción) según la norma mexicana NMX-414-ONNCCE y como Tipo I según la norma ASTM C150, una relación a/cm de 0.40.

Así mismo La ceniza volante utilizada en este proyecto es clasificada como Tipo F según la norma ASTM C618 con porcentajes de 20, 30 y 40% en sustitución en masa del cementante total, el humo de sílice utilizado para esta investigación fue de la marca BASF comercializado como Rheomac SF100.

En las etapas iniciales de la investigación, fue utilizado un aditivo superfluidificante de la marca BASF comercializado como Master Glenium 3401, y debido a su bajo desempeño por su alto consumo en pruebas preliminares para lograr un CAC, se utilizó un aditivo superfluidificante de alto rango de la marca Euclid, base policarboxilato comercializado con el nombre de Plastol precast plus. Este aditivo cumple con la norma ASTM C494 como Tipo A (aditivo reductor de agua) y Tipo F (aditivo reductor de agua de alto rango), y la dosis del aditivo superfluidificante para alcanzar la extensibilidad objetivo de la mezcla de referencia R-C fue de  $60 \pm 5$  cm. Para tener una comparación de la mitigación por la adición de la fibra al CAC, a cada serie de mezclas de concreto, se le agregó un aditivo reductor de contracción (ARC) de la marca Euclid, comercializado como EUCON SRA base éter monobutílico del dietilenglicol con cero contenidos de agua. La dosis empleada fue del 2% con respecto al peso del cemento.

Además, se añadió fibra de agave lechuguilla Torrey (fibra o fibra de agave lechuguilla), la cual es una fibra natural de la familia agavaceae como una alternativa de mitigar las contracciones autógenas y disminuir el potencial de agrietamiento de este tipo de concretos. La cantidad de fibra optimizada se determinó mediante la adición de 0.5; 1.0; 1.5 y 2.0% con longitud promedio de 10 mm, dosificadas con relación al volumen de concreto y comparando su influencia en la resistencia a la compresión. Fue elegida aquella que presentó una disminución en la resistencia no mayor al 15% en la resistencia a la compresión a 28 días.

La fabricación de los especímenes fabricados para el ensayo a la compresión y el método de curado, se siguió la norma ASTM C192. Para cada mezcla fueron ensayados tres especímenes cilíndricos según ASTM C39 a la edad de 1, 3, 7, 28, 56 y 91 días. Se seleccionó un volumen del 1.0% al presentar resultados de resistencia a la compresión de un 13.3% menor que la referencia, en contraparte el contenido de un 1.5% presentó una reducción en la resistencia a la compresión de un 20.2% que la referencia. En cuanto a la fluidez esta aumentó para todos los casos, esto puede ser atribuible a la forma tubular de la fibra que provoca que el mortero fluya sin obstáculos.

Tomando como parámetro la resistencia a la compresión a los 91 días, se observa que la adición de fibra provoca disminuciones de resistencia de hasta un 6.6% para la mezcla D-20-C y de un 11.1% para esta misma mezcla a los 28 días. El efecto de la disminución a edades tempranas que llega a ser de hasta un 37.3% para la mezcla E-30-C, ensayados a un día de edad, es atribuible al retardo de fraguado que llegó a ser significativo

Analizando esta influencia en la mezcla con la fibra lavada, donde la recuperación de la resistencia a un día de edad entre las mezclas C-R-C y C-R-CL fue de un 9.0%, debido a que al lavar la fibra el tiempo de fraguado se corrigió, y a edades posteriores la diferencia no fue considerable. De igual manera, la pérdida de resistencia por la adición del ARC llegó a ser de hasta un 9.7% para la mezcla G-HS-S y de un 18.3% para la mezcla C-R-S a 3 días de edad. A la edad de un día, el efecto del retardo de fraguado provocó disminuciones de resistencia de hasta un 34.3% para la mezcla C-R-S

Como se puede observar en la Tabla 32, la distribución de la fibra en la matriz cementante del CAC medida en los cilindros para las mezclas con fibra, C-R-C, C-R-CL, D-20-C, E-30-C, F-40-C y G-HS-C, fue de:

**Tabla 32***Resistencia a la compresión para todas las mezclas de concreto, ensayos por triplicado*

Serie	Clave	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )					
		1d	3d	7d	28d	56d	91d
C	R	300	427	446	502	567	572
	R-S	197	349	377	437	505	537
	R-C	225	289	437	479	515	538
	R-CL	252	400	437	498	530	541
D	20	229	380	384	484	522	569
	20-S	159	357	405	451	468	516
	20-C	150	370	396	430	483	531
E	30	177	339	380	403	465	513
	30-S	178	317	347	422	457	485
	30-C	111	351	370	426	453	515
F	40	147	300	350	408	435	467
	40-S	146	293	322	380	426	432
	40-C	113	275	320	377	431	465
G	HS	278	417	442	512	545	580
	HS-S	234	397	396	473	472	523
	HS-C	294	374	460	504	535	550

*Nota. Dávila (2016)*

Nota:

D = días

(C-R-CL) = Fibra lavada

(C-R-C) = Fibra sin lavar

R.- Referencia

CV.- Ceniza volante

20, 30, 40- 20, 30, 40% en sustitución del cementante

HS.- Humo de sílice

5.- 5% en sustitución del cementante

FL.- Curado interno con fibra de agave lechuguilla

C.- Fibra de agave lechuguilla

CL.- Fibra de agave lechuguilla lavada

ARC. - Aditivo reductor de la contracción

S.- Aditivo reductor de la contracción

Briseño, D. (2016) comprobó el comportamiento del rendimiento del concreto reforzándolo con fibra de Cabuya de la familia de los agavaceae. los materiales empleados en la mezcla de concreto como son: agua, arena, ripio, cemento, cabuya, y aditivo plastificante. En base a la resistencia requerida a la compresión según la dosificación  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días se tomó el valor correspondiente de la relación agua/cemento de 0.56, la dosificación se hizo considerando tres especímenes para cada ensayo, para realizar un análisis comparativo se ensayaron vigas a los 14, 28 y 60 días; mismas que serán de concreto simple sin fibra y con fibra de cabuya orientada longitudinalmente, así como dispersa.

Asimismo, se añadió fibra de Cabuya en 1,5% del peso del cemento (93,4 gr) y se sumergió la fibra en ácido esteárico alrededor de cinco segundos hasta su completa saturación, luego se la retiró del ácido y se dejó secar al ambiente durante 24 horas antes de usarlas como refuerzo en el concreto.

La muestra es de 27 especímenes de concreto de acuerdo al siguiente detalle mostrado en la Tabla 33:

**Tabla 33**

*Número de especímenes de concreto*

Tipo de viga	Edad en días			Subtotal
	14	28	60	
Concreto Simple sin Fibra	3	3	3	9
Concreto con Fibra de Cabuya Longitudinal	3	3	3	9
Concreto con Fibra de Cabuya Dispersa	3	3	3	9
Total (MUESTRA)				27

*Nota.* Briseño (2016)

Al momento de preparar las muestras se verificó el resultado del asentamiento, para las vigas sin fibra y con orientación longitudinal presentaron un asentamiento de 7 cm, mientras que las vigas con fibra dispersa tuvieron un asentamiento de 6 cm otorgando a

todas las vigas una trabajabilidad media. En todas las vigas se presentó buena homogeneidad, esto es el reflejo de la distribución uniforme de los diferentes componentes del concreto.

Para el ensayo que mide la Resistencia a la Compresión del concreto, se muestra en la Tabla 34, para un  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ , la elaboración de tres especímenes de concreto en cilindros para verificar si la dosificación calculada logra la resistencia de diseño, misma que es la resistencia requerida para esta investigación.

**Tabla 34**

*Resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA							
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS							
REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA							
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$							
REALIZADO	Egda. Daniela Y. Briseño						
POR:							
NORMA:	NTE INEN 1573 - ASTM C 39						
ALTURA DE	0,3 (m):						
CILINDRO							
probeta	% Fibra de cabuya	Día. (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Peso cilindro (kg)	Carga (kg)	Esfuerzo compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
1		15,20	181,71	0,005	12,40	29531,09	162,52
2	1.5	15,20	181,71	0,005	12,40	30489,30	167,79
3		15,20	181,71	0,005	12,40	30417,94	167,40

*Nota.* Briseño (2016)

Los especímenes son vigas de 15x15x75cm, elaboradas y curadas según la norma NTE INEN 1576 y ensayadas para determinar su resistencia a flexión mediante la norma

NTE INEN 2554. Todas las vigas de concreto ensayadas a los 14, 28 y 60 días presentaron la falla en el tercio medio de la luz libre en el sitio donde se produce el momento máximo.

De acuerdo al ACI 318 – 08 la resistencia a la tracción del concreto sometido a flexión (módulo de ruptura) es una propiedad más variable que la resistencia a la compresión, y es aproximadamente del 10 a 15% de la resistencia a la compresión.

**Tabla 35**

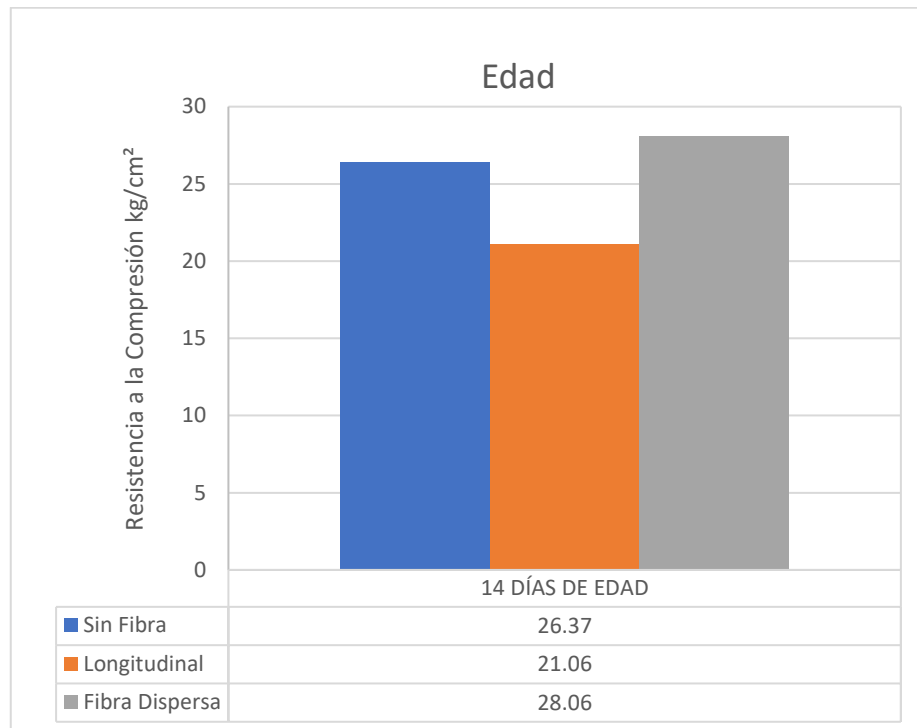
*Resistencia a flexión de concreto  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  con carga en el tercio de la luz libre a los 14 días*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS						
REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA						
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$						
Realizado		Egda. Daniela Y. Briseño				
Por:						
Norma:		NTE INEN 2554				
Dimensiones viga (cm)		15X15X75				
probeta	Orientación de la fibra	Edad días	Carga (kg)		Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura medio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Sin Fibra	14	14,57	1485,25	26,40	26.37
2			14,53	1481,61	26,34	
3	Longitudina 1	14	12,10	1233,72	21,93	21.06
4			10,30	1050,58	18,68	
5			12,44	1268,74	22,56	
6	Fibra	14	15,06	1535,44	27,30	28.06
7	Dispersa		15,90	1621,25	28,82	

*Nota.* Briseño (2016)

### Figura 37

Resistencia a Flexión en Vigas de Concreto  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  Reforzados con Fibra de Cabuya y Concreto Simple sin Fibra a los 14 días



Nota. Briseño (2016)

Terminados los ensayos a flexión en las vigas de concreto  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  a los 14 días de edad, se aprecia que el concreto reforzado con fibra de cabuya dispersa presenta un incremento en la resistencia a flexión del 6,0%, mientras que el concreto reforzado con fibra longitudinal una disminución del 20,1%, en relación al concreto sin fibra. En la Tabla 35 y Figura 37 se evidencia que a los 14 días de edad la resistencia de los especímenes alcanza los límites establecidos



**Tabla 36**

*Resistencia a flexión de concreto  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  con carga en el tercio de la luz libre a los 28 días*

---

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS  
REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA  
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$

Realizado Egda. Daniela Y. Briseño  
Por:  
Norma: NTE INEN 2554  
Dimensiones 15X15X75  
viga (cm)

---

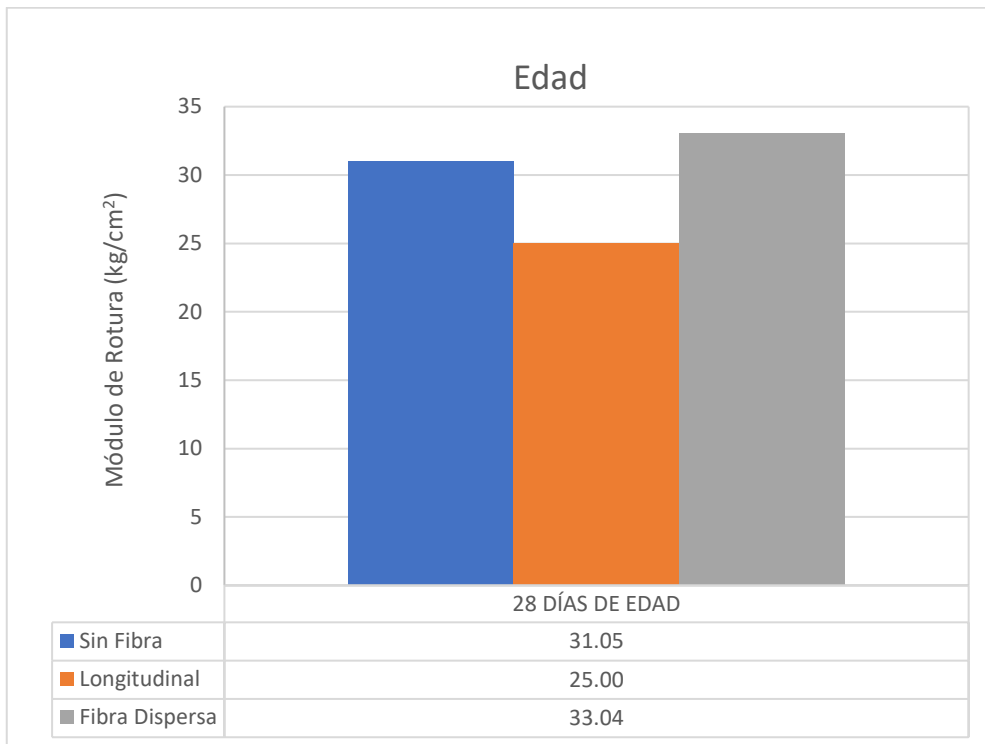
Probeta	Orientación de la fibra	Edad días	Carga (kg)	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura medio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Sin Fibra		17,14	1747,36	31,10
3			17,09	1743,08	31,00
4			14,23	1451,44	26,50
5	Longitudinal	28	12,12	1235,98	21,97
6			14,64	1492,64	26,54
8			17,72	1806,40	32,12
9			18,71	1907,35	33,96
	Fibra Dispersa				33.04

---

*Nota.* Briseño (2016)

**Figura 38**

*Resistencia a flexión en vigas de concreto  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  reforzados con fibra de cabuya a un 1.5% y concreto simple sin fibra a los 28 días.*



*Nota.* Briseño (2016)

Como se puede apreciar en la Tabla 36 y Figura 38, los resultados obtenidos en los ensayos a flexión en vigas de concreto  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de edad, señalan que el concreto reforzado con fibra de cabuya dispersa incrementa su resistencia a flexión en 6,0%, mientras que el concreto reforzado con fibra longitudinal disminuye un 19,5% en relación al concreto sin fibra, alcanzando los límites señalados por el código.

**Tabla 37**

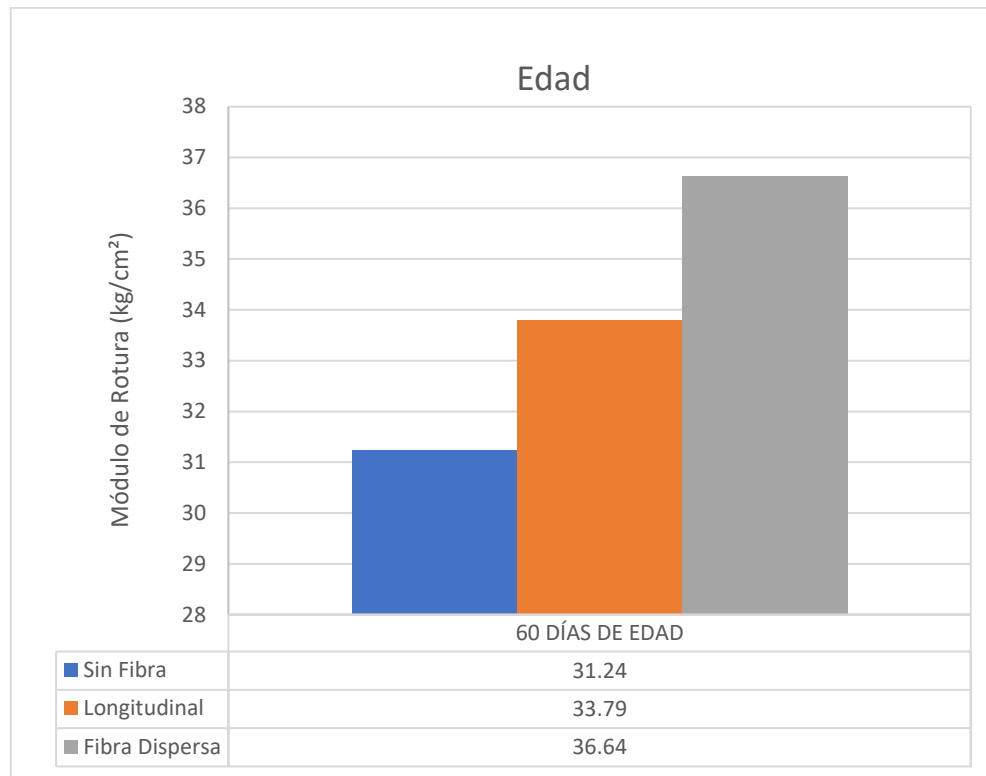
*Resistencia a flexión de concreto  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  con carga en el tercio de la luz libre a los 60 días*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS						
REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA						
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$						
REALIZADO	Egda. Daniela Y. Briseño					
POR:						
NORMA:	NTE INEN 2554					
DIMENSIONES	15X15X75					
VIGA (cm)						
PROBETA	Orientación de la fibra	Edad días	Carga (kg)	Módulo de rotura ( $\text{kg/cm}^2$ )	Módulo de rotura medio ( $\text{kg/cm}^2$ )	
1	Sin Fibra	60	11796,65	31,94	31,24	
2			11726,35	30,69		
3			1748,79	31,09		
4			2009,42	35,72		
5	Longitudinal	60	1821,39	32,38	33.79	
6			1871,97	33,28		
7			2035,02	36,20		
8			Fibra Dispersa	2093,14		37,22
9				2052,35		36,51

*Nota. Briseño (2016)*

### Figura 39

Resistencia a flexión en vigas de concreto  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  reforzados con fibra de cabuya a un 1.5% y concreto simple sin fibra a los 60 días.



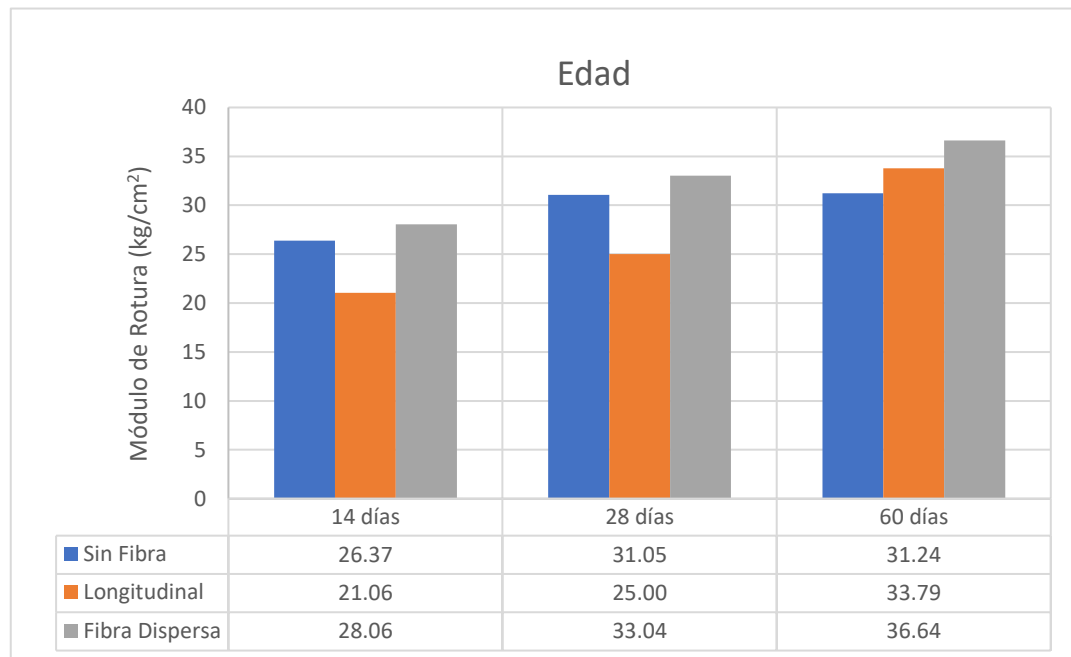
Nota. Briseño (2016)

Como se puede observar en la Tabla 37 y Figura 39, los ensayos a flexión en vigas de concreto  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  a los 60 días de edad, se visualizó un incremento en la resistencia a flexión en el concreto reforzado con fibra de cabuya, alrededor del 14,7% para concreto con fibra dispersa, y del 7,5% para concreto con fibra longitudinal, en comparación al concreto sin fibra, obteniendo resistencias a flexión adecuadas dentro de los límites señalados.

Los ensayos a flexión ejecutados en vigas de concreto  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  a los 14, 28 y 60 días, muestran en la Figura 40, que el concreto con fibra dispersa siempre presenta la mayor resistencia

**Figura 40**

*Resistencia a flexión del concreto vs Edad del concreto*



*Nota.* Briseño (2016)

El uso del plastificante SikaCem en vigas de concreto reforzadas con fibras, es aceptable porque mejoró la trabajabilidad del concreto fresco y facilitó la fundición de los especímenes. El asentamiento del concreto con fibra dispersa de 6 cm no presento una variación significativa, disminuyó de 7 a 6 centímetros, debido a que la fibra tratada absorbió cierta cantidad de agua de la mezcla dejándola con menor fluidez, esta disminución no afectó la trabajabilidad manteniéndola como media.

La incorporación de fibra longitudinal ocasiona una disminución del 6% de la resistencia a flexión a los 14 y 28 días, en relación al concreto simple sin fibra, esto debido a los vacíos entre las fibras, así como a su humedad, creando adherencia tardía entre el componente concreto – fibra.

La incorporación de fibra longitudinal ocasiona un aumento del 7,5% de la resistencia a flexión a los 60 días, en relación al concreto simple sin fibra, esto debido a que el concreto adquiere mayor resistencia con el transcurso del tiempo y la fibra alcanza sus propiedades mecánicas ideales. Cabe mencionar también que el concreto y la fibra trabaja como un material compuesto pretensado, en donde la fibra fraccionada se añade al concreto esperando que fragüe quedando los dos elementos adheridos, al destensar la fibra esta tiende a acortarse y arrastrar con ella al concreto provocando compresión dejándolo

pre-comprimido, de esta manera mejora la capacidad para resistir mejor los esfuerzos a tracción.

El concreto con fibra dispersa presentó un incremento de 20,1%; 19,5%; y 14,7% en su resistencia a flexión a los 14, 28 y 60 días respectivamente, en relación al concreto simple sin fibra y un incremento de 24,9%; 24,3%; y 7,8% en su resistencia a flexión a los 14, 28 y 60 días respectivamente, en relación al concreto con fibra longitudinal

La incorporación de fibra dispersa en las vigas de concreto proporcionó cohesión, evitando que se propaguen las fisuras y que tenga una falla total el elemento.

Por lo tanto, las vigas de concreto de  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  reforzadas con fibra de cabuya dispersa son las que mejor se comportaron ante los diferentes ensayos, por esto se podría iniciar con su uso en la construcción dando así la posibilidad de estudiar el comportamiento del elemento en su tamaño real.

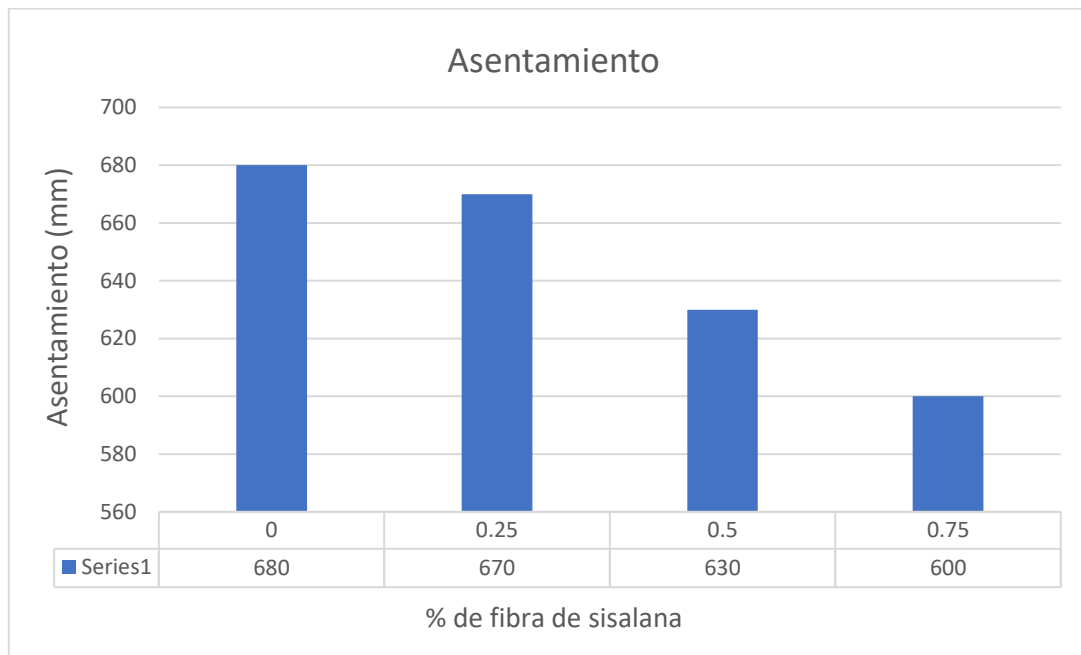
### ***2.2.3 Artículos relacionados con el tema***

Pradeep, Puttabasavegowda y Divyashree (2019) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, para el diseño de mezcla se usó concreto de grado M30. El contenido de fibra que se puede utilizar en el concreto autocompactante reforzado con fibra puede ser en función del volumen de hormigón o del peso del cemento. En este artículo se usó fibra agave sisalana considerando el volumen de cemento para dosificaciones de 0%, 0,25%, 0,5% y 0,75% con fibras de longitudes de 4,5 cm, se optó por una relación agua-cemento de 0,45 para evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado fresco para medir la trabajabilidad, propiedades del concreto en estado endurecido que son: la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión mediante ensayos a los 7 y 28 días de edad.

Según los ensayos que miden el asentamiento del concreto, nos muestra en la siguiente Figura 41, que disminuye el asentamiento proporcional al aumento del porcentaje de fibra empleado.

**Figura 41**

Resultados de la prueba de flujo de asentamiento

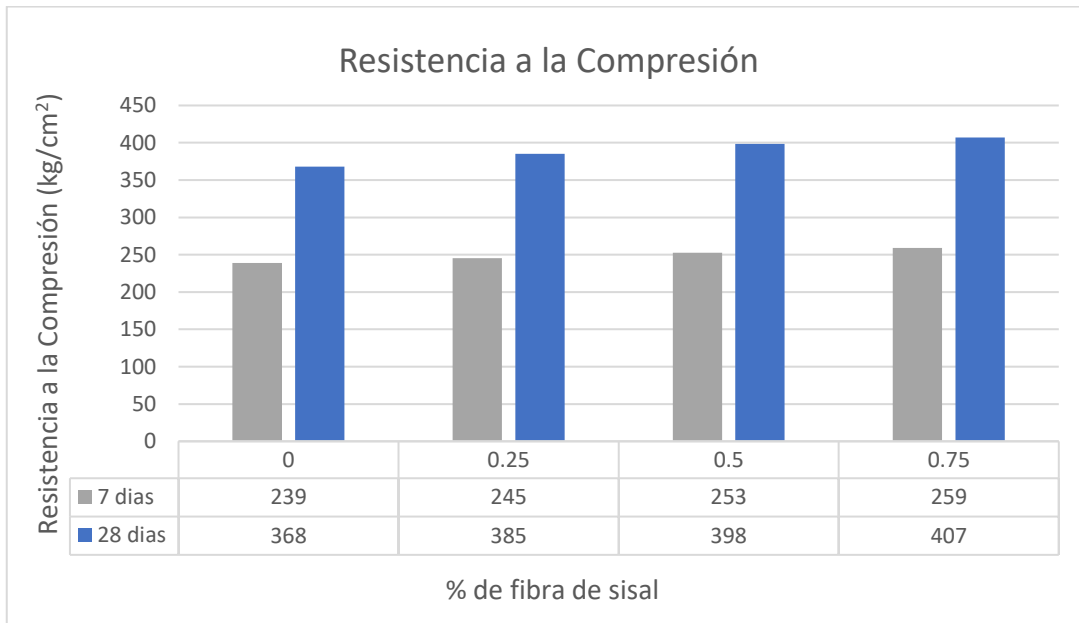


*Nota.* Pradeep, Puttabasavegowda y Divyashree (2019)

En la prueba de compresión se analizaron en dosificaciones de 0%; 0,25%; 0,5% y 0,75%, con una resistencia a la compresión de 390 kg/cm<sup>2</sup> y se muestra en la Figura 42, que la resistencia a la compresión para el diseño patrón de las edades 7 y 28 días son 239 kg/cm<sup>2</sup> y 368 kg/cm<sup>2</sup>. Según los análisis de las pruebas se concluye que con el aumento del porcentaje de fibras empleadas tiene una influencia sobre la resistencia a la compresión del concreto. Es por ello que se puede apreciar que, a lo largo de 7 días a 28 días, la resistencia a la compresión aumentó en el rango de 2% a 5%.

**Figura 42**

*Resistencia a la compresión de concreto reforzado con fibra de sisal*



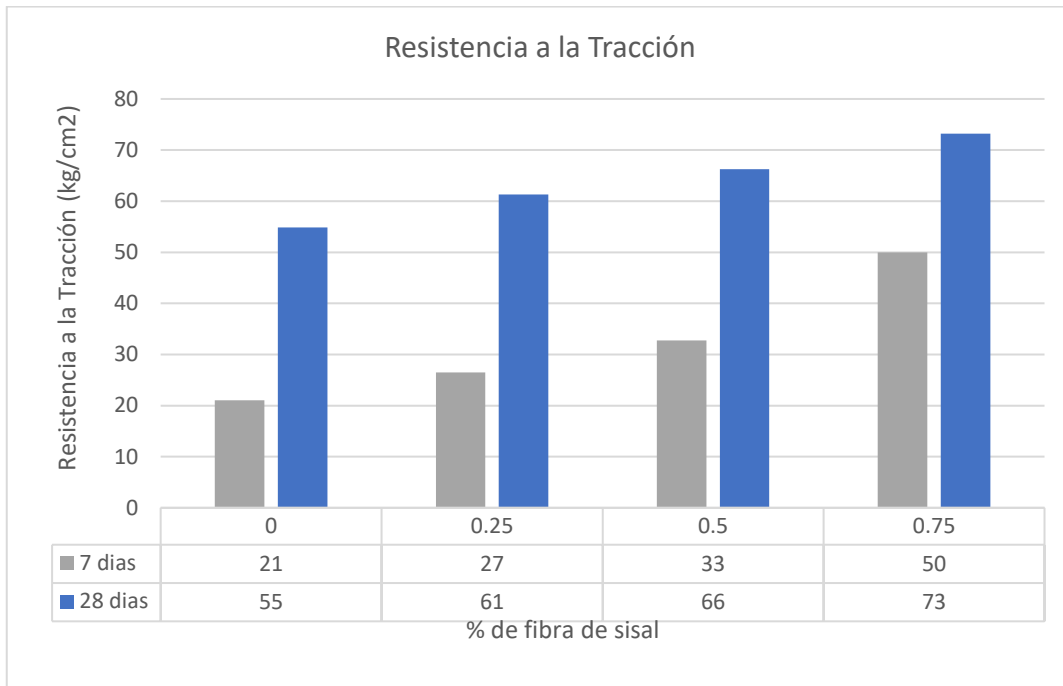
*Nota.* Pradeep, Puttabasavegowda y Divyashree (2019)

Para la prueba de tracción se analizaron muestras cilíndricas, cada una de 150 mm de diámetro y 300 mm de longitud en dosificaciones de 0%; 0,25%; 0,5% y 0,75% y se muestra en la Figura 43, que la resistencia a la tracción para el diseño patrón de las edades 7 y 28 días son 21 kg/cm<sup>2</sup> y 55 kg/cm<sup>2</sup>. Según los análisis de la prueba se concluye que la resistencia a la tracción de la muestra aumenta gradualmente en medida que se aumenta el porcentaje de fibra llegando a emplear hasta el 0,75%.



**Figura 43**

*Resistencia a la tracción del concreto reforzado con fibra de sisal*

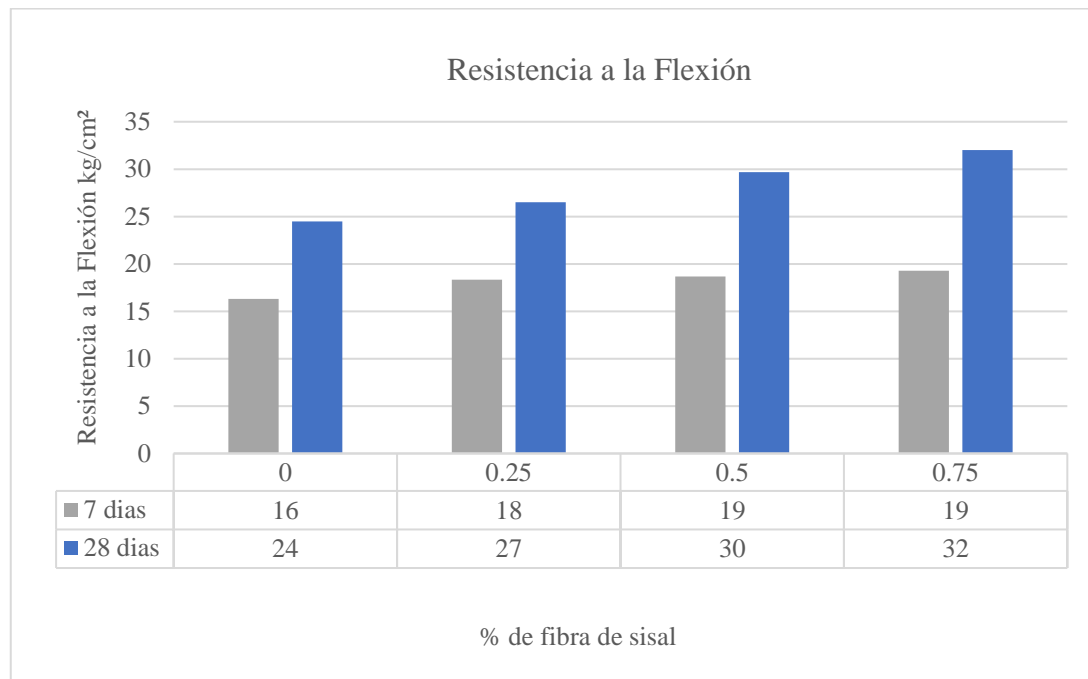


*Nota.* Pradeep, Puttabasavegowda y Divyashree (2019)

Para la prueba de flexión se analizaron muestras cilíndricas, cada una de 150 mm de diámetro y 300 mm de longitud en dosificaciones de 0%; 0,25%; 0,5% y 0,75% y se muestra en la Figura 44, que la resistencia a la flexión para el diseño patrón de las edades 7 y 28 días son 16 kg/cm<sup>2</sup> y 24 kg/cm<sup>2</sup>. Según los análisis de la prueba se concluye que la resistencia a la flexión de la muestra aumenta en medida que se aumenta el porcentaje de fibra llegando a emplear hasta el 0,75% del contenido de fibra de sisal. Por lo tanto, a lo largo de 7 días a 28 días, la resistencia a la compresión aumentó 32 kg/cm<sup>2</sup>, es decir, 33,45% más entre el concreto normal y el concreto reforzado con fibras.

**Figura 44**

*Resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibra agave sisalana*



*Nota.* Pradeep, Puttabasavegowda y Divyashree (2019)

Según los investigadores se concluye que la resistencia a la compresión, a la tracción, y a la flexión aumentaron en un 407 kg/cm<sup>2</sup> (10%), 73 kg/cm<sup>2</sup> (30%) y 32 kg/cm<sup>2</sup> (33,45%) respectivamente después de la adición de 0,75% de fibra agave sisalana para el diseño de mezcla M30.

Sabapathy, Rekha y Sajeevanm (2017) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, para el diseño de mezcla de concreto se usaron 3 grados M20, M30 y M40, se usó fibra agave sisalana como refuerzo del concreto para diseñar y ensayar probetas y vigas en dosificaciones (fracción volumétrica variable de fibra) de 0%, 0,5%, 1%, 1,5% y 2%. La relación agua-cemento fue de 0,55 para evaluar la resistencia a la compresión, tracción y flexión.

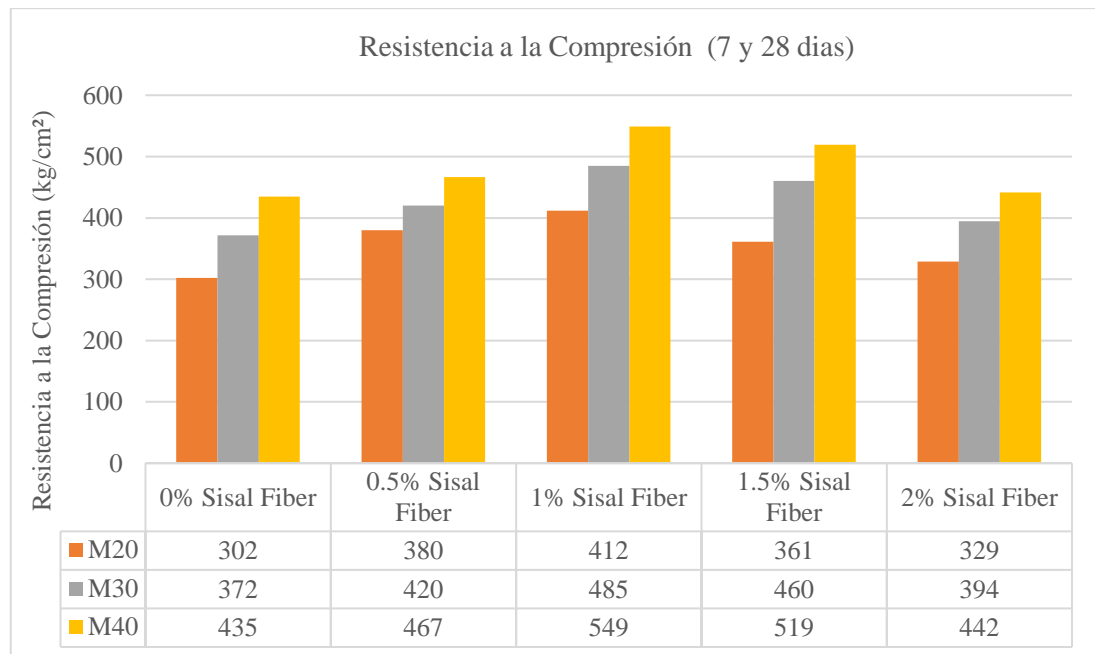
Según, el ensayo que mide la resistencia a la compresión del concreto, se muestra en la Figura 45, que a los 28 días de curado para el diseño patrón de los grados M20, M30 y M40 son 302 kg/cm<sup>2</sup>; 372 kg/cm<sup>2</sup> y 435 kg/cm<sup>2</sup>.

Según los análisis se concluye que la adición de fibras aumenta la resistencia a la compresión del concreto y el máximo fue para la dosificación de fibra del 1% en los tres grados de concreto ensayados. También se nota que a medida que aumenta el grado de

concreto (M20, M30 y M40), la resistencia a la compresión también aumenta, lo que indica que el grado de concreto tiene influencia considerable sobre la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibra de sisal.

**Figura 45**

*Resistencia a la compresión del hormigón*



*Nota.* Sabapathy, Rekha y Sajeevanm (2017)

El concreto es frágil para resistir las cargas de tracción para las cuales se proporciona refuerzo. Esta prueba indica la resistencia a las grietas de las fibras en el concreto cuando se somete a cargas de tracción.

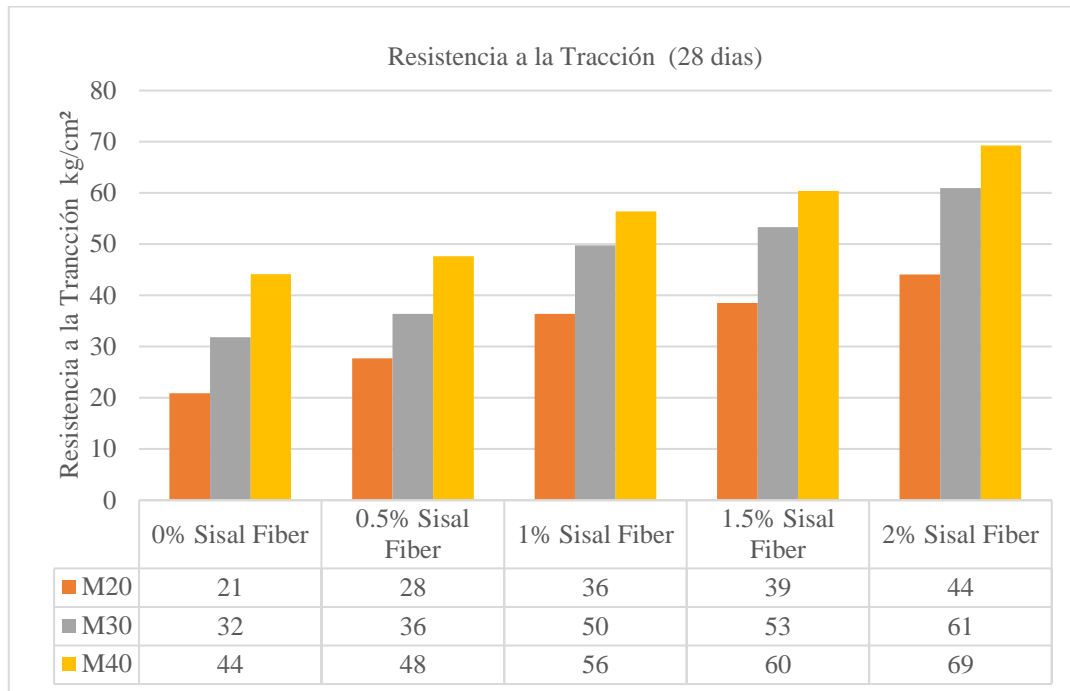
Se realizaron las pruebas con probetas de 150 mm de diámetro y 300 mm de longitud con una dosificación del 0% al 2% para tres grados de concreto. La prueba de tracción dividida se realizó según IS: 5816-1999.

Según, este ensayo, muestra en la Figura 46, que la resistencia a la tracción a los 28 días de curado para el diseño patrón de los grados M20, M30 y M40 son 21 kg/cm<sup>2</sup>; 32 kg/cm<sup>2</sup> y 44 kg/cm<sup>2</sup>.

Según los análisis de la prueba se concluye que, para los tres grados de concreto (M20, M30 y M40), la resistencia a la tracción aumentó a medida que aumentó el porcentaje de fibras.

**Figura 46**

*Gráfico de resistencia a la tracción*



*Nota.* Sabapathy, Rekha y Sajeevanm (2017)

La prueba de resistencia a la flexión es una medida para saber si el concreto resiste contra las fuerzas de tensión debido a la flexión. Este experimento deduce la capacidad de la fuerza de unión de las fibras de sisal en el hormigón.

Se analizaron 45 muestras, vigas de dimensiones 500m x 100m x 100m en dosificaciones de fibra de 0%, 0,5%. 1%, 1,5% y 2% para tres grados de concreto (M20, M30 y M40). La prueba se realizó con la máquina de prueba universal estándar con carga de un solo punto y el procedimiento fue según IS: 5816-1959.

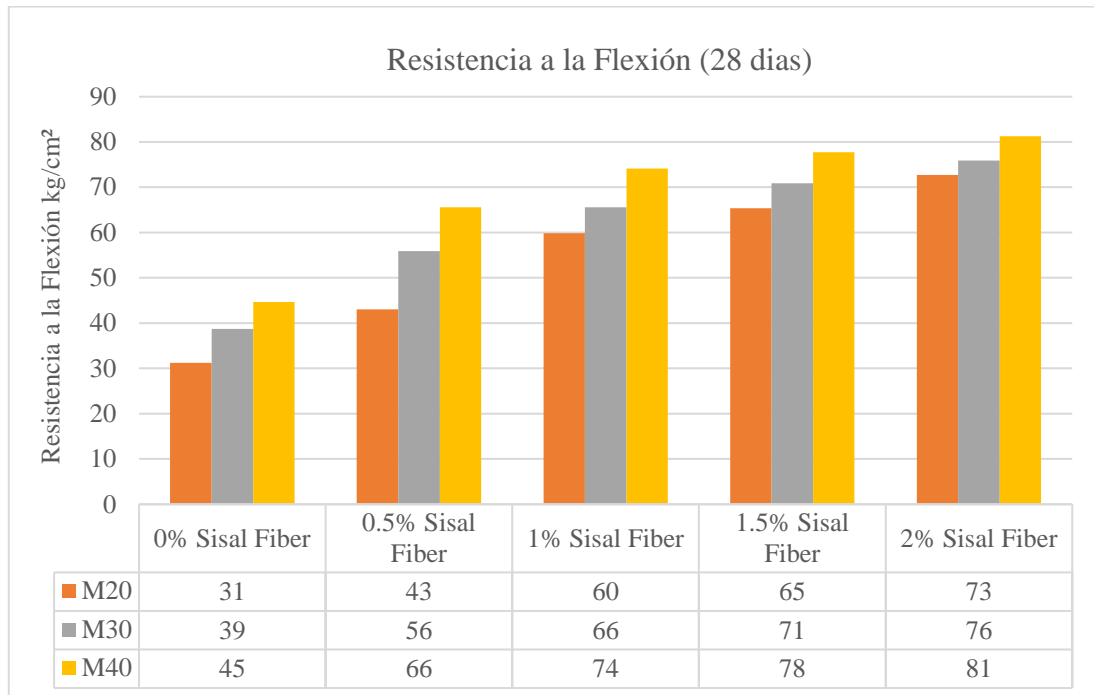
Según, este ensayo, muestra en la Figura 47, que la resistencia a la flexión a los 28 días de curado para el diseño patrón de los grados M20, M30 y M40 son 31 kg/cm<sup>2</sup>; 39 kg/cm<sup>2</sup> y 45 kg/cm<sup>2</sup>.

Según los análisis de la prueba se concluye que, para los tres grados de concreto (M20, M30 y M40), la resistencia a la tracción aumentó a medida que aumentó el porcentaje de fibras, lo que se muestra un aumento en ductilidad de hormigón.

Las grietas minúsculas en las muestras ensayadas demuestran que las fibras son seguras para disminuir el agrietamiento del concreto.

**Figura 47**

*Gráfico de resistencia a la flexión*



*Nota.* Sabapathy, Rekha y Sajeevanm (2017)

Sugathan (2017) comprobó el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, verificado y analizando las propiedades del concreto fresco y endurecido reforzado con fibra agave sisalana de 12 mm de longitud y 0,2 mm de diámetro, en diferente porcentajes de adición de fibra de 0,5%, 1%, 1,5% y 2% de fibra en un diseño de mezclado grado M40 y se moldearon en cubos y cilindros para evaluar experimentalmente la trabajabilidad, resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción del hormigón, mediante ensayos de laboratorio a los 7 días y 28 días de curado.

Se utilizaron aditivos químicos como superplastificantes (Glenium B233) en diferentes porcentajes como 0,15%; 0,2%; 1% y 2% para proporcionar la trabajabilidad necesaria y aditivos minerales como Cenizas volantes para mejorar la calidad y durabilidad del SCC.

Como se muestra en la Tabla 38, se realizó el ensayo que mide la trabajabilidad del hormigón para comprobar el porcentaje óptimo de superplastificante y el porcentaje de adición de fibras. Se obtuvo el porcentaje óptimo de trabajabilidad de la mezcla de hormigón con un 0,2% de superplastificante y una relación agua/cemento de 0,31 que tuvo una buena trabajabilidad que es eficaz.

**Tabla 38***Prueba de asentamiento*

N°.	% de Fibra	T 500 mm (2 - 5 segundos)	Asentamiento (600 - 800mm)
1	0.15	5.70	630
2	0.20	8.00	580
3	1.00	15.00	560
4	2.00	24.00	510

*Nota.* Sugathan (2017)

Para el ensayo que mide la resistencia a la compresión del hormigón, se utilizaron muestras después de 7 y 28 días de curado. En la Tabla 39, se puede observar que la resistencia a los 28 días era máxima cuando el porcentaje de fibra utilizado era del 1,5%, después de lo cual había una disminución en la resistencia con la adición de fibras, la resistencia a la compresión aumentó en casi un 45%.

**Tabla 39***Resultado de la prueba de resistencia a la compresión*

% de Fibra	Carga de Falla (KN)		Resistencia de Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días	7 días	28 días
SCC	568	878	239	398
0.50	538	896	244	406
1	558	968	263	438
1.50	602	1006	273	456
2	536	923	251	418

*Nota.* Sugathan (2017)

Según, el ensayo que mide la resistencia a la tracción del hormigón, muestra en la Tabla 40, la resistencia después de 7 y 28 días de curado. Se puede observar que la resistencia a los 28 días era máxima cuando el porcentaje de fibra utilizado era del 1,5%, después de lo cual había una disminución en la resistencia con la adición de fibras, la resistencia a la tracción dividida aumentó en casi un 5% después de la adición de 1,5%

de fibra. La resistencia a la tracción dividida del SCC con fibra agave sisalana en comparación con el SCC simple se encuentra un 50% más respectivamente. La adición de fibras está afectando significativamente la resistencia a la tracción por división.

**Tabla 40**

*Resultado de la prueba de tracción*

% de Fibra	Carga de Falla (KN)		Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días	7 días	28 días
SCC	328	541	26	39
0.50	339	563	25	41
1	356	608	26	44
1.50	382	626	28	45
2	344	565	25	41

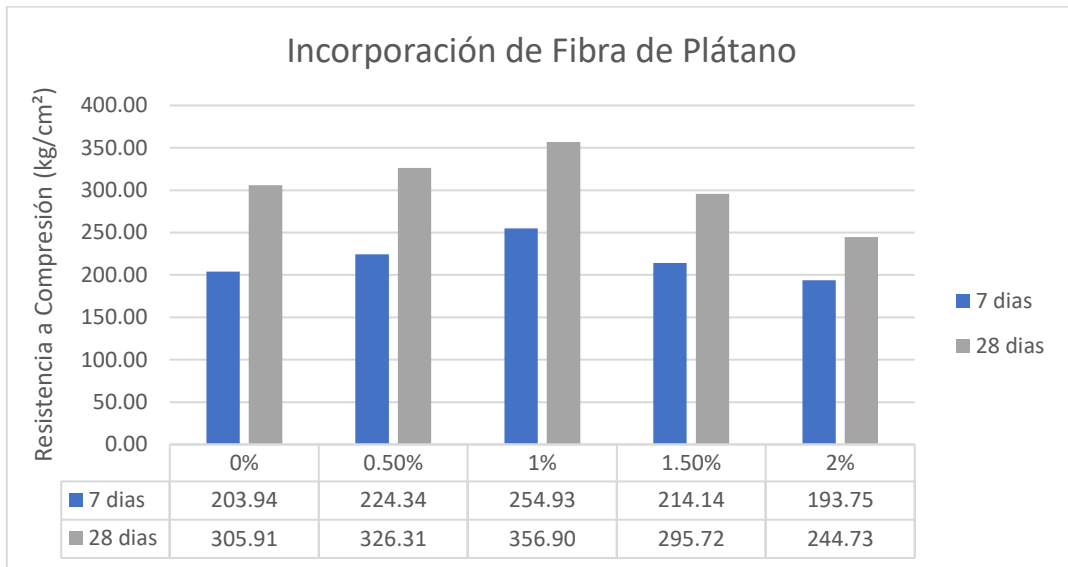
*Nota.* Sugathan (2017)

Bharathi, S. V., Vinodhkumar, S. y Saravanan, M. M. (2021) comprobaron el comportamiento del rendimiento del concreto con adición de fibras naturales; para ello, se utilizó fibra de plátano y agave sisal, con dosificaciones del 0.5%, 1%, 1.5% y 2% fibra, para evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado endurecido como la resistencia a la compresión, tracción y flexión, mediante ensayos de laboratorio a los 7 y 28 días.

En la Figura 49, se observan datos de la resistencia a la compresión del concreto a sus 7 y 28 días de curado, donde el concreto patrón adquiere una resistencia de 331.41 kg/cm<sup>2</sup>, al incorporar el 0.5 % de fibra de agave sisal se alcanzó una resistencia de 336.51 kg/cm<sup>2</sup>, al 1% una resistencia de 356.90 kg/cm<sup>2</sup>, al 1.5% una resistencia de 346.70 kg/cm<sup>2</sup> y con la incorporación de 2% se adquirió 341.60 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, al agregar 1% de fibra, se logró la mayor resistencia a la compresión, en comparación con los datos de la Figura 48.

**Figura 48**

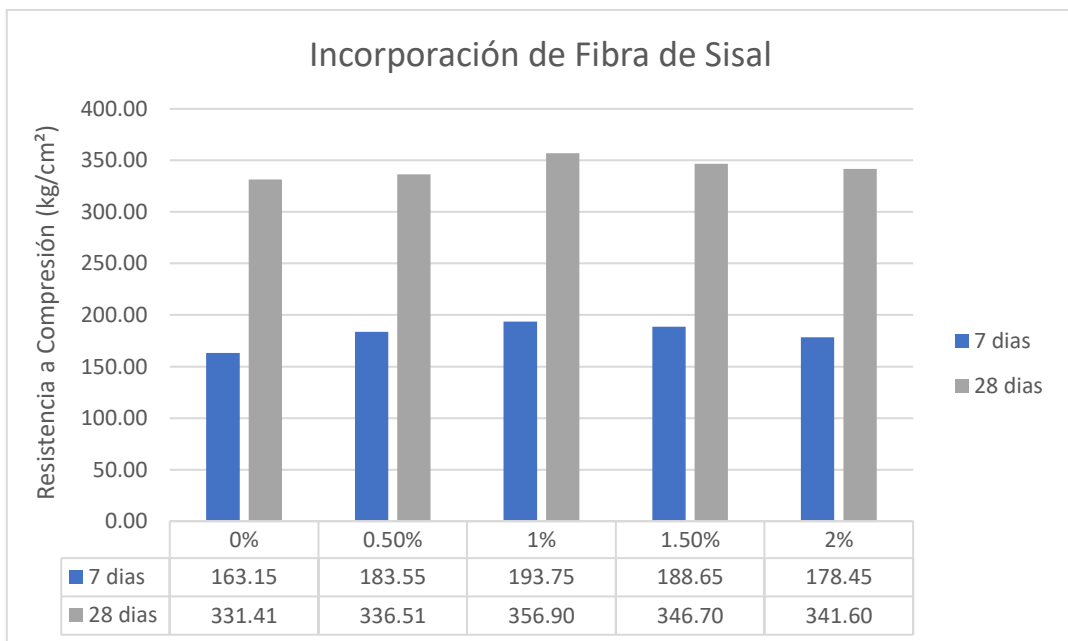
*Resistencia a la compresión de la fibra de plátano*



*Nota. Sugathan (2017)*

**Figura 49**

*Resistencia a la compresión de la fibra de sisal*



*Nota. Sugathan (2017)*

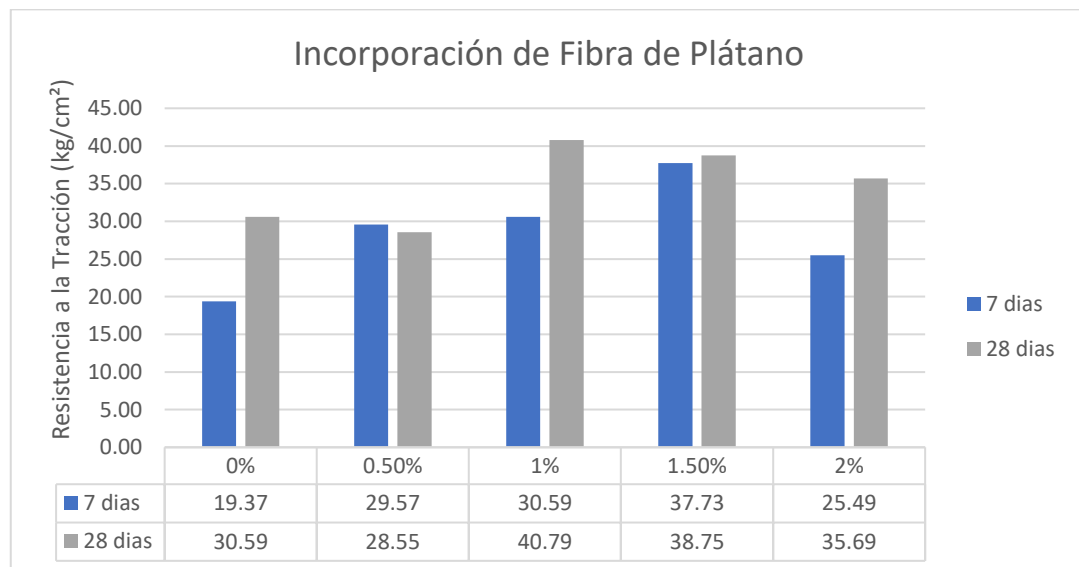
En la Figura 51, se observan datos de la resistencia a la tracción del concreto a sus 7 y 28 días de curado, donde el concreto patrón adquiere una resistencia de 43.85 kg/cm<sup>2</sup>, al incorporar el 0.5 % de fibra de agave sisal se alcanzó una resistencia de 45.89 kg/cm<sup>2</sup>,



al 1% una resistencia de 56.08 kg/cm<sup>2</sup>, al 1.5% una resistencia de 52.01 kg/cm<sup>2</sup> y con la incorporación de 2% se adquirió 50.99 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, al agregar 1% de fibra, se logró la mayor resistencia a la tracción en comparación con los datos de la Figura 50.

**Figura 50**

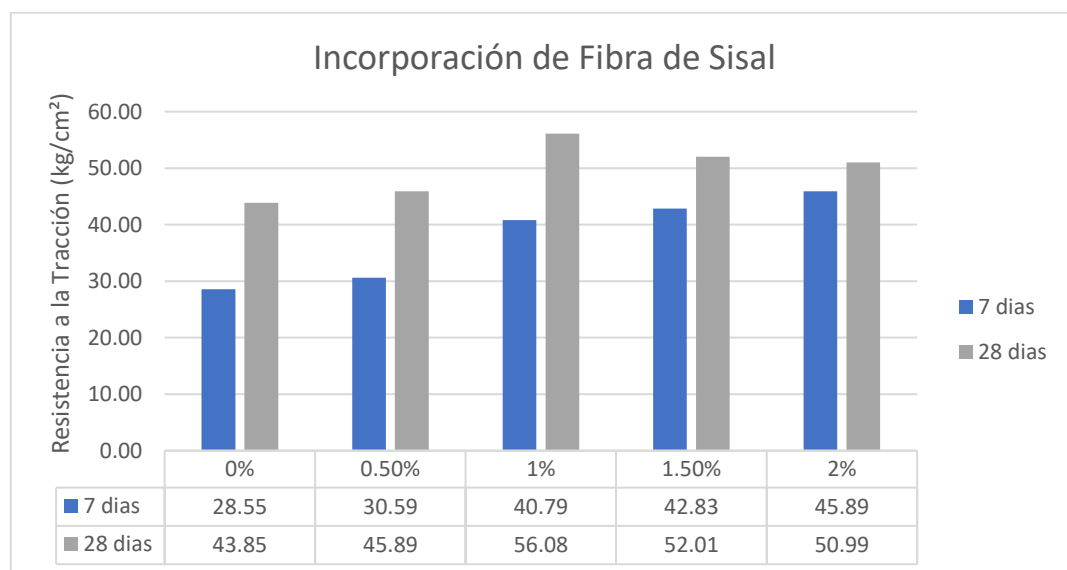
*Resistencia a la tracción de la fibra de plátano*



*Nota.* Sugathan (2017)

**Figura 51**

*Resistencia a la tracción de la fibra de sisal*

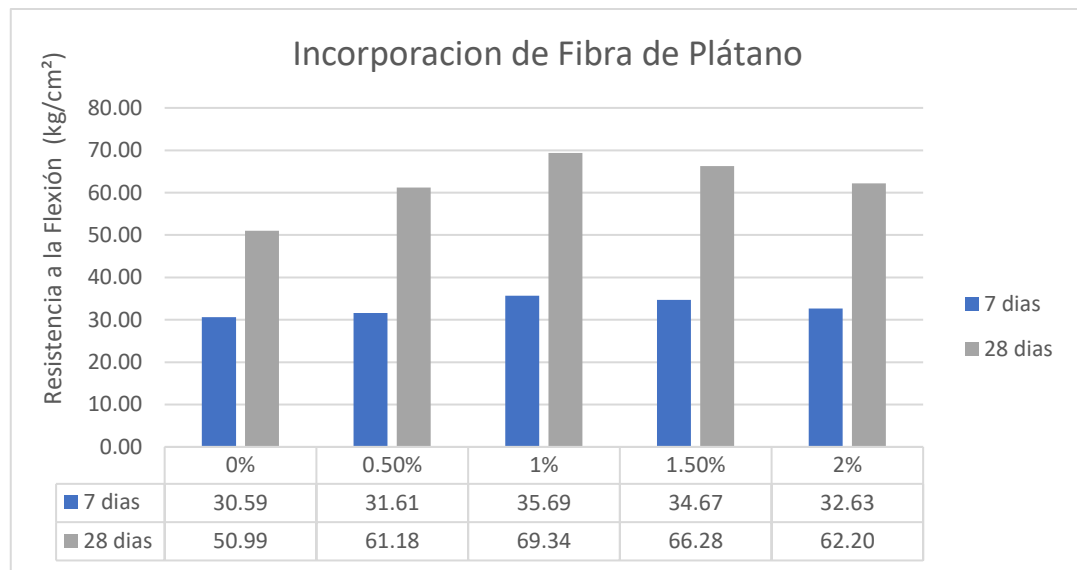


*Nota.* Sugathan (2017)

En la Figura 53, se observan datos de la resistencia a la flexión del concreto a sus 7 y 28 días de curado, donde el concreto patrón adquiere una resistencia de 39.77 kg/cm<sup>2</sup>, al incorporar el 0.5 % de fibra de agave sisal se alcanzó una resistencia de 43.85 kg/cm<sup>2</sup>, al 1% una resistencia de 46.91 kg/cm<sup>2</sup>, al 1.5% una resistencia de 50.99 kg/cm<sup>2</sup> y con la incorporación de 2% se adquirió 49.97 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, al agregar 1.5 % de fibra, se logró la mayor resistencia a la flexión, en comparación con los datos de la Figura 52.

**Figura 52**

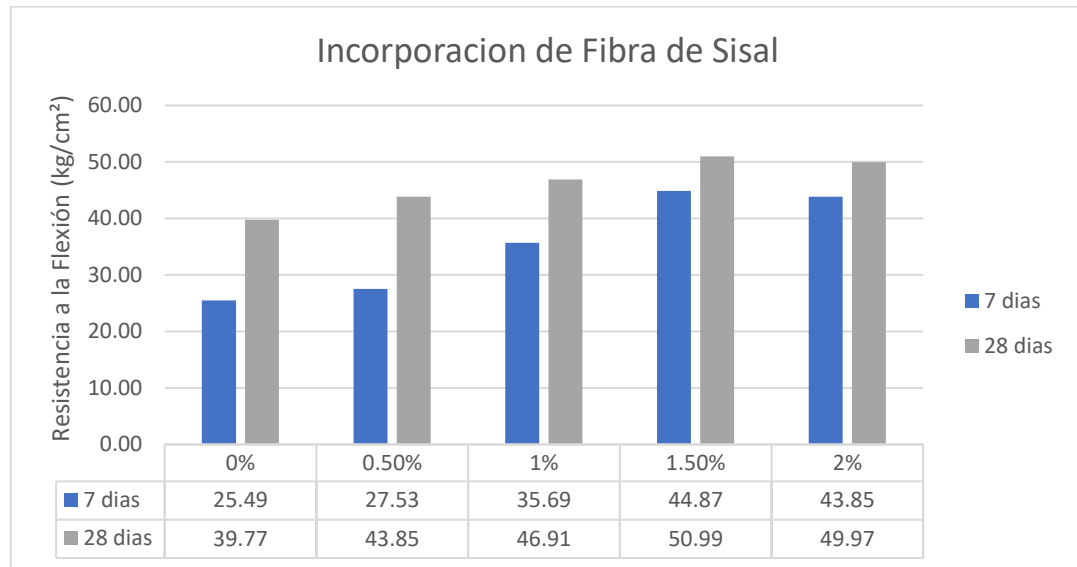
*Resistencia a la flexión de la fibra de plátano*



*Nota. Sugathan (2017)*

**Figura 53**

*Resistencia a la flexión de la fibra de sisal*



*Nota.* Sugathan (2017)

Por lo descrito, se comprobó que el compuesto reforzado con fibra de sisal tenía mejor resistencia a la tracción (durabilidad), compresión y flexión en comparación con la fibra de banano. La mezcla de fibra en un % más del 1.5, disminuyó las características de resistencia y agregando un % mínimo entre el 1 % y 1.5%, aumentó la resistencia a la tracción (durabilidad), la resistencia a la flexión (módulo de ruptura) y la resistencia a la compresión. Por lo tanto, la fibra de sisal mejora las propiedades mecánicas del hormigón.

KunamineniVijay, K. y Umamaheswar, C. (2016) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, se utilizó como diseño de mezcla patrón un concreto de grado M30 (30 N/mm<sup>2</sup>), relación agua /cemento de 0.547, cemento Portland ordinario de grado 53 de marca cementos de Dalmia y se usó fibra de Agave Sisal en trozos pequeños de 3 a 5 cm longitud con porcentajes de fibra de 0,5%; 1%; 1,5% y 2%; para evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción del concreto a los 3,7 y 28 días. La proporción de mezcla para varias muestras se dan en la Tabla 41.

**Tabla 41***Proporciones de mezcla*

Mezcla	Cemento	Agregado		Agregado Fino	Fibra de Sisal	A/C
		Grueso 12 mm	Agregado Grueso 20 mm			
M1	350	727	502	646	0.00	0.547
M2	350	727	502	646	1.75	0.547
M3	350	727	502	646	3.50	0.547
M4	350	727	502	646	5.25	0.547
M5	350	727	502	646	7.00	0.547

*Nota.* Kunamineni Vijay, K. y Umamaheswar, C. (2016)

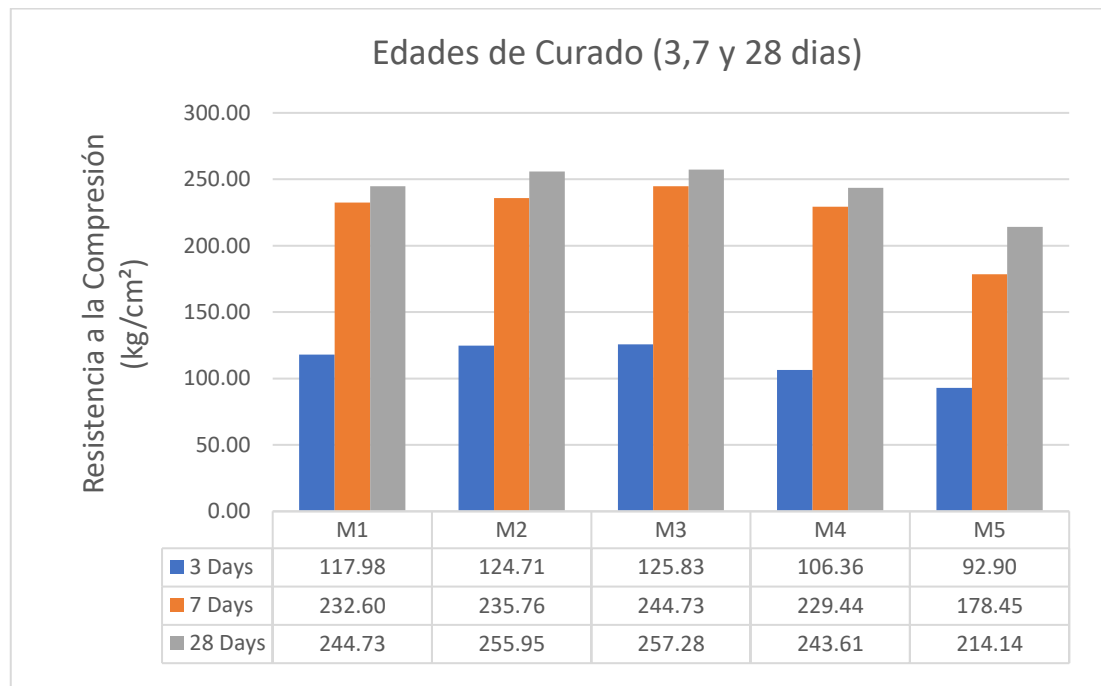
Para el ensayo de compresión se utilizaron cubos de hormigón de  $150 \times 150 \times 150$  mm, los resultados de resistencia a los 3 días para el 0% de fibra fue de 11,57 Mpa y para el del 0,5% fue de 12,23 Mpa, cuando fue de 1% incremento 12.34Mpa, luego la fuerza se redujo cuando se añade fibra en un 1,5% y un 2%, esto se ha repetido en todos los períodos de prueba.

Como se puede apreciar en la Figura 54, los resultados a los 7 días para 0,5% y 1% han aumentado, la fuerza de 22.81Mpa a 24 Mpa.

Como se menciona, la fibra se puede utilizar en hormigón en el reemplazo parcial del refuerzo a alguna medida, ya que no afecta la propiedad de resistencia

**Figura 54**

*Resistencia a la compresión de diferentes mezclas*



*Nota.* Kunamineni Vijay, K. y Umamaheswar, C. (2016)

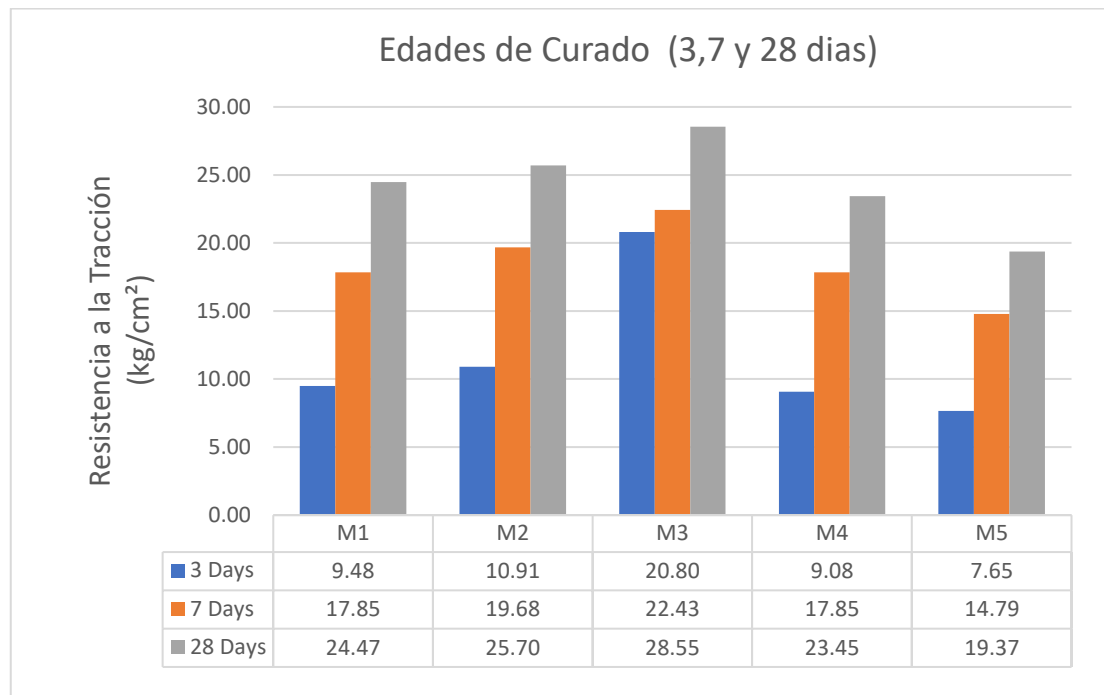
Para la resistencia a la tracción dividida se utilizaron cilindros de 100 mm y 200 mm de largo. Al 0% de la mezcla de fibras, la resistencia es de 0,96 cuando se 0.5% luego aumentó a 1.07.

Como se puede observar en la Figura 55, los parámetros de resistencia en la prueba de 7 días fueron en aumento en la mezcla hasta que la fibra fue de 1.0% y luego comenzaron a disminuir, este efecto producido en el hormigón puede deberse a la aglomeración del contenido de fibra.

En todos los periodos y cuando se añade la fibra al hormigón se ha aumentado la resistencia a la tracción dividida.

**Figura 55**

*Resistencia dividida a la tracción de diferentes mezclas*



*Nota.* KunamineniVijay, K. y Umamaheswar, C. (2016)

Por lo tanto, el porcentaje óptimo de fibra es al 1% ya que cuando el porcentaje de fibra aumenta en más del 1% se observa una reducción de las propiedades mecánicas dando lugar a una estructura porosa por la aglomeración de fibra.

Latha, V. y Beeraiah, B. (2019) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, se usó fibra de sisal como refuerzo del concreto en diferentes proporciones en pequeños trozos de 3 a 5 cm para diseñar y ensayar probetas y vigas en diferentes muestras, para evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción, mediante ensayos de laboratorio.

Se utilizaron muestras con dimensiones de 150 x 150 x 150 mm para la prueba de compresión del concreto.

Según, el ensayo que mide la resistencia a la compresión del concreto, muestra en la Tabla 42 y Figura 56, la resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de curado para las diferentes muestras.

Según los análisis de la prueba se concluye que la adición de fibras aumenta la resistencia a la compresión del concreto hasta la Muestra M3, después disminuye, lo que indica que la dosificación óptima es hasta la muestra M3 y dentro de ese rango, presenta

influencia considerable sobre la resistencia a la compresión del concreto reforzado con fibra de sisal.

**Tabla 42**

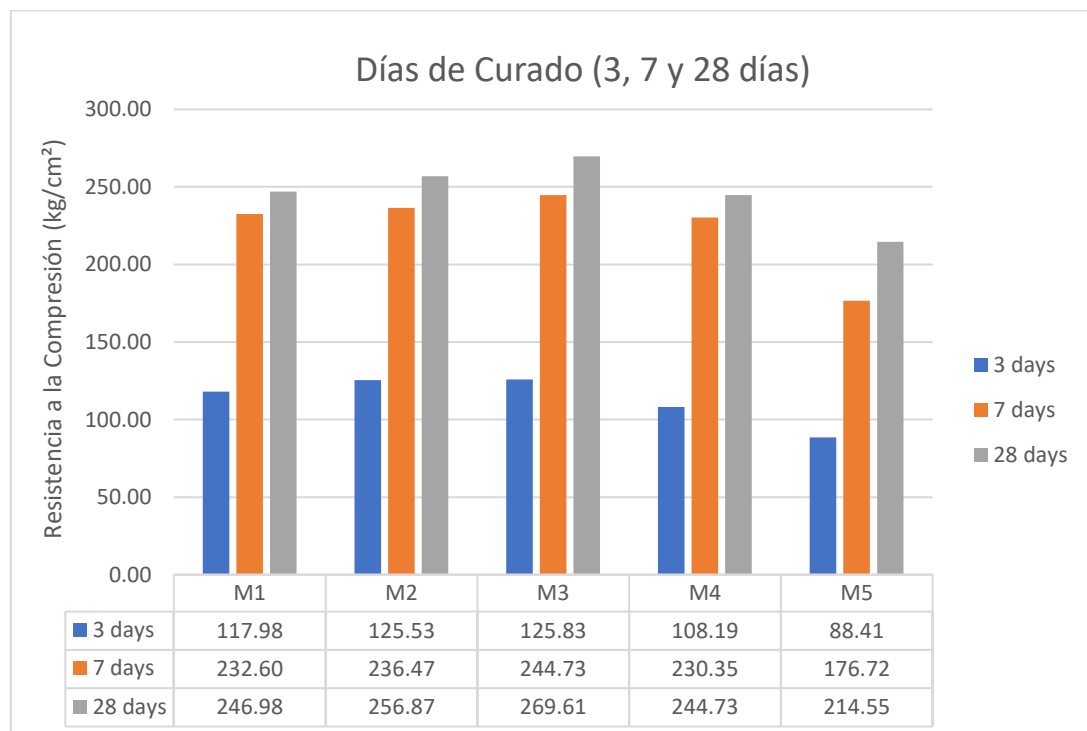
*Resistencia a la compresión de diferentes mezclas*

Resistencia a la Compresión kg/cm <sup>2</sup>			
Mezcla	3 días	7 días	28 días
M1	117.98	232.60	246.98
M2	125.53	236.47	256.87
M3	125.83	244.73	269.61
M4	108.19	230.35	244.73
M5	88.41	176.72	214.55

*Nota.* Latha, V. y Beeraiyah, B. (2019)

**Figura 56**

*Muestra la resistencia a la compresión del hormigón*



*Nota.* Latha, V. y Beeraiyah, B. (2019)

La prueba de tracción dividida se realiza en los cilindros de los tamaños en una proporción de 1: 2 al diámetro y la longitud de la muestra. En esta investigación, se

probaron totalmente 45 moldes cilíndricos de tamaño 100 mm \* 200 mm para conocer la resistencia a la tracción dividida de diferentes mezclas a los 3 días, 7 días y 28 días.

El concreto es frágil para resistir las cargas de tracción para las cuales se proporciona refuerzo. Esta prueba indica la resistencia a las grietas de las fibras en el concreto cuando se somete a cargas de tracción.

Se analizaron muestras cilíndricas en tamaños en una proporción de 1: 2 al diámetro y la longitud de la muestra. Se probaron 45 moldes cilíndricos de tamaño 100 mm \* 200 mm para conocer la resistencia a la tracción dividida de diferentes mezclas a los 3 días, 7 días y 28 días.

Según los análisis de la prueba se concluye que la adición de fibras aumenta la resistencia a la tracción del concreto hasta la Muestra M3, después disminuye, lo que indica que la dosificación óptima es hasta la muestra M3 y dentro de ese rango, presenta influencia considerable sobre la resistencia a la tracción del concreto reforzado con fibra de sisal.

Los resultados se muestran en la Tabla 43 y Figura 57, a continuación.

**Tabla 43**

*Resistencia a la tracción dividida para diferentes mezclas*

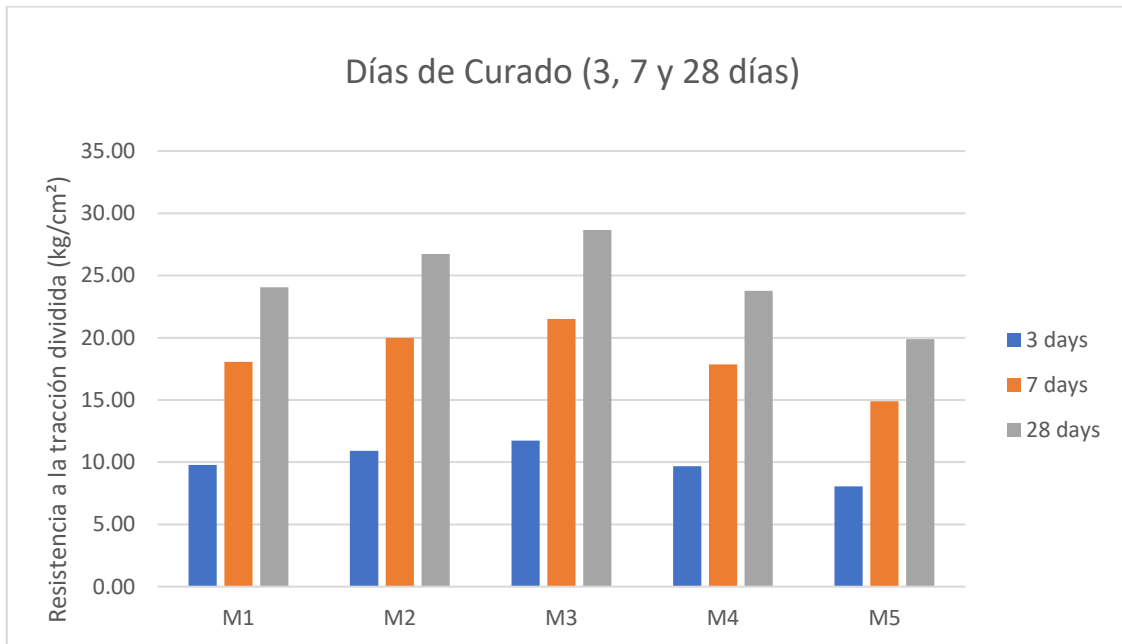
Mezcla	Resistencia a la tracción dividida kg/cm <sup>2</sup>		
	3 días	7 días	28 días
M1	9.79	18.05	24.07
M2	10.91	19.99	26.72
M3	11.73	21.52	28.65
M4	9.69	17.85	23.76
M5	8.06	14.89	19.88

*Nota.* Latha, V. y Beeraiyah, B. (2019)



## Figura 57

*Muestra la resistencia a la tracción dividida del hormigón*



*Nota.* Latha, V. y Beeraiah, B. (2019)

Los investigadores concluyen que cuando el porcentaje de fibra se incrementa en más del 1%, se observa una reducción en las propiedades mecánicas y esto puede conducir a una estructura porosa por aglomeración.

El aumento de la resistencia hasta el 1% se debe a la utilización del agua presente en la fibra para la reacción química en el momento del curado y menor concentración de fibra creada densidad compactada en concreto de cemento.

La adición de la fibra en pequeñas cantidades aumentará la resistencia a la tracción y también aumenta la resistencia de la unión, aumenta la dureza y disminuye la permeabilidad.

Teja, M. y Karthiga, S. (2018) comprobaron el comportamiento del rendimiento del concreto con adición de fibras naturales y reemplazo parcial de cemento por Metacaolín, el cual le da durabilidad y reduce el efecto de reactividad de sílice alcalina. El objetivo principal es determinar cuál es la dosificación óptima de las fibras de cáñamo y sisal, con Metacaolín que reduce el ancho de las grietas y mejora la durabilidad. En este artículo se usaron las siguientes dosificaciones al 0,5%; 1%; 1,5%; 2% y Metacaolín.

Según, el ensayo que mide la resistencia a la compresión del concreto para la mezcla de grado M40 muestra que la adición de fibra de cáñamo y fibra de sisal aumento hasta la dosificación de 0,5% y 1% y luego decayó.

La resistencia a la compresión máxima del cubo de fibra de cáñamo a los 28 días de curado es 7.93% más que el concreto normal, el cubo de fibra de sisal a los 28 días de curado es 3.27% más que el concreto normal y el cubo de metacaolin a los 28 días de curado es 6.40% más alto que el concreto normal.

Por lo tanto, la resistencia máxima a la compresión para la fibra de cáñamo con 0,5% de dosificación y metacaolin a los 28 días es de 561.56 kg/cm<sup>2</sup> (20.35%) y la resistencia máxima a la compresión para la fibra de sisal con dosificación de 1% y metacaolin es de 569.41 kg/cm<sup>2</sup> (15.73%) mayor que el concreto normal.

Entonces el reemplazo parcial de cemento con metacaolín hasta 15% y adición de fibras naturales al hormigón hasta 0,5% y 1% son las dosificaciones más óptimas.

En las Tabla 44 y la Figura 58, se muestran los resultados del ensayo del concreto patrón y los diseños con diferentes dosificaciones de fibra de cáñamo a los 7 y 28 días.

**Tabla 44**

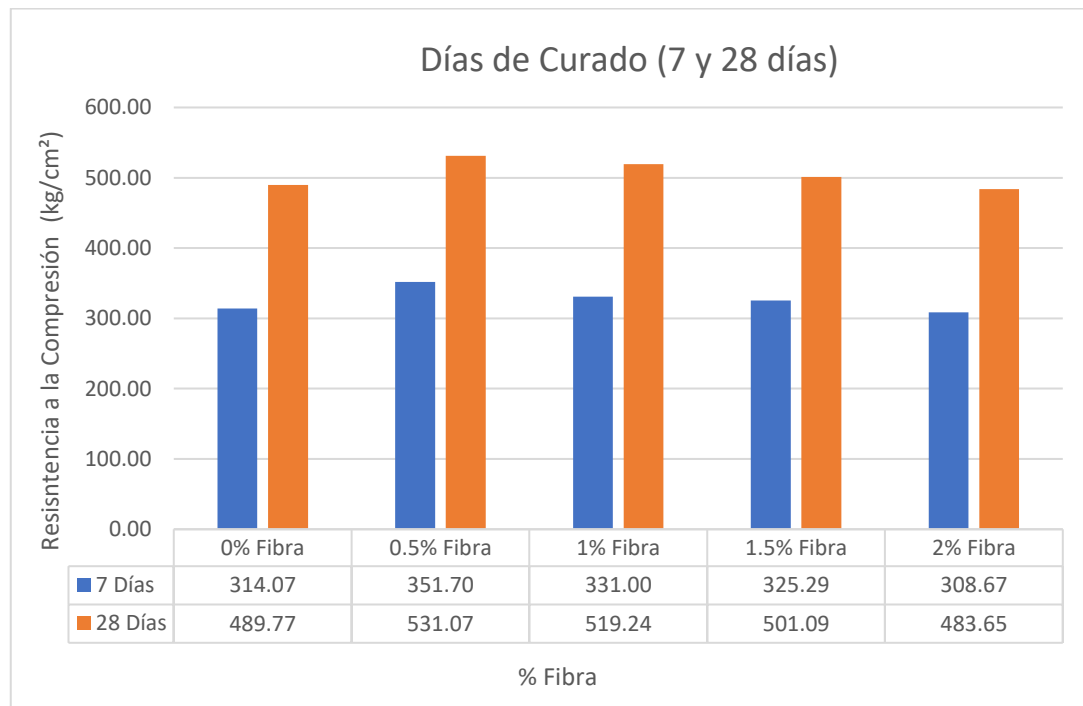
*Resistencia a la compresión de la fibra de cáñamo*

SI.NO.	Longitud de fibra de cáñamo	Contenido de fibra (%)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			7 días	28 días
1		0	314.07	489.77
2		0.5	351.70	531.07
3	20 mm	1	331.00	519.24
4		1.5	325.29	501.09
5		2	308.67	483.65

*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

**Figura 58**

*Resistencia a la compresión de la fibra de cáñamo*



*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

En las Tabla 45 y la Figura 59 se muestran los resultados del ensayo del concreto patrón y los diseños con diferentes dosificaciones de fibra de sisal a los 7 y 28 días

**Tabla 45**

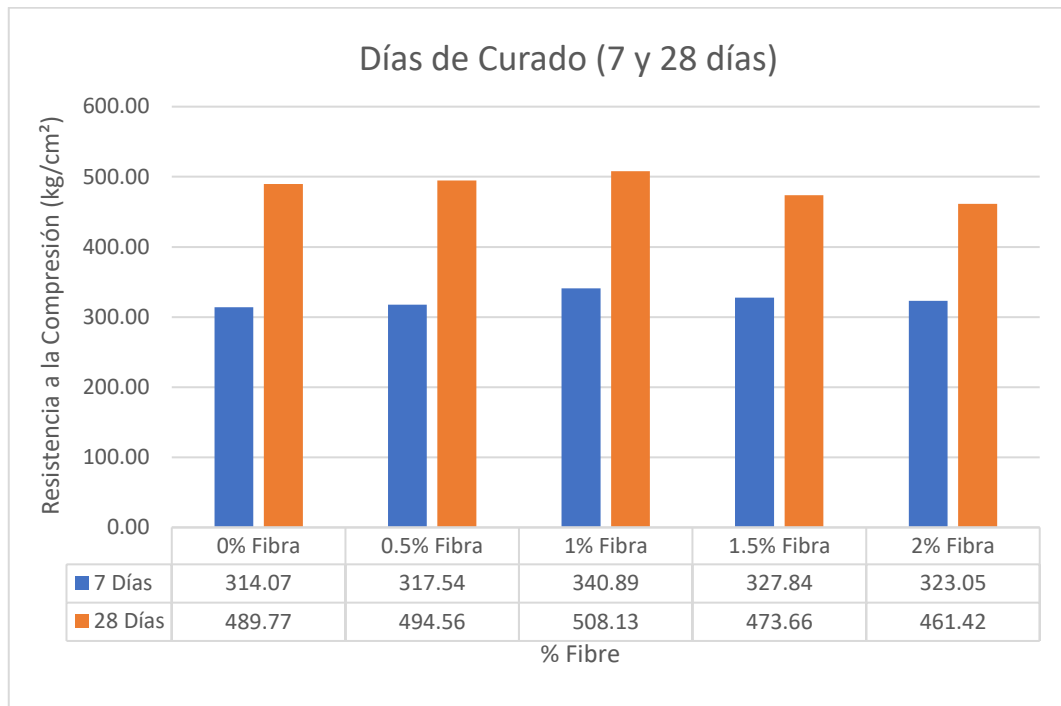
*Resistencia a la compresión de la fibra de sisal*

SI.NO.	Fibra de sisal longitud	Contenido de Fibra (%)	Resistencia a la	
			Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			7 días	28 días
1		0	314.07	489.77
2		0.5	317.54	494.56
3	20 mm	1	340.89	508.13
4		1.5	327.84	473.66
5		2	323.05	461.42

*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

**Figura 59**

*Resultados de la resistencia a la compresión del Concreto grado M40 con adición de fibra de sisal*



*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

En las Tabla 46 y la Figura 60 se muestran los resultados del ensayo del concreto patrón y los diseños con diferentes dosificaciones de fibra con Metacaolín a los 7 y 28 días.

**Tabla 46**

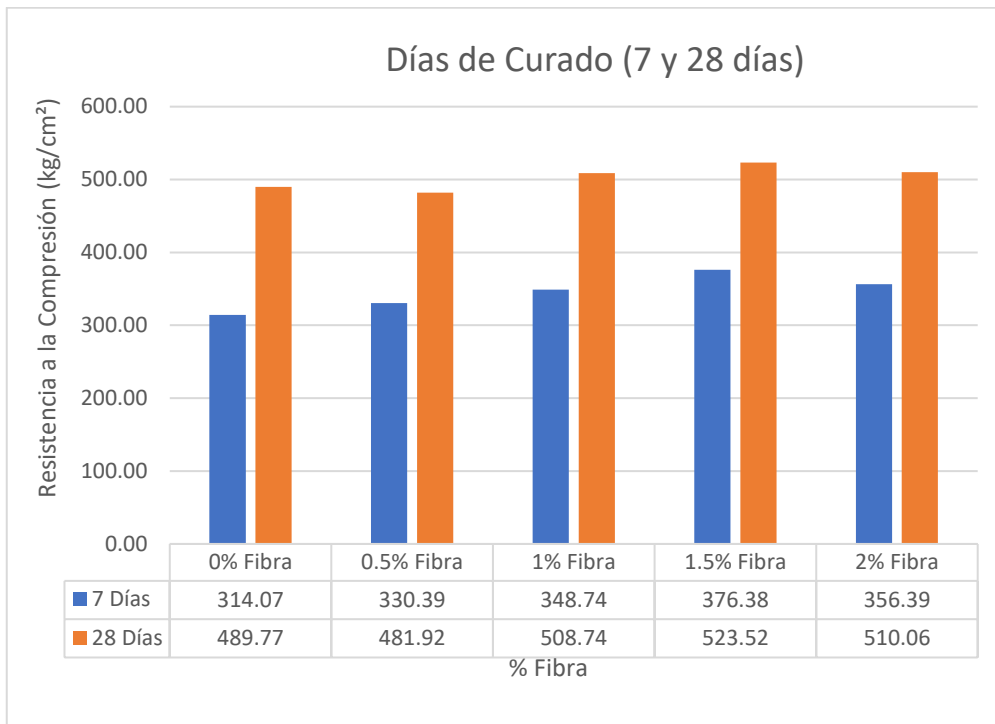
*Resistencia a la compresión del metacaolín*

Código de mezcla	Resistencia a la Compresión	
	(kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días
0%	314.07	489.77
5MK	330.39	481.92
10MK	348.74	508.74
15MK	376.38	523.52
20MK	356.39	510.06

*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

**Figura 60**

*Resultados de la resistencia a la compresión del Concreto grado M40 con reemplazo parcial de metacaolín*



*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

En las Tabla 47 y la Figura 61 se muestran los resultados de los diseños con las dosificaciones óptimas y resistencias máximas a los 7 y 28 días.

**Tabla 47**

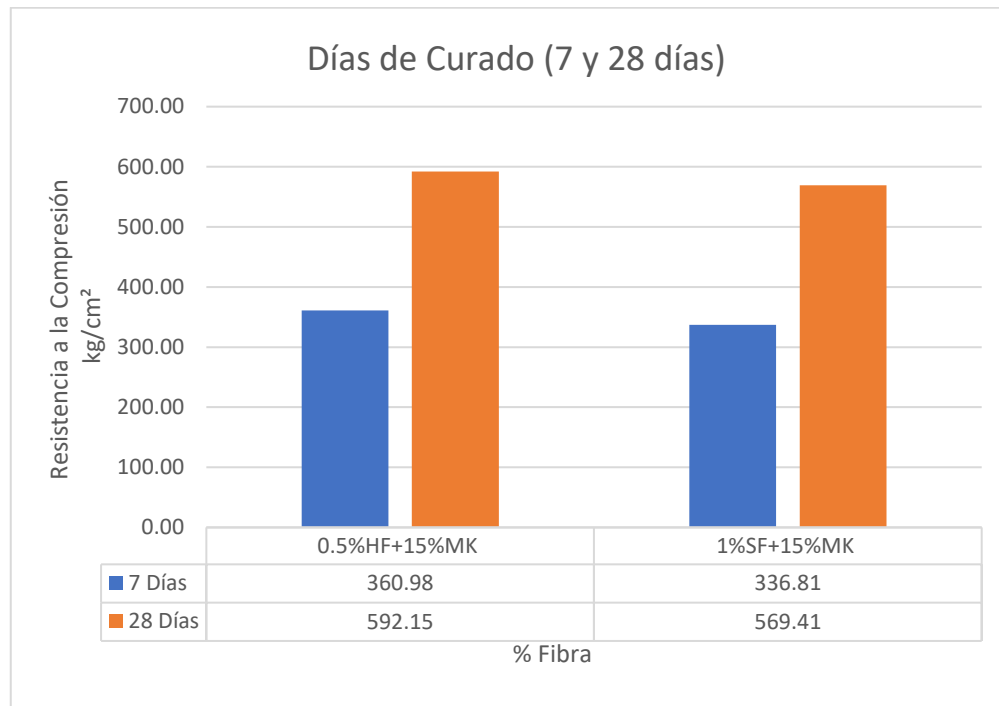
*Resultados de resistencia a la compresión con porcentajes óptimos Cáñamo, sisal y metacaolín*

Proporción de mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días
0.5%HF+15%MK	360.98	592.15
1%SF+15%MK	336.81	569.41

*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

### Figura 61

Resultados de la resistencia a la compresión del Concreto grado M40 con 0.5%HF+15%MK y 1%SF+15%MK



Nota. Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

Según, el ensayo que mide la resistencia a la tracción del concreto para la mezcla de grado M40 muestra en la Figura que la adición de fibra de cáñamo y fibra de sisal aumento hasta la dosificación de 0,5% y 1% y luego decayó. El reemplazo parcial de metacaolin aumento considerablemente hasta el porcentaje óptimo 15% y luego decayó.

Se usaron cilindros de 150 mm de diámetro x 300 mm de altura.

La resistencia a la tracción máxima de cilindros para reemplazo parcial del cemento por metacaolin es de 15%, 5,8% más que el concreto patrón. Dio dosificaciones óptimas también para el concreto con fibra de cáñamo (0,5%) con metacaolin (15%) y fibra de sisal (1,5%) con metacaolin (15%),

Por lo tanto, la resistencia máxima a la tracción para la fibra de cáñamo con 0,5% de dosificación y metacaolin (15%) a los 28 días es de 60.47 kg/cm<sup>2</sup> (18,6%) y la resistencia máxima a la compresión para la fibra de sisal con dosificación de 1% y metacaolin es de 56.39 kg/cm<sup>2</sup> (10,60%) mayor que el concreto normal.

Entonces el reemplazo parcial de cemento con metacaolín hasta 15% y adición de fibras naturales al hormigón hasta 0,5% y 1% son las dosificaciones más óptimas.

En las Tabla 48 y la Figura 62 se muestran los resultados del ensayo del concreto patrón y los diseños con diferentes dosificaciones de fibra de cáñamo a los 7 y 28 días.

**Tabla 48**

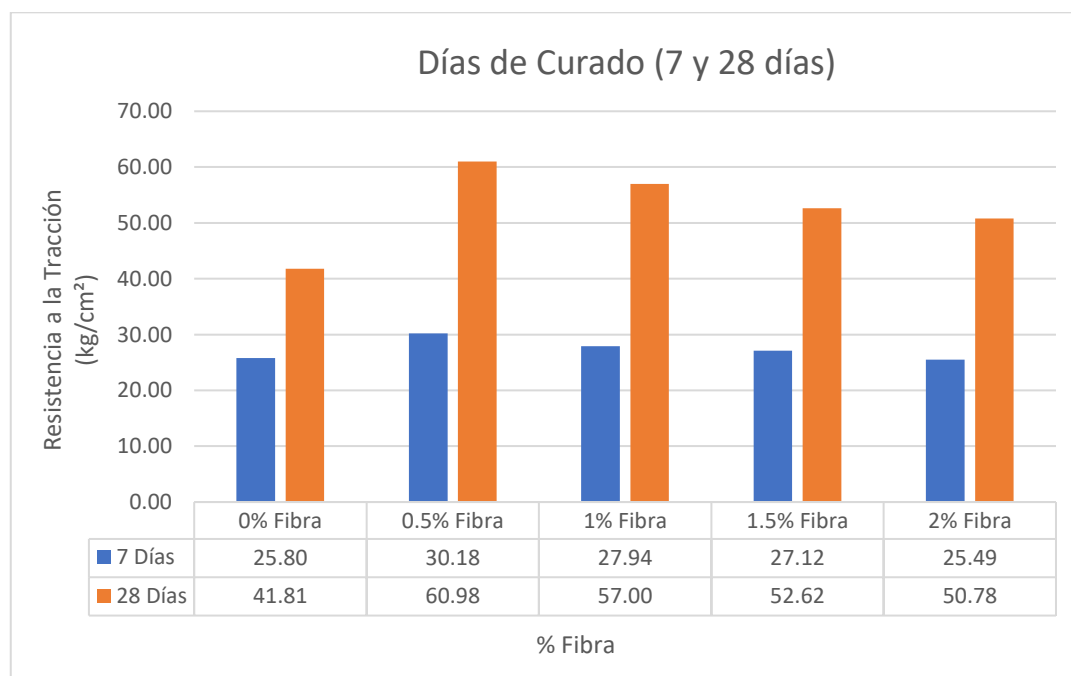
*Resistencia a la tracción dividida de la fibra de cáñamo*

SI.NO.	Longitud de fibra de cáñamo	Contenido de fibra (%)	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	
			7 días	28 días
1	20 mm	0	25.80	41.81
2		0.5	30.18	60.98
3		1	27.94	57.00
4		1.5	27.12	52.62
5		2	25.49	50.78

*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

**Figura 62**

*Resistencia a la tracción dividida mediante la adición de fibra de cáñamo*

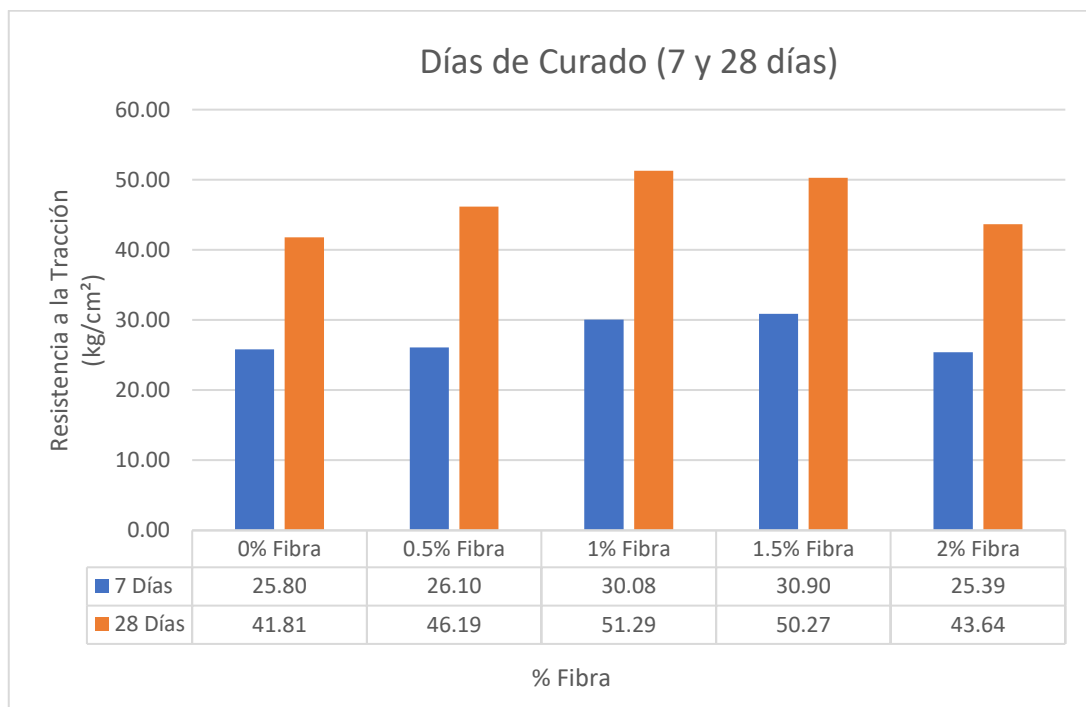


*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

En las Tabla 49 y la Figura 63 se muestran los resultados del ensayo del concreto patrón y los diseños con diferentes dosificaciones de fibra de sisal a los 7 y 28 días.

**Tabla 49***Resultados de la resistencia a la tracción dividida de la fibra de sisal*

SI.NO.	Fibra de sisal longitud	Contenido de Fibra (%)	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	
			7 días	28 días
1		0	25.80	41.81
2		0.5	26.10	46.19
3	20 mm	1	30.08	51.29
4		1.5	30.90	50.27
5		2	25.39	43.64

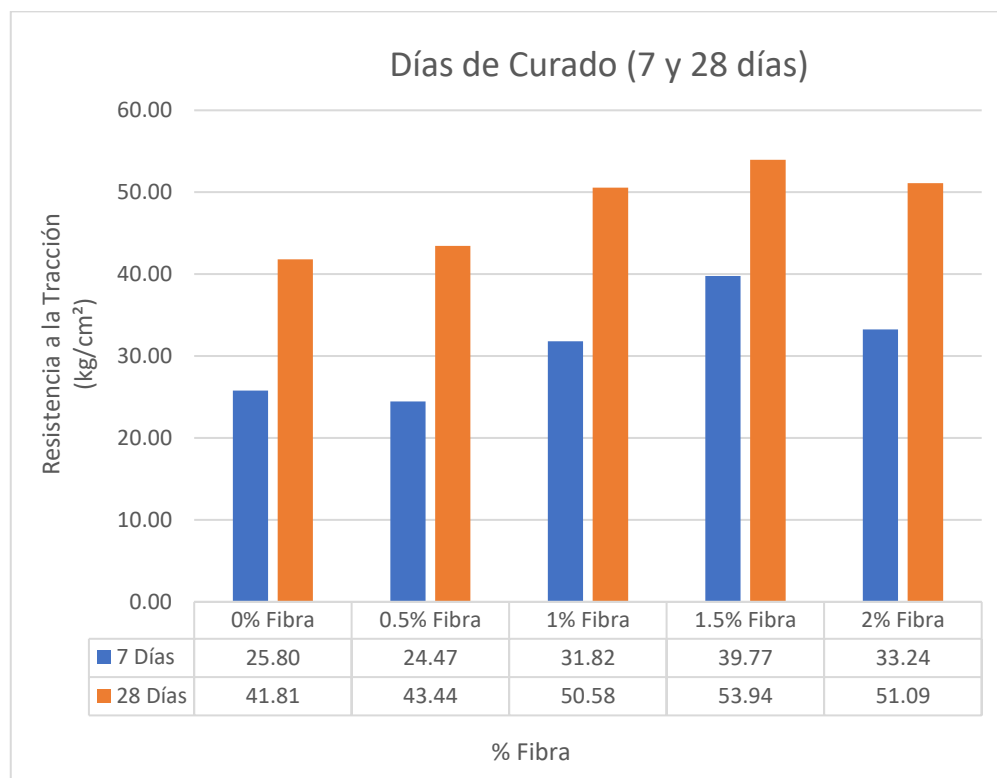
*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)**Figura 63***Resistencia dividida a la tracción por adición de fibra de sisal**Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

En la Tabla 50 y la Figura 64 se muestran los resultados del ensayo del concreto patrón y los diseños con diferentes dosificaciones de Metacaolín a los 7 y 28 días.



**Tabla 50***Resistencia a la tracción dividida de Metacaolín*

Código de mezcla	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días
0%	25.80	41.81
5MK	24.47	43.44
10MK	31.82	50.58
15MK	39.77	53.94
20MK	33.24	51.09

*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)**Figura 64***Resistencia a la tracción dividida mediante la adición de fibra de sisal**Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

En las Tabla 51 y la Figura 65 se muestran los resultados de los diseños con las dosificaciones óptimas y resistencias máximas a los 7 y 28 días.

**Tabla 51**

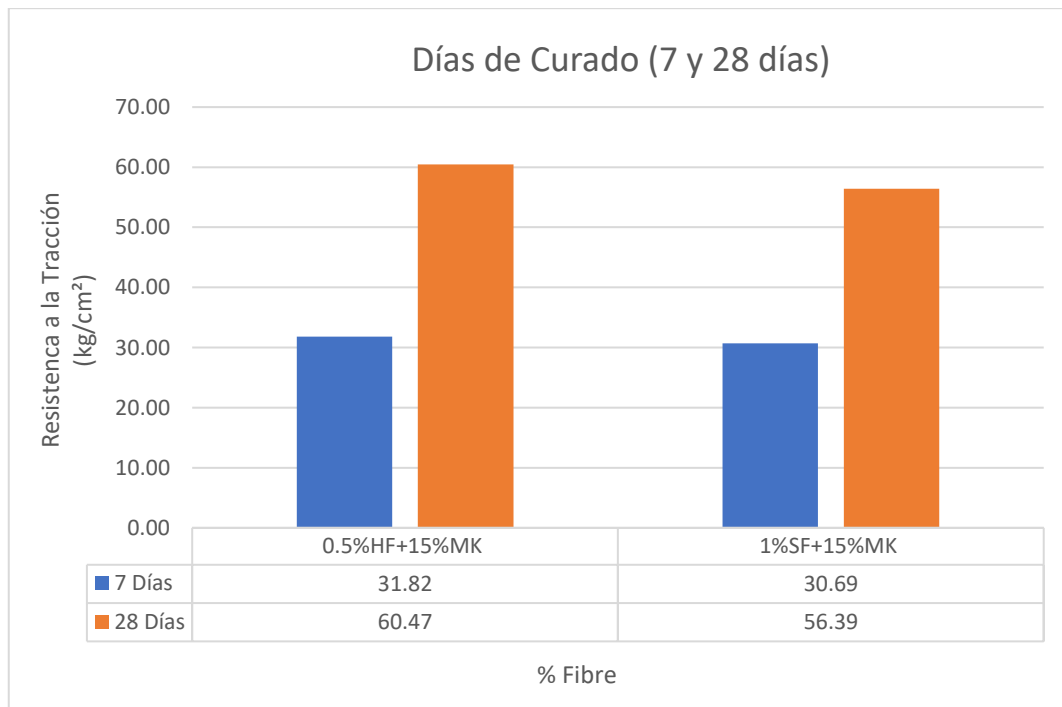
*Resultados de resistencia a la flexión del concreto grado M40 con 0.5%HF+15%MK y 1%SF+15%MK*

Proporción de mezcla	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días
	0.5%HF+15%MK	31.82
1%SF+15%MK	30.69	56.39

*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

**Figura 65**

*Resultados de resistencia a la tracción dividida del hormigón de grado M40 con 0,5 % HF+15 % MK y 1 % SF+15 % MK*



*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

Según, el ensayo que mide la resistencia a la flexión del concreto para la mezcla de grado M40 muestra en la Figura que la adición de fibra de cáñamo y fibra de sisal aumento hasta la dosificación de 0,5% y 1% y luego decayó. El reemplazo parcial de metacaolin aumento considerablemente hasta el porcentaje óptimo 15% y luego decayó. Se usaron vigas de 150x150x700mm.

La resistencia máxima a la flexión para la fibra de cáñamo con 0,5% es de 53,03%, y la resistencia máxima a la flexión para la fibra de sisal con dosificación de 1% es de 41,40% y 15% de metacaolín es 55,20% mayor que el concreto normal.

Por lo tanto, las combinaciones de concreto con fibra de cáñamo (0,5%) y mezcla de caolín (15%) aumenta un 61,08% al concreto normal, también las combinaciones de fibra de sisal (1%) con metacaolín (15%) da un 58,14% en comparación con el concreto normal.

Entonces el reemplazo parcial de cemento con metacaolín hasta 15% y adición de fibras naturales al hormigón hasta 0,5% y 1% son las dosificaciones más óptimas.

En la Tabla 52 y Figura 66, se muestran los resultados del ensayo del concreto patrón y los diseños con diferentes dosificaciones de fibra de cáñamo a los 7 y 28 días.

**Tabla 52**

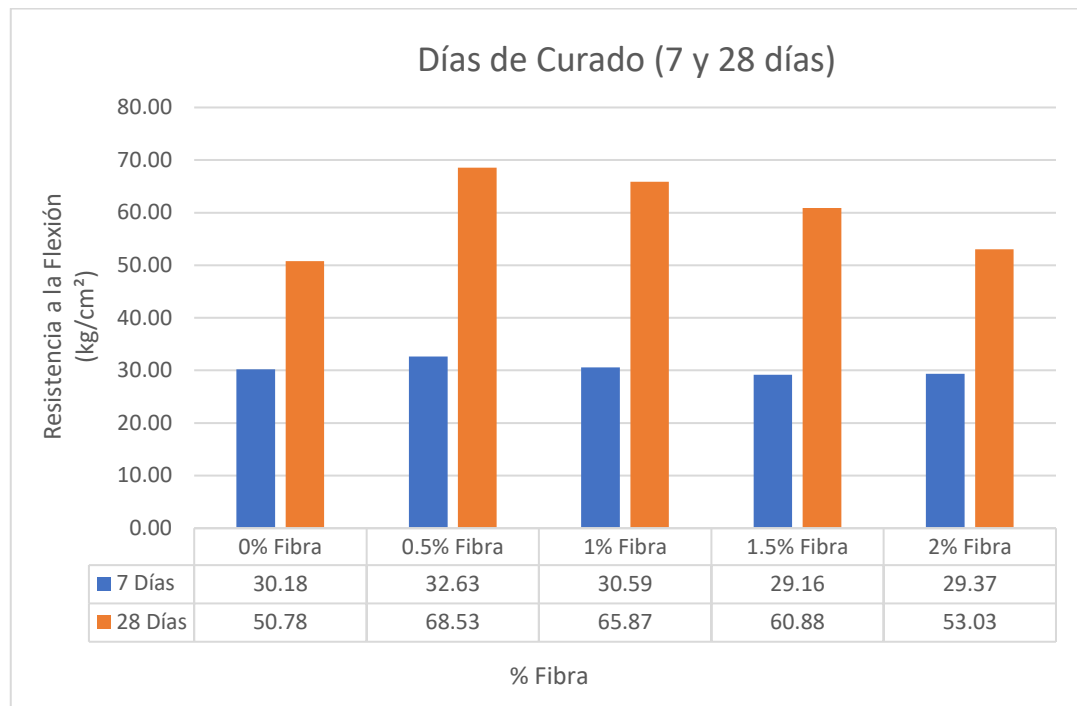
*Resultados de resistencia a la flexión de la fibra de cáñamo*

SI.NO.	Longitud de fibra de cáñamo	Contenido de Fibra (%)	Resistencia a la Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			7 días	28 días
1		0	30.18	50.78
2		0.5	32.63	68.53
3	20 mm	1	30.59	65.87
4		1.5	29.16	60.88
5		2	29.37	53.03

*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

**Figura 66**

*La resistencia a la flexión da como resultado la adición de fibra de cáñamo*



*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

En la Tabla 53 y Figura 67, se muestran los resultados del ensayo del concreto patrón y los diseños con diferentes dosificaciones de fibra de sisal los 7 y 28 días.

**Tabla 53**

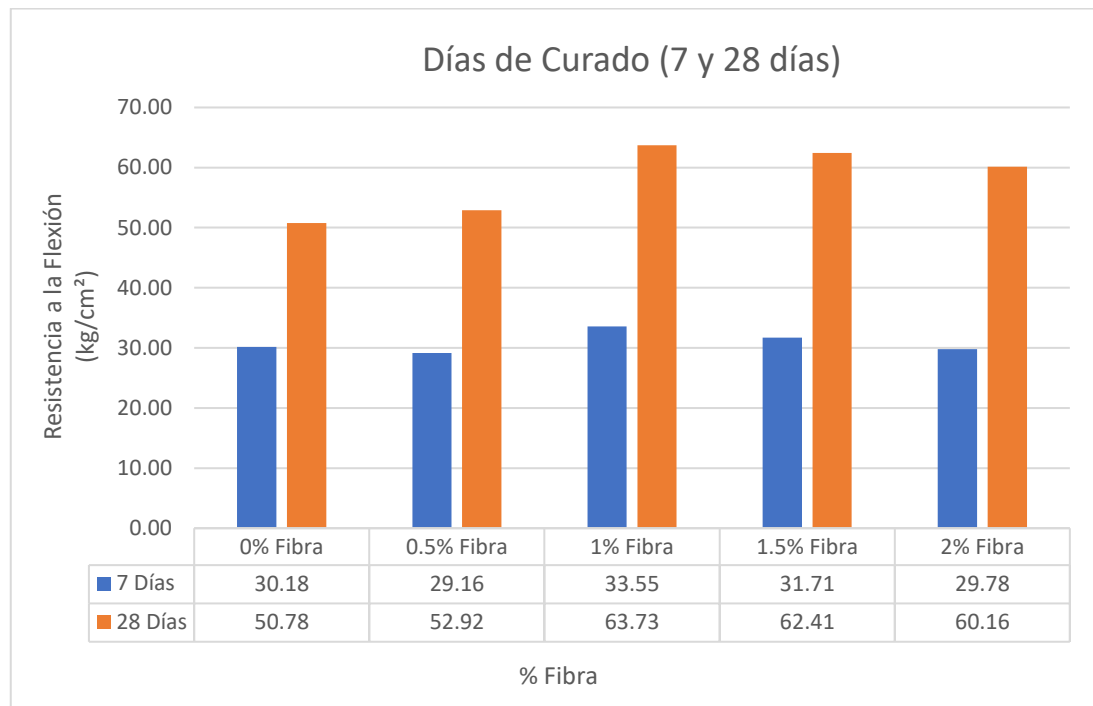
*Resistencia a la flexión de la fibra de sisal*

SI.NO.	Fibra de sisal longitud	Contenido de Fibra (%)	Resistencia a la Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			7 días	28 días
1		0	30.18	50.78
2		0.5	29.16	52.92
3	20 mm	1	33.55	63.73
4		1.5	31.71	62.41
5		2	29.78	60.16

*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S., (2018)

**Figura 67**

*Resistencia a la flexión del metacaolín*



*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

En la Tabla 54 y Figura 68, se muestran los resultados del ensayo del concreto patrón y los diseños con diferentes dosificaciones de fibra de metacaolín los 7 y 28 días

**Tabla 54**

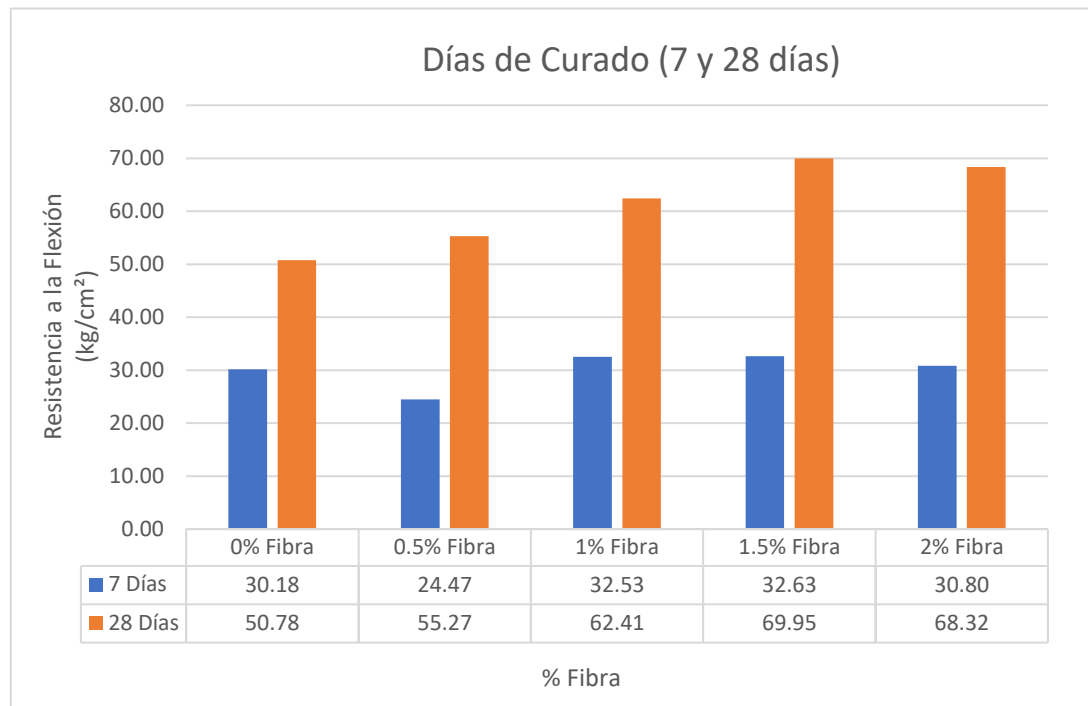
*Resistencia a la flexión del metacaolín*

Código de mezcla	Resistencia a la Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días
	0%	30.18
5MK	24.47	55.27
10MK	32.53	62.41
15MK	32.63	69.95
20MK	30.80	68.32

*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

**Figura 68**

*Resistencia a la flexión de la fibra de cáñamo*



*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

En las Tabla 55 y la Figura 69 se muestran los resultados de los diseños con las dosificaciones óptimas y resistencias máximas a los 7 y 28 días.

**Tabla 55**

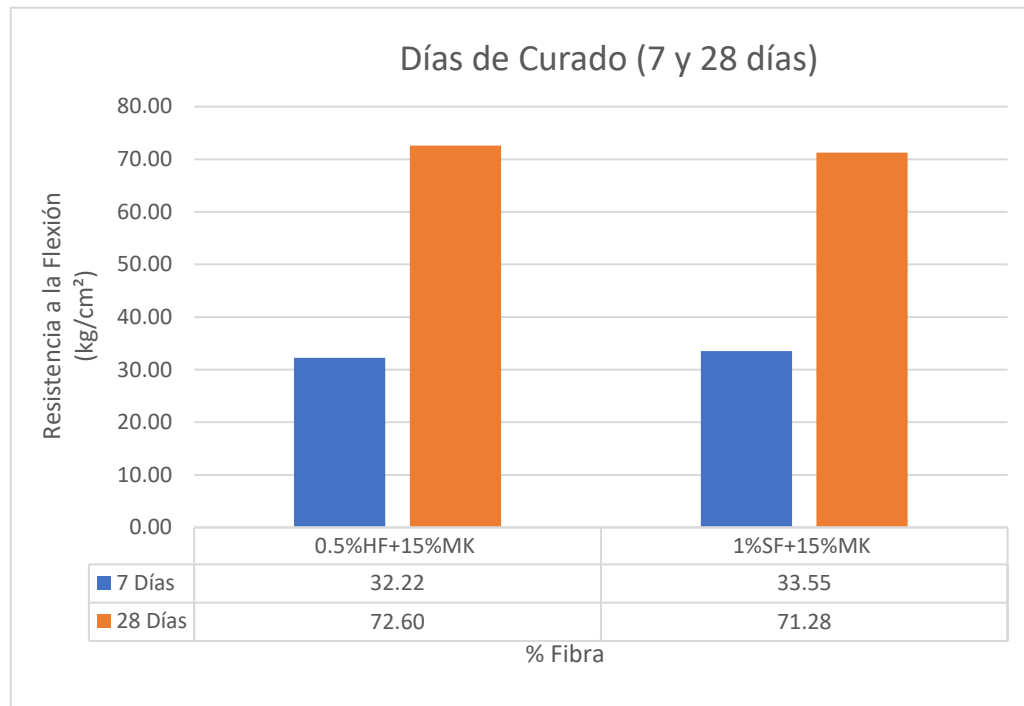
*Resultados de resistencia a la flexión del hormigón grado M40 con 0,5%HF+15%MK y 1%SF+15%MK*

Proporción de mezcla	Resistencia a la Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días
0.5%HF+15%MK	32.22	72.60
1%SF+15%MK	33.55	71.28

*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

### Figura 69

Resultados de resistencia a la flexión del hormigón de grado M40 con 0,5 % HF + 15 % MK y 1%SF+15%MK



Nota. Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

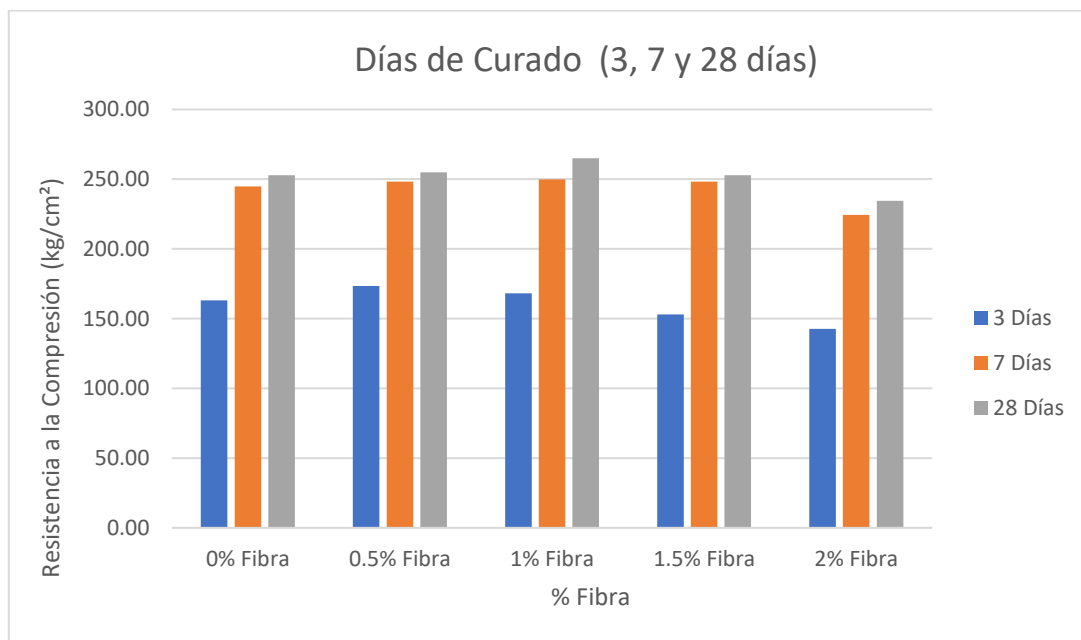
Sabarish, K. y Paul, P. (2018) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, la resistencia diseñada del concreto fue de grado M25, usando fibra de sisal en longitudes de: 3 a 5 cm y en porcentajes de 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% para evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción, mediante ensayos de laboratorio.

La prueba de compresión se realizó en cubos de concreto de 150 m × 150 m × 150 m. Según, el ensayo que mide la resistencia a la compresión del concreto, en la Tabla 56 y Figura 70, muestra que la resistencia del concreto patrón es 252,89 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado y para el 1% de dosificación es 265,13 kg/cm<sup>2</sup>, esta dosificación produce que aumente la resistencia del concreto, sin embargo, para la adición de 1,5% de fibra se nota una disminución repitiéndose en todas las muestras de prueba.

En la Tabla 56 y Figura 70, se muestran los resultados de los ensayos del concreto patrón y los diseños con diferentes dosificaciones de fibra de sisal

**Tabla 56***Resultados de resistencia a la compresión*

SI.NO.	Fibra de sisal longitud	Contenido de Fibra (%)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
			3 días	7 días	28 días
1		0	163.16	244.73	252.89
2		0.5	173.35	248.30	254.93
3	3 a 5 cm	1	168.25	249.83	265.13
4		1.5	152.96	248.30	252.89
5		2	142.76	224.34	234.54

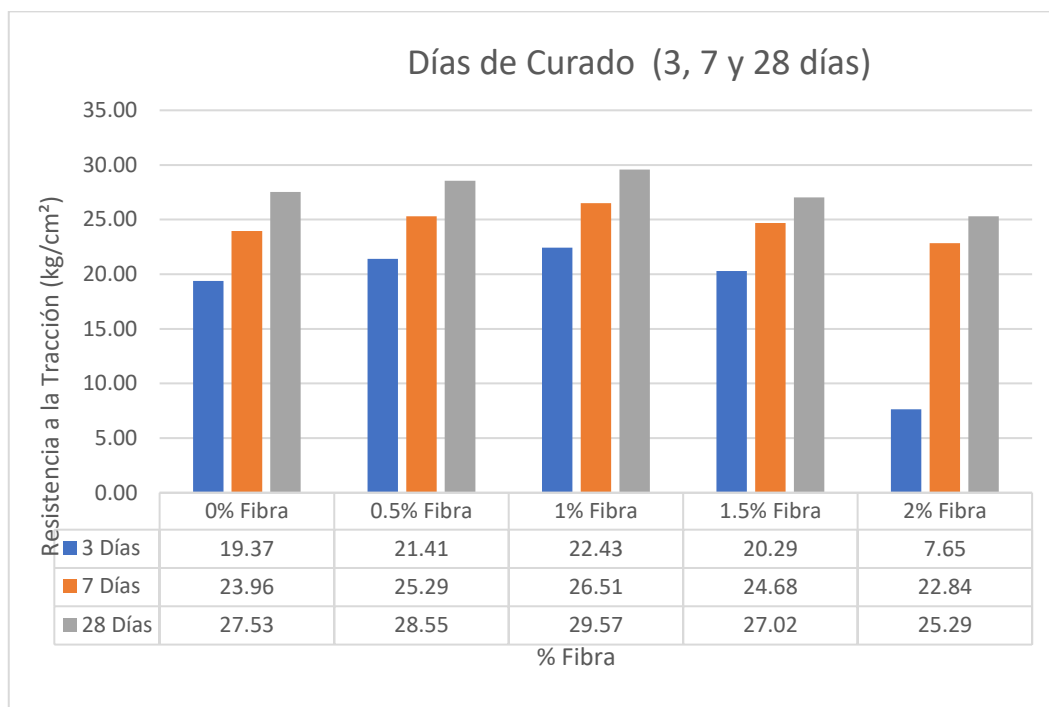
*Nota.* Kala, K (2016), Sabarish, K. y Paul, P. (2018)**Figura 70***Resultados de resistencia a la compresión**Nota.* Kala, K (2016), Sabarish, K. y Paul, P. (2018)

La Tabla 57 y Figura 71, muestra la resistencia a la tracción dividida y el porcentaje de fibra, indicando un aumento en la resistencia a la tracción dividida hasta la dosificación de 1% de fibra de sisal y luego disminuye en la resistencia a la tracción dividida con un aumento en porcentaje de fibra. Los resultados óptimos se obtuvieron con 1% de fibra.



**Tabla 57***Resultados de la resistencia a la tracción dividida*

SI.NO.	Fibra de sisal longitud	Contenido de Fibra (%)	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )		
			3 días	7 días	28 días
1		0	19.37	23.96	27.53
2		0.5	21.41	25.29	28.55
3	3 a 5 cm	1	22.43	26.51	29.57
4		1.5	20.29	24.68	27.02
5		2	7.65	22.84	25.29

*Nota.* Kala, K (2016), Sabarish, K. y Paul, P. (2018)**Figura 71***Resultados de la resistencia a la tracción dividida**Nota.* Kala, K (2016), Sabarish, K. y Paul, P. (2018)

Por lo tanto, se concluye que la reducción de resistencia se debe a dosificaciones mayores de 1%, siendo esta la más óptima, la adición de fibra de sisal en pequeñas cantidades aumenta la resistencia a la tensión, así como también la adherencia y durabilidad, disminuyendo la permeabilidad.

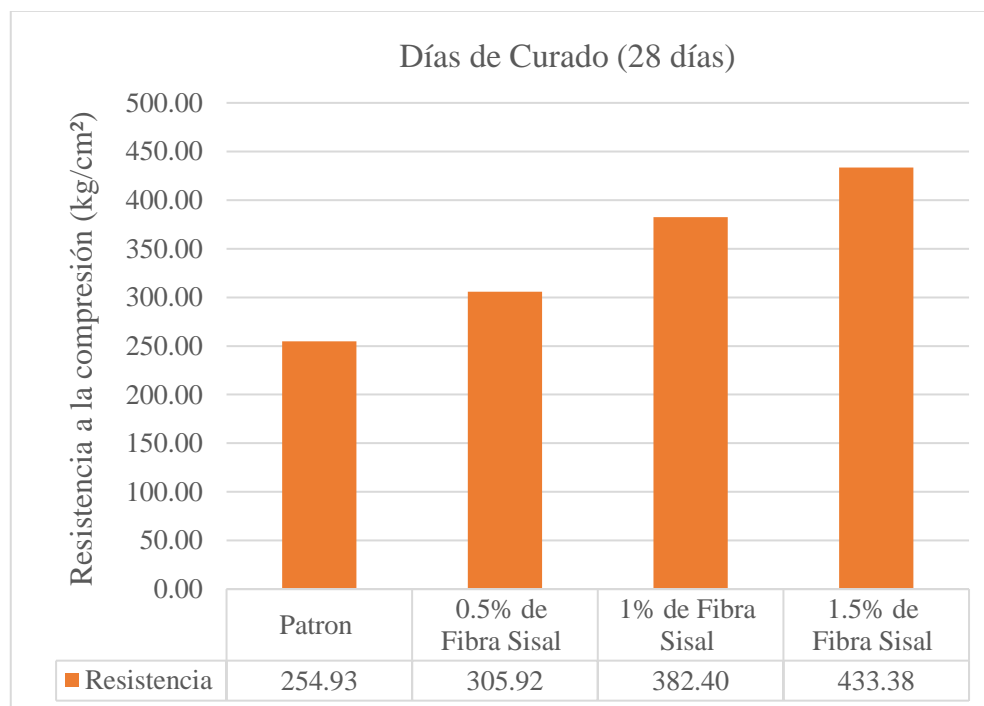
Loganathan, P. y Thirugnanam, G. S. (2018) planteó comprobar las propiedades de trabajabilidad y resistencia del hormigón reforzado con fibra de sisal con diferentes proporciones de mezcla y diferentes dosificaciones de adición de fibra. Las fibras se usaron en 4 cm de longitud. El hormigón tuvo buena trabajabilidad con 0,2% de súper plastificante, una relación de cemento de agua 0,45, con un valor de asentamiento de 53 mm y se obtuvo un factor de compactación de 0,88, que es efectivo. Los materiales se mezclaron manualmente en dosificaciones de 0,5%, 1% y 1,5% de adición de fibra en el diseño de mezcla de grado M20 y M25 en cubos y cilindros. Las muestras obtenidas se sometieron a pruebas para medir la resistencia a la compresión, tracción y flexión.

La prueba a la compresión del hormigón se efectuó de acuerdo a las especificaciones del estándar indio (IS: 516 - 1959), se realizó la prueba de compresión en cubos y cilindros.

En la Figura 72, se observó un aumento en la resistencia a la compresión en un 50,53% para la adición de 1,5% de fibra en el diseño de mezcla M20, respectivamente.

**Figura 72**

*Resistencia a la compresión para hormigón de grado M20*

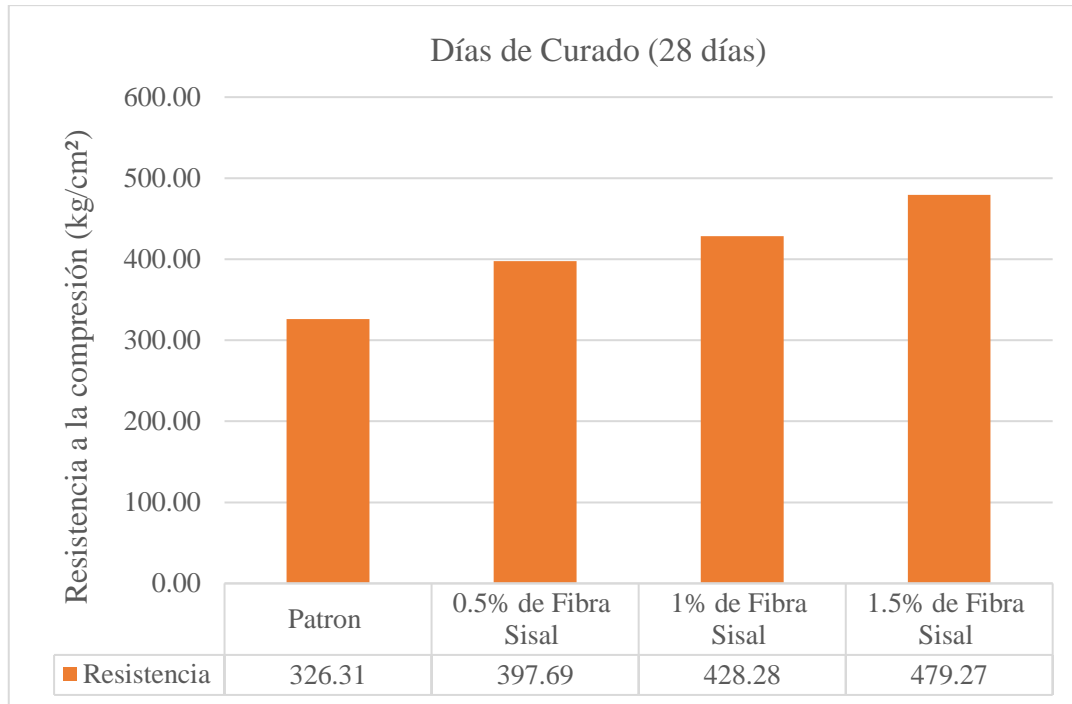


*Nota.* Loganathan, P. y Thirugnanam, G. S. (2018).

En la Figura 73 se observó también un aumento en la resistencia a la compresión en 52.51% para la adición de 1.5% de fibra en el diseño de mezcla M25 respectivamente.

**Figura 73**

*Resistencia a la compresión para hormigón de grado M25*



*Nota.* Loganathan, P. y Thirugnanam, G. S. (2018).

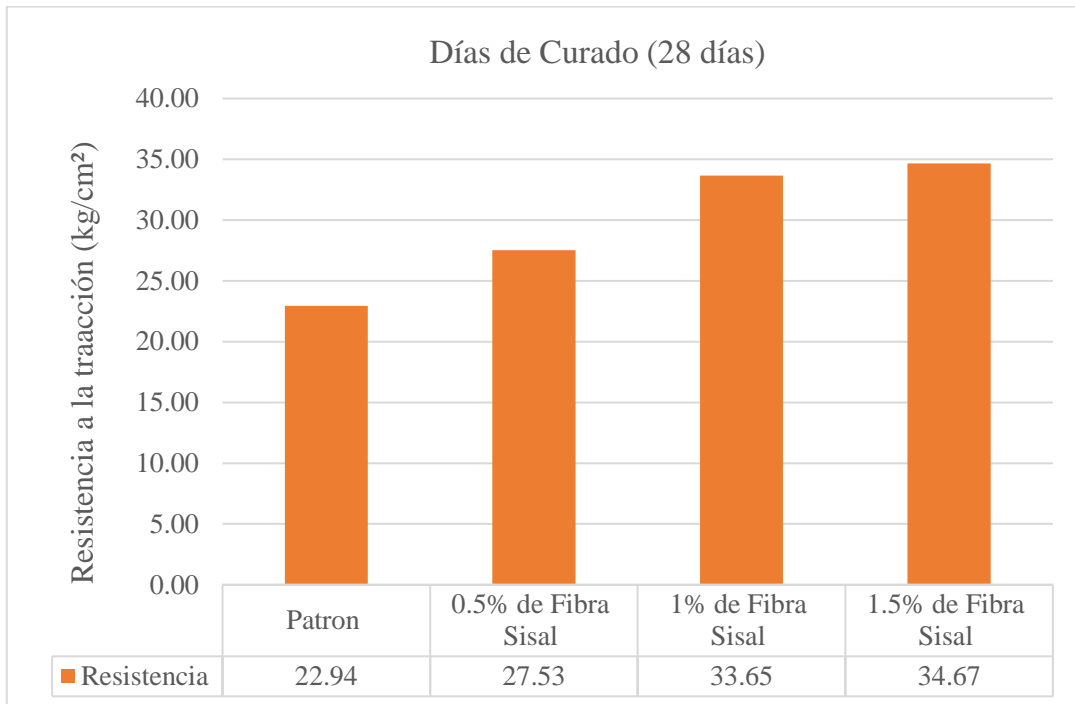
El ensayo que mide la resistencia a la tracción del hormigón se realizó de acuerdo con las especificaciones de la Norma India (IS: 5816: 1999), la prueba de resistencia a la tracción dividida se llevó a cabo en la máquina de prueba de compresión. La resistencia a la tracción es una propiedad importante del hormigón porque las estructuras de hormigón son muy vulnerables a la fisuración por tracción debido a varios tipos de efectos y a la carga aplicada.

Por lo tanto, se aumentó la resistencia a la tracción para el diseño de mezcla M20 con 1% y 1.5% de adición de fibra en 41.37% y 44.378%.

En las Figuras 74 se observa un aumento en la resistencia a la tracción en un 3,416% para la adición de 1,5% de fibra en el diseño de mezcla M20.

**Figura 74**

*Resistencia dividida a la tracción para hormigón de grado M20*



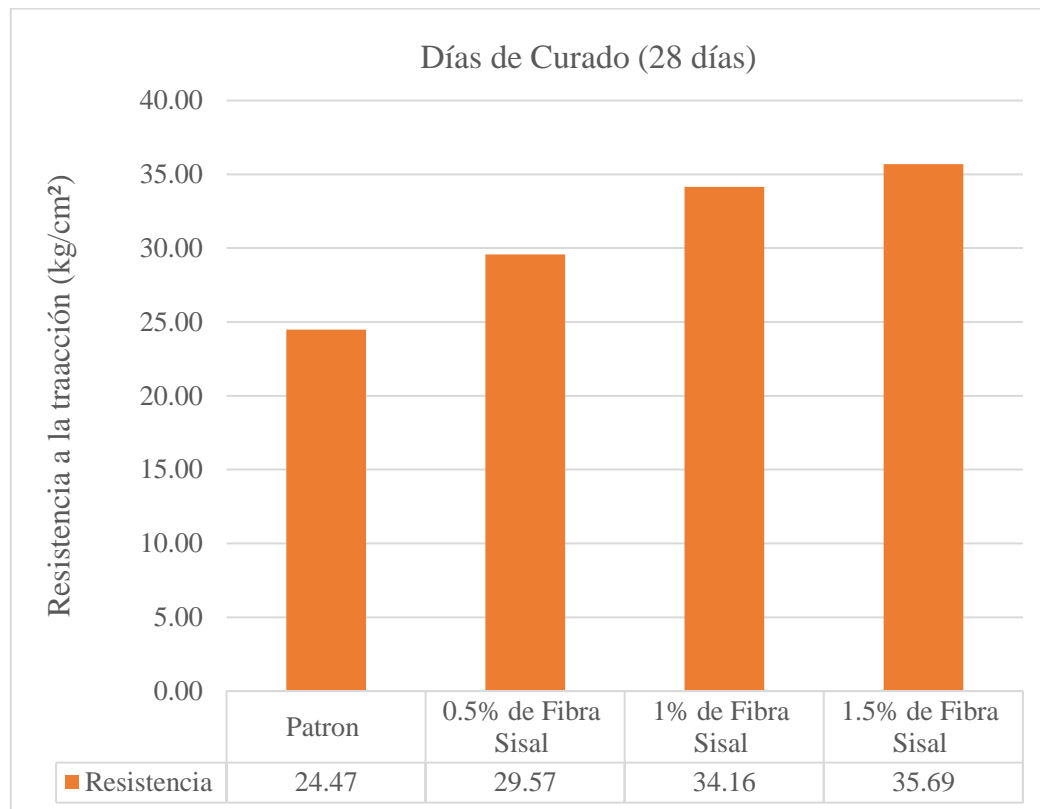
*Nota.* Loganathan, P. y Thirugnanam, G. S. (2018).

Por lo tanto, el aumento de la resistencia a la tracción para el diseño de mezcla M25 con la adición de 1% y 1.5% de fibra es 30.83% y 36.027%.

En la Figura 75 se observa un aumento en la resistencia a la tracción en 3.904% para la adición de 1.5% de fibra en el diseño de mezcla M25.

**Figura 75**

*Resistencia dividida a la tracción para hormigón de grado M25*



*Nota.* Loganathan, P. y Thirugnanam, G. S. (2018).

Por lo tanto, se concluye que la trabajabilidad del hormigón se vio afectada considerablemente con la adición de fibra de sisal. Solo después de la adición del 0,2% de súper plastificante y la relación agua/cemento de 0,45 a la mezcla, se logró la trabajabilidad adecuada.

No hubo mucha diferencia en el factor de compactación ya que la variación fue muy pequeña después de la adición de fibra.

Hubo una depreciación en el aumento porcentual en la resistencia a la tracción para M25 en comparación con M20.

Según el estudio, la adición de fibra al 1.5% fue más óptima en la resistencia a la compresión y tracción tanto para el diseño de mezcla M20 como para M25.

Bala, P. S., Ravikumar, M. S. y Vaisakh, G. (2018) comprobaron el comportamiento del rendimiento del concreto autocompactante (SCC) utilizando arena triturada como reemplazo parcial de la arena de río y fibra de sisal como refuerzo, el cemento se reemplazó parcialmente con humo de sílice al 15% en peso del aglutinante total. El

hormigón está diseñado para Grado M40, con una longitud de 30 mm y diámetro de 0,3 mm, por lo tanto, una relación de aspecto de 100, en porcentajes de 0%, 0.3%, 0.4%, 0.5%, 0.6% y 0.7%. Para medir la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción dividida y el módulo de elasticidad del hormigón al reemplazar arena de río por arena triturada de 0% a 70% en pasos de 10%. Los resultados muestran un aumento de las propiedades mecánicas hasta en un 60%.

Se utilizaron aditivos químicos superplastificantes (Cerahyperplast XR-W40) para reducir el agua hasta en un 25% y 15% de aditivos minerales (humo de sílice, producto resultante de la reducción de cuarzo de alta pureza con carbón en un horno de arco eléctrico en la fabricación de silicio o aleación de ferrosilicio) para mejorar la calidad y durabilidad del SCC.

Como se aprecia en la Tabla 58, según el ensayo que mide la trabajabilidad del hormigón, la prueba de asentamiento, se utilizó para evaluar la capacidad de flujo del hormigón autocompactante y el valor mínimo fue de 650 mm y un valor máximo de 800 mm a partir de esa prueba, el 0.55% de superplastificante cumple con el requisito de SCC. En esa muestra, la arena triturada se reemplaza parcialmente por arena de río de 0% a 70% y todos los demás parámetros como el cemento, la relación A / C superplastificante se mantienen constantes. Se producen ocho muestras que reemplazan la arena de río por arena triturada del 0 al 70% con la mezcla de referencia y se analizan las propiedades endurecidas. La mezcla de referencia con un porcentaje de superplastificante de 0.

**Tabla 58**

*Mostrando las propiedades del concreto fresco de la fibra de sisal*

N° de Mezcla	% de fibra de sisal	Flujo de asentamiento (mm)
S0	0	770
S0.3	0.3	750
S0.4	0.4	715
S0.5	0.5	670
S0.6	0.6	698
S0.7	0.7	653

*Nota.* Bala, P. S., Ravikumar, M. S. y Vaisakh, G. (2018)

Las resistencias a la compresión se realizan en probetas de cubos de tamaño  $15 \times 15 \times 15$  cm y la resistencia a la tracción dividida y módulo de elasticidad mediante un cilindro de 15 cm de diámetro y 30 cm de longitud. Las pruebas de compresión se realizaron a los 28 días según IS 516-1959. Hay tres cubos por cada porcentaje de arena triturada de (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 y 70%) con 15% de humo de sílice y 0,55% de superplastificante por peso de cemento.

Como se observa en la Tabla 59, la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción dividida y módulo de elasticidad (constante de proporcionalidad entre tensión y deformación) aumenta a medida que aumenta el porcentaje de arena triturada y alcanza el máximo al 60% y luego disminuye.

**Tabla 59**

*Resistencia y Módulo de elasticidad de arena triturada Hormigón*

Muestra	% de contenido de fibra de sisal	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción dividida (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad del hormigón (kg/cm <sup>2</sup> )
S0.0	0.00	421.86	34.16	308627.31
S0.3	0.30	303.65	27.53	304252.73
S0.4	0.40	199.41	25.49	285377.78
S0.5	0.50	139.67	19.37	273130.99
S0.6	0.60	267.39	29.37	297063.73
S0.7	0.70	86.11	14.48	270551.11

*Nota.* Bala, P. S., Ravikumar, M. S. y Vaisakh, G. (2018)

La Tabla 59, muestra el resultado de la adición de fibra de sisal de 0 a 0,7%. Parece que la adición de fibra de sisal disminuye la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y módulo de elasticidad del hormigón, sin embargo, hay un ligero aumento en la adición de 0,6%. Sin embargo, a medida que aumenta el porcentaje de arena triturada, aumenta la resistencia a la compresión. Pero la adición de fibra de sisal disminuye la resistencia del hormigón.

Okeola, A. A., Abuodha, S. O., y Mwero, J. (2018) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, utilizando como diseño de mezcla patrón una proporción de mezcla de 1: 1,92: 3,68 (cemento: arena: granito) para

una resistencia a la compresión de 356.90 kg/cm<sup>2</sup> (35 Mpa) y una relación agua /cemento de 0.47, esta se seleccionó cuidadosamente para lograr un asentamiento de 100 mm, ya que se esperaba que la fibra de sisal afectara la trabajabilidad de la mezcla. Se añadió fibra de Agave Sisal (SFRC) en porcentajes de 0,5%, 1,0%, 1,5% y 2,0% en peso de cemento, etiquetado respectivamente como M0.5, M1.0, M1.5 y M2.0 para evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión y tracción del concreto a los 3,7 y 28 días.

Asimismo, para el tratamiento de las fibras de sisal se utilizó la suspensión de humo de sílice MasterRoc MS 610 de Ultra-tech Kenya Limited. Las fibras se sumergieron en la suspensión durante 10 minutos y se dejaron secar a temperatura ambiente durante 15 minutos y se utilizó un superplastificante disponible comercialmente para garantizar una buena trabajabilidad y compactación.

En la Tabla 60, se puede observar el diseño de mezcla utilizado.

**Tabla 60**

*Proporciones de mezcla (kg/m<sup>3</sup>)*

Muestra	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua	Superplastificante	Fibra de sisal
M0.0	380	730	1400	203.67	1.9	0
M0.5	380	730	1400	203.67	1.9	1.9
M1.0	380	730	1400	203.67	1.9	3.8
M1.5	380	730	1400	203.67	1.9	5.7
M2.0	380	730	1400	203.67	1.9	7.6

*Nota.* Okeola, A. A., Abuodha, S. O. y Mwero, J. (2018)

Para cada ensayo de compresión se utilizaron dos formas de muestra (cubos y cilindros) de tamaño respectivo 150 mm x 150 mm según BS EN 12390-2: 2000 y 150 mm de diámetro y 300 mm de altura como se indica en ASTM C39. También se utilizaron muestras de cilindros de la dimensión antes mencionada para ensayos de tracción dividida. Para cada mezcla, se moldearon tres muestras en moldes no absorbentes para su análisis.

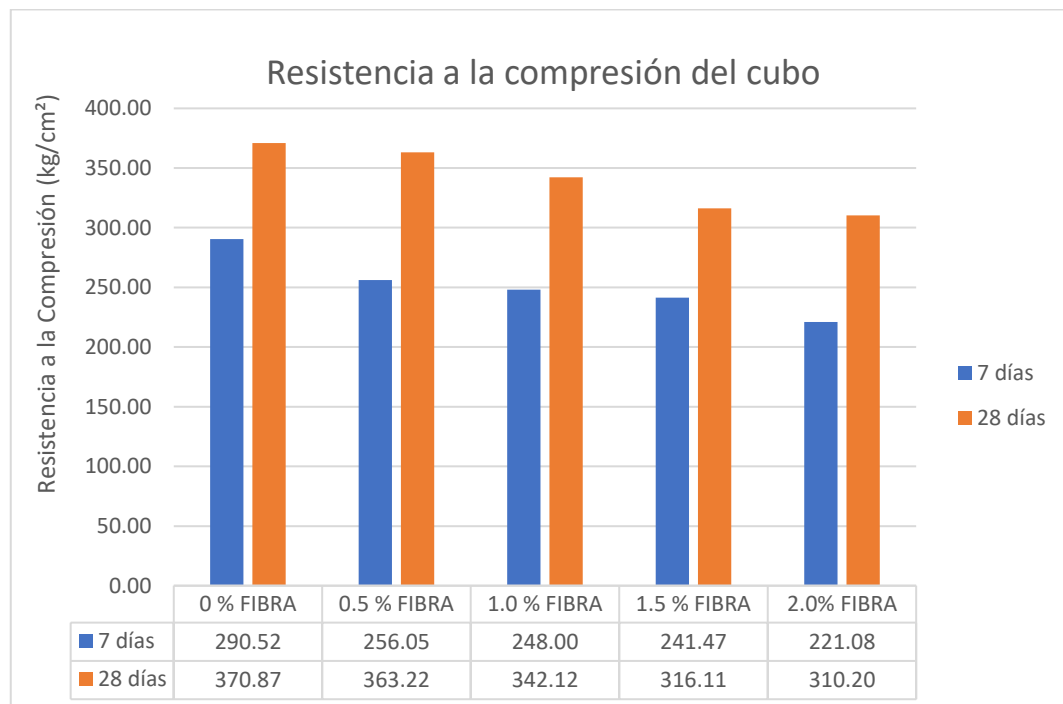


En las Figuras 76 y 77, se puede observar el efecto de las fibras de sisal sobre la resistencia a la compresión del hormigón promedio del espécimen de cubo y cilindro a los 7 y 28 días. Se observa que la resistencia a la compresión disminuye con el aumento de la cantidad de fibra de sisal añadida durante 7 y 28 días para ambas formas de muestra (cubos y cilindros). Se obtuvo una reducción porcentual de 4.22%, 11.54%, 18.18%, 25.30% y 2.07%, 7.75%, 14.76%, 16.35% para M0.5, M1.0, M1.5, M2.0 en cubos y cilindros respectivamente cuando en comparación con M0.0 a los 28 días debido a que el módulo de elasticidad de la fibra de sisal es menor que el de la matriz de hormigón, reemplazando así el componente de hormigón más fuerte.

Como todas las fibras, el sisal tiene la tendencia a reducir la trabajabilidad del hormigón y requiere un mayor esfuerzo de compactación, lo que resulta en el riesgo de reducción de la resistencia a la compresión del hormigón a medida que se reduce el peso del hormigón endurecido.

**Figura 76**

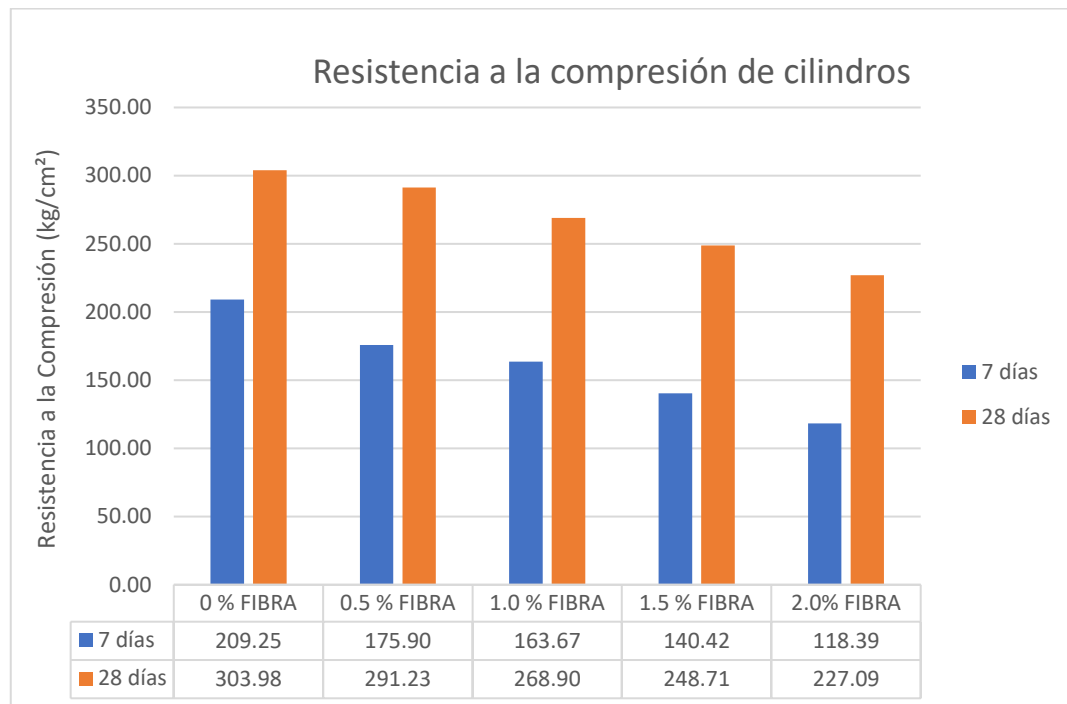
*Resistencia a la compresión de cubos de hormigón armado con fibra de sisal.*



*Nota.* Okeola, A. A., Abuodha, S. O. y Mwero, J. (2018)

**Figura 77**

*Resistencia a la compresión de cilindros de hormigón armado con fibras de sisal*



*Nota.* Okeola, A. A., Abuodha, S. O. y Mwero, J. (2018)

Los resultados de la resistencia a la tracción dividida se presentan en la Tabla 61. Se sabe desde hace mucho tiempo que la presencia de fibras mejora considerablemente la resistencia a la tracción debido a la capacidad de transferencia de la tensión de tracción de las fibras de sisal a través de las superficies de fisuras del hormigón, lo que se conoce como puenteo de fisuras. El valor de la resistencia a la tracción dividida a los 28 días fue más alto que el de los 7 días debido a una mayor hidratación y aumento de resistencia. A los 28 días, se observó un aumento porcentual de 29.60% y 47.17% en la resistencia a la tracción dividida de M0.5 y M1.0 respectivamente en comparación con el concreto simple, mientras que, al agregar más fibra de sisal, M1.5 y M2.0 mostraron un aumento porcentual decreciente de 16,57% y 6,62%. Por lo tanto, la resistencia a la tracción dividida del SFRC en cada edad de curado aumenta hasta un 1.0% más allá del cual cae, pero permanece más alta que la del concreto simple.

**Tabla 61***Resultados de las Pruebas de Resistencia a la Tracción Del Concreto con Fibra*

7 días kg/cm <sup>2</sup>	Sd	Cv	% Incremento	28 días kg/cm <sup>2</sup>	Sd	Cv	% Incremento
21.139	0.022	0.011	-	23.994	0.336	0.143	-
25.167	0.114	0.046	19.074	31.101	0.040	0.013	29.603
27.298	0.030	0.011	29.157	35.313	0.240	0.069	47.167
24.677	0.075	0.031	16.758	27.971	0.116	0.042	16.572
22.230	0.010	0.005	5.179	25.585	0.209	0.083	6.629

*Nota.* Okeola, A. A., Abuodha, S. O. y Mwero, J. (2018)

La resistencia a la tracción menos registrada para SFRC a los 7 y 28 días (22.23 kg/cm<sup>2</sup> y 25.58 kg/cm<sup>2</sup>) era aún más alta que la del concreto simple (21.14 kg/cm<sup>2</sup> y 23.99 kg/cm<sup>2</sup>) lo que implica que la incorporación de sisal aumenta la resistencia a la tracción del hormigón para todos los porcentajes hasta un 2,0%. La máxima resistencia a la tracción por división registrada fue de 3,463 N / mm<sup>2</sup> para la adición de 1,0% de fibra, el hallazgo está muy de acuerdo con la resistencia a la tracción objetivo de 35.69 kg/cm<sup>2</sup>. La mejora en la resistencia a la tracción dividida se debe a la capacidad de la fibra de sisal para impactar más ductilidad en el hormigón. La carga se transfiere a las fibras en el sitio de la grieta después de la formación de grietas, y en esta etapa se puede presentar un comportamiento diferente según la resistencia, la fracción de volumen y la relación de aspecto de la fibra. Con suficiente contenido de fibra, relación de aspecto y resistencia, las fibras de sisal forman un puente a través de las posibles grietas.

Así, las fibras de sisal actuaron como elementos puente porosos a través de las grietas, permitiendo la deposición de nuevos productos de hidratación y el posterior relleno / cierre de las grietas. Además, a diferencia de la rotura por fragilidad observada en el hormigón simple, el hormigón fibroso como el SFRC demuestra un comportamiento de tracción pseudodúctil y una mayor capacidad de disipación de energía.

A partir de esta investigación experimental sobre el efecto de la forma de la muestra en la resistencia mecánica del SFRC, para una proporción de mezcla constante de 1: 1,92: 3,68 y una relación a / c de 0,47, se pueden extraer las siguientes deducciones. La resistencia a la compresión del SFRC se reduce con el aumento del contenido de fibra de sisal, por lo tanto, la fibra de sisal no se puede utilizar para mejorar la resistencia a la

compresión del hormigón. A pesar de la resistencia reducida, SFRC exhibió la capacidad de aumentar la ductilidad post-agrietamiento y disipación de energía. La variación en la resistencia a la compresión de los cubos y cilindros de SFRC aumenta con el tiempo de curado y aumenta el porcentaje de fibras de sisal. La relación promedio de la resistencia a la compresión de 28 días de los cilindros SFRC a los cubos es 0,79. Por lo tanto, la relación entre la resistencia a la compresión del cubo y del cilindro presentada en la norma británica se puede aplicar a SFRC. Además, la fibra de sisal juega un papel crucial en la reducción de la relación de Poisson del hormigón y en la mejora de la resistencia a la tracción dividida.

Sabarish, K. (2017) comprobó el comportamiento del rendimiento del concreto reforzado con fibra de sisal con una longitud máxima disponible de 300 mm se cortó en longitudes más pequeñas de 10 mm con una relación de aspecto de 100. El polímero de látex de caucho natural fue elegido y utilizado para mejorar las propiedades de los compuestos reforzados con fibra de sisal.

En este artículo se usó fibra de sisal considerando el volumen de cemento para determinar el contenido de fibra como refuerzo del hormigón para diseñar y ensayar probetas y vigas en base a cuatro mezclas diferentes, el cubo (150 mm x 150 mm x 150 mm) para la prueba de compresión, el cilindro (300 mm x 150 mm) para la prueba de tracción dividida y el prisma (500 mm x 100 mm x 100 mm) para la prueba de flexión se determinaron para cada mezcla.

Se preparó un conjunto de 3 muestras como promedio para cada mezcla y para cada prueba y se curó para 3 edades diferentes. 7, 14 y 28 días para evaluar las características del hormigón endurecido. Para la prueba de durabilidad, se sacaron y acondicionaron durante 28 días el mismo conjunto de muestras después de alcanzar los 28 días de edad bajo agua sumergiéndolo en una solución alcalina preparada con cloruro de sodio al 10% con un pH de 12. El pH se mantuvo durante todo el período de acondicionamiento.

Después de pasar por un ambiente alcalino, las muestras fueron extraídas y probadas para evaluar la durabilidad en términos de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción dividida, resistencia a la flexión y tenacidad a la flexión. Los resultados se muestran en la Tabla 62.

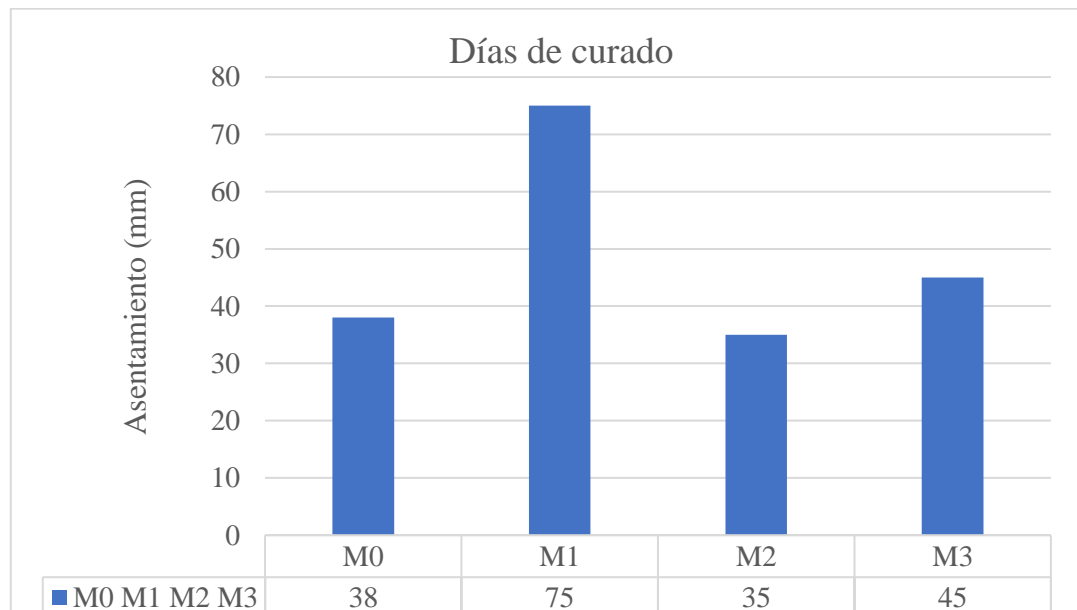
Según el ensayo que mide la trabajabilidad del hormigón, muestra en la Figura 78 los resultados de los ensayos para diferentes mezclas. De esto queda muy claro que la adición

de fibra de sisal mejora la trabajabilidad incluso para la mezcla de hormigón con la incorporación de fibras de sisal. De todas las mezclas, la disminución de 75 mm y 45 mm se logra para la mezcla M1 y M3 respectivamente. El aumento porcentual de M1 es de aproximadamente el 97% con respecto a la mezcla de referencia y la mezcla de M3 es de aproximadamente el 18% y el 29% en comparación con el hormigón de referencia y de fibra de sisal sin adición de polímero. Aunque el hormigón de fibra de sisal con fibra de sisal muestra una trabajabilidad reducida que la mezcla M1, se observa una mejora que la del hormigón de fibra de sisal sin adición de polímero. En general, de las demás investigaciones es evidente que la trabajabilidad del compuesto reforzado con fibra natural se ve muy afectada.

De este estudio, se pudo notar que la adición de polímero de látex compensó la pérdida de asentamiento de aproximadamente 8% exhibida por el hormigón reforzado con fibra de sisal (M2), como se puede observar en la Figura 78.

**Figura 78**

*Efecto de la fibra de sisal en las propiedades frescas del concreto*



*Nota.* Sabarish, K. (2017).

Todas las muestras mostraron valores de compresión elevados a medida que acrecienta la edad del hormigón y se informan valores máximos para los 28 días. En todas las edades de curado, la resistencia a la compresión máxima se alcanza para las muestras

M3 y este aumento es casi 16.5% y 13% mayor que el de la muestra de referencia y la muestra reforzada con sisal sin polímero. Además, se observa que la muestra M1 muestra una mayor resistencia junto a M3, lo que expresa el rendimiento superior del látex en términos de resistencia a la compresión que las muestras preparadas sin adición de látex. Además, se encontró que la obtención de resistencia del hormigón modificado con polímero de látex era rápida en comparación con el hormigón sin látex.

Por lo tanto, a partir de los resultados, se observa que las resistencias a la compresión de 28 días del hormigón de látex varían de 1,15-1,19 veces y el hormigón sin látex es 1,85-1,96 veces mayor que la resistencia de 7 días. Por lo tanto, el hormigón de referencia y el hormigón de fibra de sisal modificado con polímero de látex es adecuado para trabajos de reparación y otros trabajos que requieren un logro de resistencia más temprano.

Al igual que la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción dividida también aumenta con el aumento de la edad de las muestras. El hormigón preparado con látex y sisal presentó la máxima resistencia a la tracción dividida y la mejora de la resistencia de las muestras de 28 días se compara y es casi un 36% mayor que la de la muestra de referencia (M0) y el 15.5% que el hormigón de fibra de sisal no modificado (M2). Además, el hormigón modificado con látex (M1) muestra un incremento de resistencia de hasta el 13% que M0, pero una disminución del 4% que el hormigón de fibra de sisal (M2). En todos los aspectos, el hormigón reforzado con fibra de sisal con y sin látex muestra un mejor rendimiento bajo prueba de tracción dividida

Bajo todas las edades de curado, las muestras de hormigón ofrecieron la máxima resistencia para las muestras preparadas con látex y fibra de sisal. Además, como en casos anteriores, se observa un aumento de la resistencia a la flexión con el aumento del período de curado. El logro de la fuerza máxima se logra con especímenes M3 en todas las edades de curado y aquí se comparan los especímenes curados de 28 días. Por lo tanto, el hormigón M3 mostró una resistencia 28% y 12% mayor que las muestras de hormigón de referencia y M2. La variación de resistencia bajo flexión sigue la misma tendencia que en el caso de resistencia a la tracción dividida. Junto a M3, el hormigón M2 muestra un mejor rendimiento y es casi un 15% y un 2% mayor que M0 y M1, respectivamente. A partir al hormigón.

En la siguiente Tabla 62, se observa los resultados de los ensayos ya discutidos.

**Tabla 62**

*Propiedades endurecidas de especímenes de concreto después de 7, 14 y 28 días de curado con agua*

Muestra N°	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )			Resistencia a la Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
	M0	221.89	383.62	435.42	22.33	24.88	26.82	44.46	51.60
M1	392.59	425.32	468.66	23.86	27.33	30.39	50.07	53.33	58.84
M2	235.35	399.63	450.10	28.35	31.31	31.61	53.94	57.31	59.96
M3	440.01	479.16	507.21	30.29	33.34	36.51	58.33	59.96	66.89

*Nota.* Sabarish, K. (2017).

Por lo tanto, la adición de compuestos de fibra de sisal natural mejoró la trabajabilidad en aproximadamente un 29% sin polímero. Todas las características mecánicas de varias mezclas muestran un mejor rendimiento cuando se utilizan tanto fibra de sisal como polímero en una muestra de hormigón en particular.

El aumento temprano de la resistencia a la compresión para el hormigón reforzado con fibra de sisal con modificación de polímeros será una mejor opción para trabajos de reparación. El aumento de la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción dividida y la resistencia a la flexión es de aproximadamente 13%, 15.5% y 12% para el hormigón de fibra de sisal.

En general, los parámetros de resistencia y durabilidad tienen un impacto positivo en los compuestos de fibra de sisal en presencia de polímeros de látex de caucho natural. Cuando el porcentaje de fibra aumenta en más del 1%, se observa una reducción en las propiedades mecánicas. La reducción en la resistencia se debe al aumento en el porcentaje de fibra y eso puede conducir a una estructura porosa por la aglomeración. El aumento de la resistencia de hasta el 1% se debe a la utilización del agua presente en la fibra para la reacción química en el momento del curado y la menor concentración de fibra creó un medio densamente compactado en el cemento.

La adición de fibras no solo aumenta la resistencia a la tracción, sino que también aumenta la resistencia de la unión, aumenta la dureza del hormigón y disminuye la permeabilidad.

Ritesh, J., Tech, M. y Gopi, G. (2017) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, considerando como base el diseño de hormigón M20 y M25 con fibras de Agave Sisalana, a través del uso de distintos porcentajes de fibra de 0,5%; 1% y 1,5% y longitud de fibra de 4 cm. a los 3, 7 y 28 días de curado para evaluar experimentalmente la trabajabilidad, la resistencia a la compresión del hormigón.

Se realizó una prueba de asentamiento en cada muestra, y se observó que, por el método de prueba y error de considerar la prueba de asentamiento, la trabajabilidad era baja y el valor de asentamiento disminuía a medida que aumentaba el porcentaje de fibra. Se realizó la prueba de consistencia y se añadió el superplastificante. La mezcla de hormigón con un superplastificante del 0,2% y una relación agua-cemento de 0,45 tiene buena trabajabilidad y un valor de asentamiento de 53 mm. El factor de compresión efectivo es 0,88.

En la Tabla 63, se muestra los resultados de los ensayos del Asentamiento sin superplastificante con fibra de 1,5% de Agave Sisal.

**Tabla 63**

*Ensayo sin Superplastificante y 1,5% de Fibra*

Relación agua cemento	Valor de asentamiento en mm
0.35	1
0.4	3
0.45	4

*Nota.* Ritesh, J., Tech, M. y Gopi, G. (2017)

En la Tabla 64, se muestra los resultados de los ensayos del Asentamiento con superplastificante con fibra de 1,5% de Agave Sisal.



**Tabla 64***Ensayo con Superplastificante y 1,5% de Fibra*

Relación agua cemento	Valor de asentamiento en mm
0.35	14
0.4	26
0.45	53

*Nota.* Ritesh, J., Tech, M. y Gopi, G. (2017)

Se mezclaron los materiales a mano y se agregaron 0,5%; 1% y 1,5% de fibras de Agave Sisal a la mezcla diseñada M20 y M25, en cubos y cilindros. Se probaron las muestras obtenidas para verificar sus propiedades de compresión, tracción y flexión.

Según, el ensayo que mide la resistencia a la compresión del hormigón, se fundieron 150 mm x 150 mm x 150 mm con una proporción variable de arena fabricada y se secaron en horno durante 24 horas a 60 ° C y se probaron la resistencia a la compresión durante 7, 14, 28 día.

En la Figura se muestra que para el diseño de mezcla M20 el resultado óptimo que proporciona la mayor resistencia al hormigón es 42,93 N/mm<sup>2</sup>, para una adición de 1,5% de fibra de Agave Sisal, el cual aumenta la resistencia a la compresión en un 50,53%.

En las Tabla 65 y Figura 79, se muestran los resultados de los ensayos del hormigón patrón y el diseño con fibra de Agave sisal.

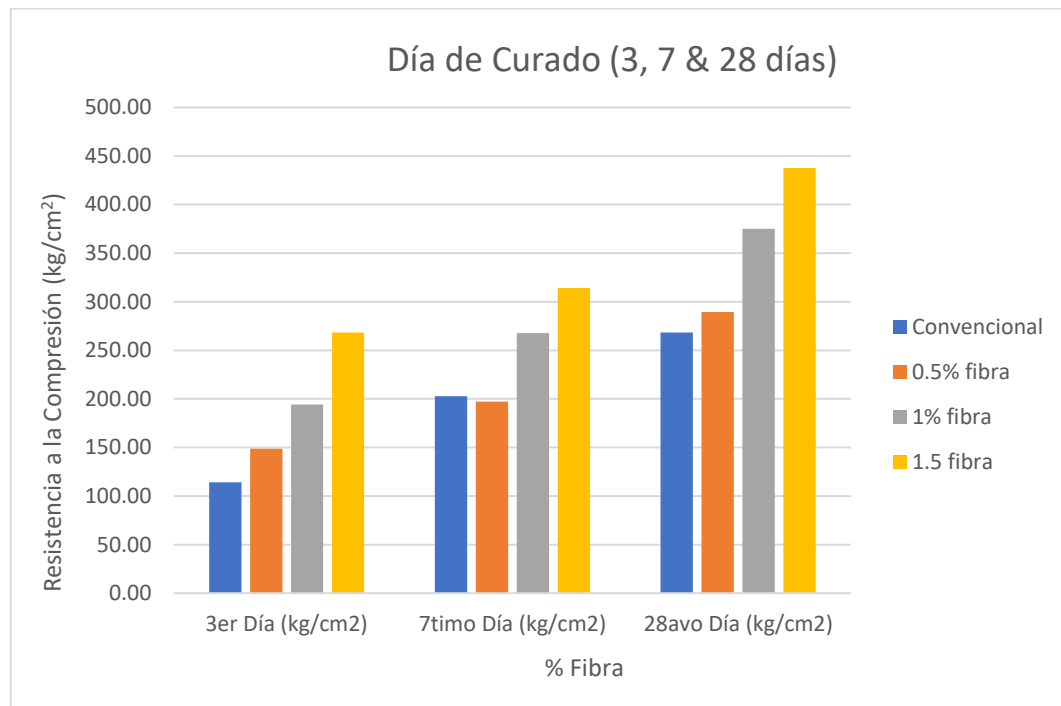
**Tabla 65***Resistencia a la compresión del hormigón M20*

	3er Día (kg/cm <sup>2</sup> )	7tmo Día (kg/cm <sup>2</sup> )	28avo Día (kg/cm <sup>2</sup> )
Convencional	114.21	202.92	268.19
0.5% fibra	148.88	197.11	289.40
1% fibra	194.05	267.78	375.05
1.5 fibra	268.49	314.07	437.76

*Nota.* Ritesh, J., Tech, M. y Gopi, G. (2017)

**Figura 79**

*Resistencia a la compresión del hormigón M20 con porcentaje en volumen de fibras*



*Nota.* Ritesh, J., Tech, M. y Gopi, G. (2017)

Según, el ensayo que mide la resistencia a la compresión del hormigón, en la Figura se muestra que para el diseño de mezcla M25 el resultado óptimo que proporciona la mayor resistencia al hormigón es 55,99 N/mm<sup>2</sup>, para una adición de 1,5% de fibra de Agave Sisal, el cual aumenta la resistencia a la compresión en un 52,51%.

En las Tabla 66 y Figura 80, se muestran los resultados de los ensayos del hormigón patrón y el diseño con fibra de Agave sisal.

**Tabla 66**

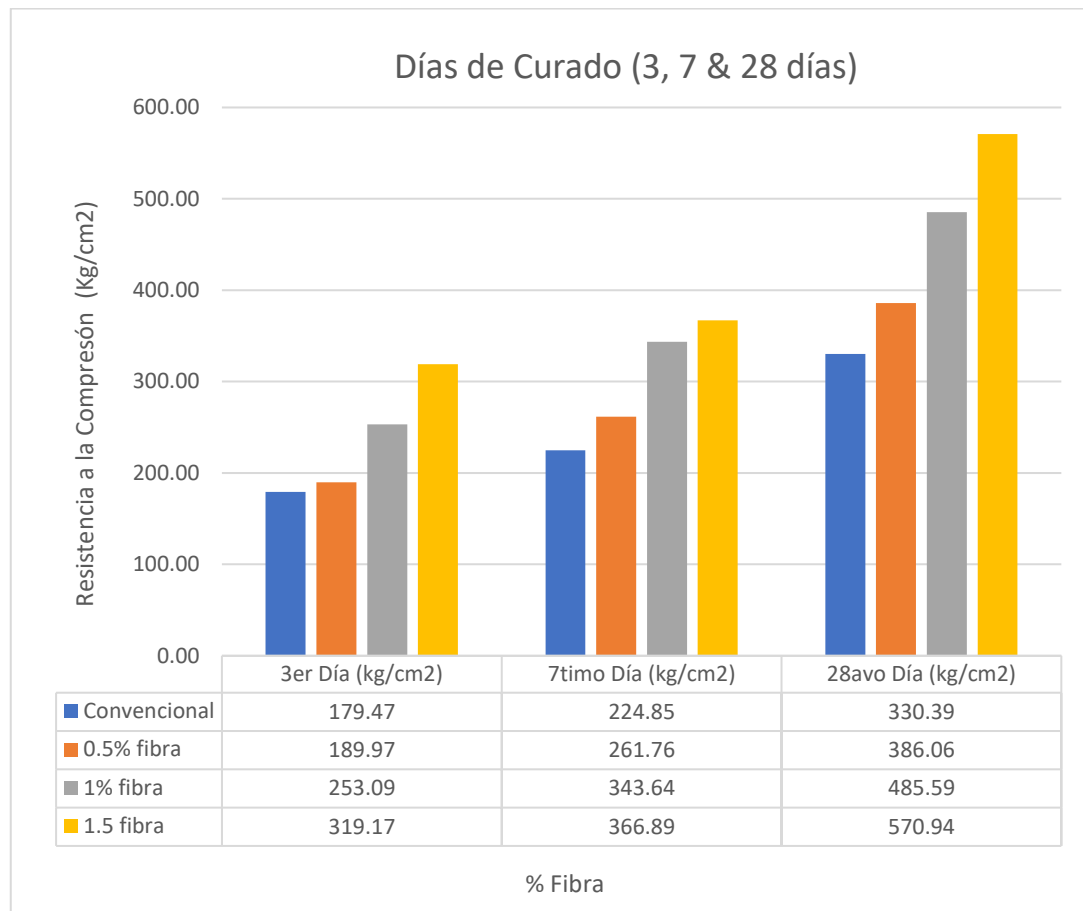
*Resistencia a la compresión del hormigón M25*

	3er Día (kg/cm <sup>2</sup> )	7tmo Día (kg/cm <sup>2</sup> )	28avo Día (kg/cm <sup>2</sup> )
Convencional	179.47	224.85	330.39
0.5% fibra	189.97	261.76	386.06
1% fibra	253.09	343.64	485.59
1.5 fibra	319.17	366.89	570.94

*Nota.* Ritesh, J., Tech, M. y Gopi, G. (2017)

**Figura 80**

*Resistencia a la compresión del hormigón M25 con porcentaje en volumen de fibras*

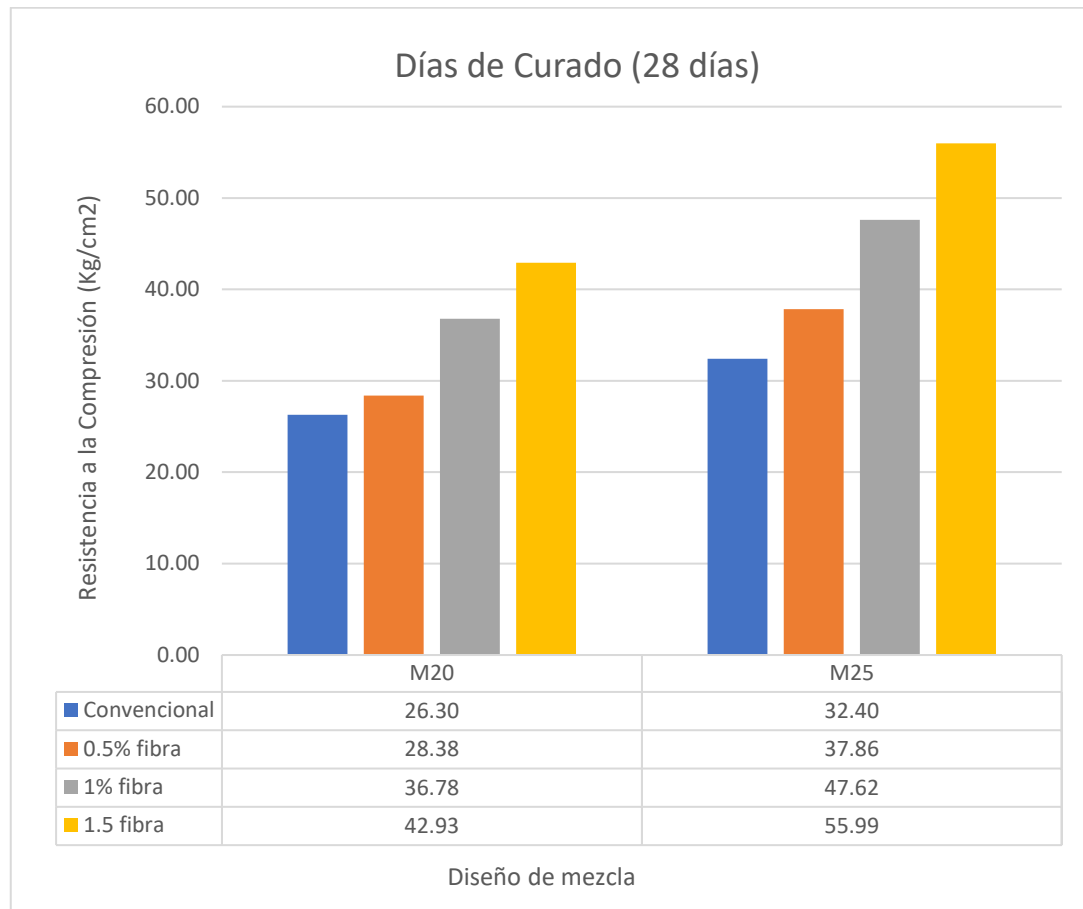


*Nota.* Ritesh, J., Tech, M. y Gopi, G. (2017)

Según la investigación, para los diseños de mezcla M20 y M25, la adición de 1,5% de fibra es más eficaz en la resistencia a la compresión. En la Figura 81, se muestran los resultados de la comparación de la resistencia a la compresión para M25 y M20 con diferente adición de fibra de Agave Sisal:

**Figura 81**

*Resistencia a la compresión del hormigón M20 y M25 con porcentaje en volumen de fibras*



*Nota.* Ritesh, J., Tech, M. y Gopi, G. (2017)

El aumento de la resistencia a la compresión es casi el mismo para la adición de fibra al 1% y al 1,5%. En el diseño de la mezcla M20, la adición de un 1,5% de fibra de Agave Sisal aumento la resistencia a la compresión en un 3,416%. En el diseño de mezcla M25, la adición de 1,5% de fibra aumento la resistencia a la compresión en un 3,904%.

En comparación con la adición de 1% de fibra, la resistencia a la compresión del 1,5% de fibra es de 7,692%, que se reduce. Por lo tanto, agregar 1% de fibra de sisal al hormigón es efectivo y económico porque tiene buena resistencia a la compresión.

Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T. y Akhilesh, K. (2017) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón de grado M25 (254.93 kg/cm<sup>2</sup> o 25Mpa) con adición de fibras naturales; para ello, como se puede observar en la Tabla 67, se utilizaron las siguientes proporciones de mezcla:

**Tabla 67***Diseño de mezcla de concreto*

Materiales	Concreto	Concreto de fibra de sisal				
	Convencional	0.50%	1.00%	1.50%	2%	2.50%
Cement kg/m <sup>3</sup>	399.166	313.6	313.6	313.6	313.6	313.6
Sand kg/m <sup>3</sup>	690.39	677.23	677.23	677.23	677.23	677.23
Coarse aggregate kg/m <sup>3</sup>	1101.3	1082.68	1082.68	1082.68	1082.68	1082.68
Water kg/m <sup>3</sup>	191.599	150.528	150.528	150.528	150.528	150.528
GGBS kg/m <sup>3</sup>	-	134.4	134.4	134.4	134.4	134.4
Fibers(gms)	-	1.568	3.136	4.705	6.272	7.84

*Nota.* Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T. y Akhilesh, K. (2017)

Además, se añadió fibra de sisal la cual fue tratada con una solución de NaOH de normalidad 0,1 para lograr un alto rendimiento en la resistencia al agrietamiento y durabilidad en el hormigón de fibra de sisal y se usó escoria de alto horno granulada molida (GGBS), ligante hidráulico, es decir cemento, que mejora la calidad y durabilidad de hormigón.

Los cubos de 150 mm x 150 mm x 150 mm de tamaño se utilizan como muestras para probar la resistencia a la compresión del hormigón, la prueba se realiza a la edad de 3, 7, 28 días, los resultados de la prueba de compresión se presentan en la Tabla 68 y Figura 82, a continuación.

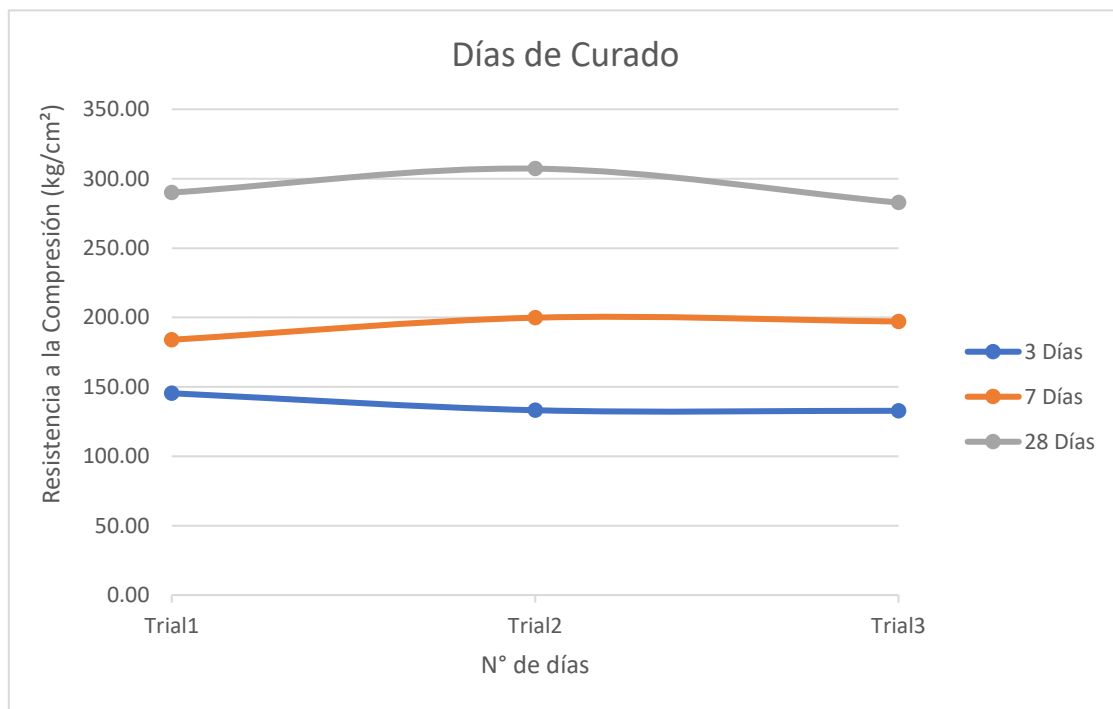
**Tabla 68***Resultados*

Prueba	Área (mm <sup>2</sup> )	3 días	7 días	28 días
		Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	150x150	145.41	183.96	290.01
2	150x150	133.18	199.87	307.24
3	150x150	132.77	197.11	282.77

*Nota.* Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T. y Akhilesh, K. (2017)

**Figura 82**

*Resultados de la resistencia a la compresión del hormigón convencional*



*Nota.* Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T. y Akhilesh, K. (2017)

Entonces en la Tabla 69 y Figura 83 se presentan los resultados de resistencia a la compresión para el hormigón de fibra de sisal con diferentes porcentajes:

**Tabla 69**

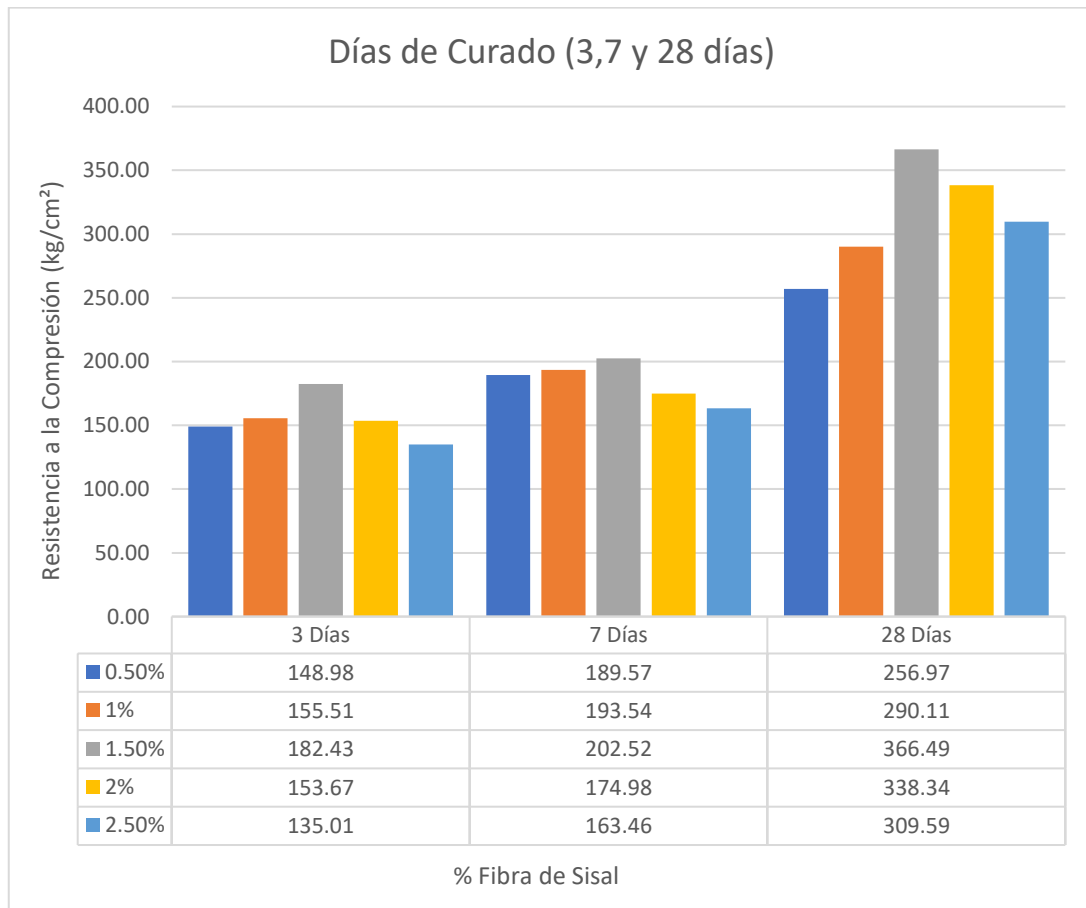
*Resultados Promedio de Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) del Concreto con Fibra de Sisal para 3, 7, 28 días.*

SI No.	GGBS	% de					Días
		0.50%	1%	1.50%	2%	2.50%	
1	30	148.98	155.51	182.43	153.67	135.01	3
2	30	189.57	193.54	202.52	174.98	163.46	7
3	30	256.97	290.11	366.49	338.34	309.59	28

*Nota.* Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T. y Akhilesh, K. (2017)

**Figura 83**

*Resultados de la resistencia a la compresión del hormigón convencional*



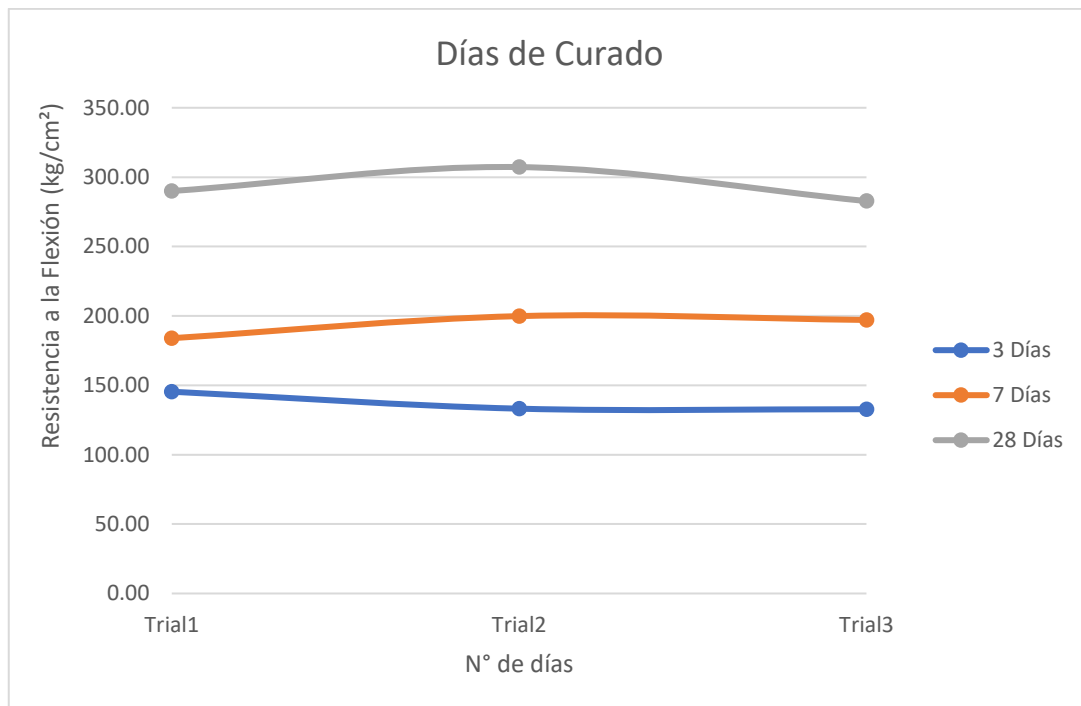
*Nota.* Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T. y Akhilesh, K. (2017)

Prismas de 500 mm x 100 mm x 100 mm de tamaño se utilizan como muestras para probar la resistencia a la flexión del hormigón, la prueba se realizó a la edad de 3, 7, 28 días, como se puede apreciar en la Tabla 70 y Figura 84.

**Tabla 70***Resultados de la prueba de resistencia a la flexión del día*

Prueba	Área (mm <sup>2</sup> )	3 días	7 días	28 días
		Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	10x10x50	28.45	28.90	29.49
2	10x10x50	28.56	29.07	30.74
3	10x10x50	28.56	28.90	30.46

*Nota.* Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T. y Akhilesh, K. (2017)

**Figura 84***Porcentajes Promedio de 3,7 y 28 Días para Resistencia a la Flexión*

*Nota.* Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T. y Akhilesh, K. (2017)

Entonces los resultados de resistencia a la flexión para el hormigón de fibra de sisal con diferentes porcentajes:

En la Tabla 71 y Figura 85, se muestran los resultados promedio de resistencia a la flexión del hormigón de fibra de sisal durante 3,7,28 días:



**Tabla 71**

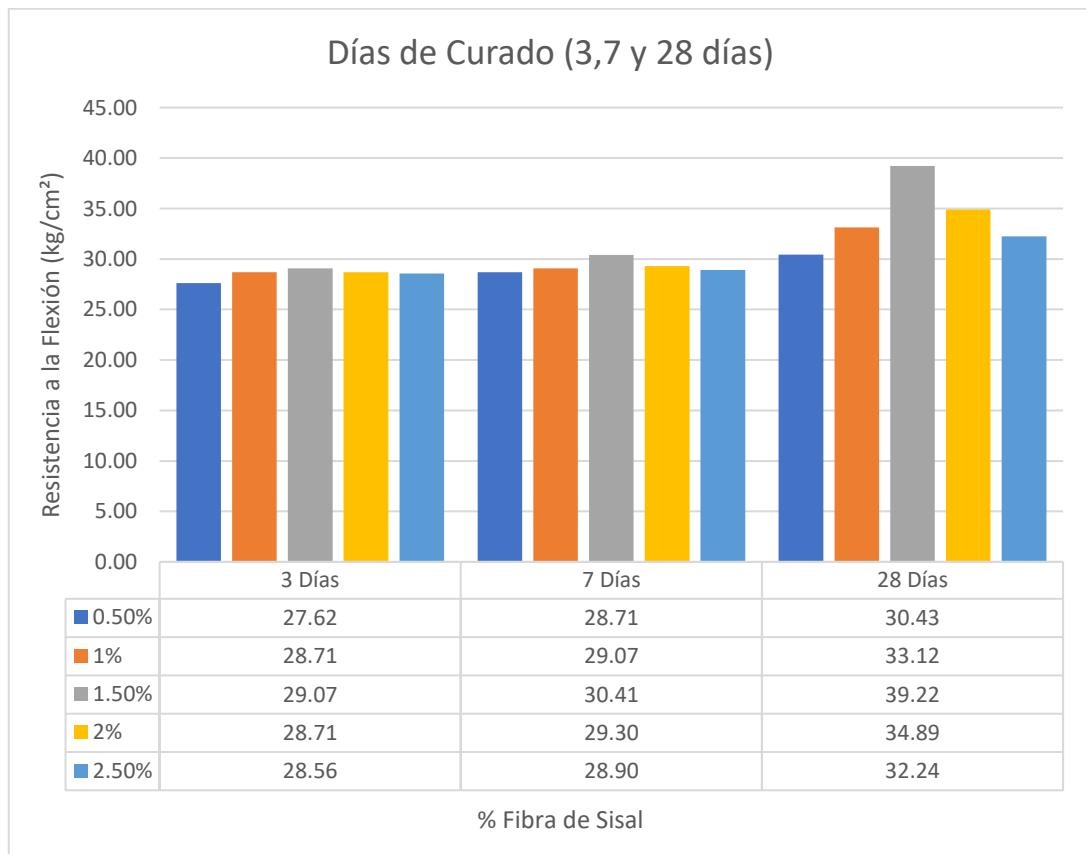
*Resultados promedio de resistencia a la flexión del hormigón con fibras de sisal durante 3, 7 y 28 días*

SI No.	% de escoria de alto horno granulada molida (GGBS)	0.50%	1%	1.50%	2%	2.50%	Días
1	30	27.62	28.71	29.07	28.71	28.56	3
2	30	28.71	29.07	30.41	29.30	28.90	7
3	30	30.43	33.12	39.22	34.89	32.24	28

*Nota.* Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T. y Akhilesh, K. (2017)

**Figura 85**

*Resultados de la resistencia a la flexión del hormigón convencional*



*Nota.* Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T. y Akhilesh, K. (2017)

El hormigón de escoria de alto horno granulada molida (GGBS) proporciona más resistencia en comparación con el hormigón convencional. La adición de fibras de sisal en peso de material cementoso osciló entre 0,5% y 2,5%. Se observó que el porcentaje óptimo de fibra en el que el incremento de resistencia era significativo era del 1,5%.

La resistencia a la compresión del hormigón reforzado con fibra de sisal aumenta hasta en un 1,5% la adición de fibras al hormigón por peso del material cementoso y más allá se observa una caída significativa en los valores de resistencia. Los resultados de la prueba de resistencia a la compresión en un período de curado de 28 días con un 30% de reemplazo de GGBS junto con fibras en la adición del 1,5% aumentó en un 24,96% en comparación con el hormigón convencional.

También hay un aumento en la resistencia a la flexión también hasta 1,5% de adición y más allá de eso se observa una disminución significativa en la resistencia. Los resultados de la prueba de resistencia a la flexión en un período de curado de 28 días con un 30% de reemplazo de GGBS junto con fibras al 1,5% de adición aumentaron en un 29,75% en comparación con el hormigón convencional.

La trabajabilidad del hormigón de grado M25 aumentó con la adición de fibras hasta un 1,5% junto con un 30% de reemplazo parcial del cemento por GGBS y más tarde a medida que el contenido de fibra aumentó la trabajabilidad disminuyó. Se puede concluir que la mezcla de hormigón con reemplazo de cemento por GGBS y adición de fibra mejora las propiedades de resistencia, la resistencia al agrietamiento y es ecológica.

Balasubramanian, J. y Selvan, S. (2015) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, inicialmente el diseño de mezcla usado fue para un concreto de grado M40, se consideran cuatro relaciones de aspecto diferentes. Se cortó fibra para cada relación de aspecto. Se usó fibra de sisal en diferentes aspectos, longitudes y en porcentajes de 0%; 0,5%; 1%; 2%. Para las muestras se usaron cubos, cilindros y vigas. Se usó cemento OPC grado 53 en la fundición. El agregado grueso agregado a la mezcla se dividió en dos porciones. Se utilizó el 60% del agregado de 20 mm y el 40% del agregado de 12,5 mm. Se mezclaron y curaron 16 mezclas de especímenes especiales de concreto. Las pruebas se realizaron a los 3, 7 y 28 días de curado para encontrar la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción dividida y la resistencia a la flexión.

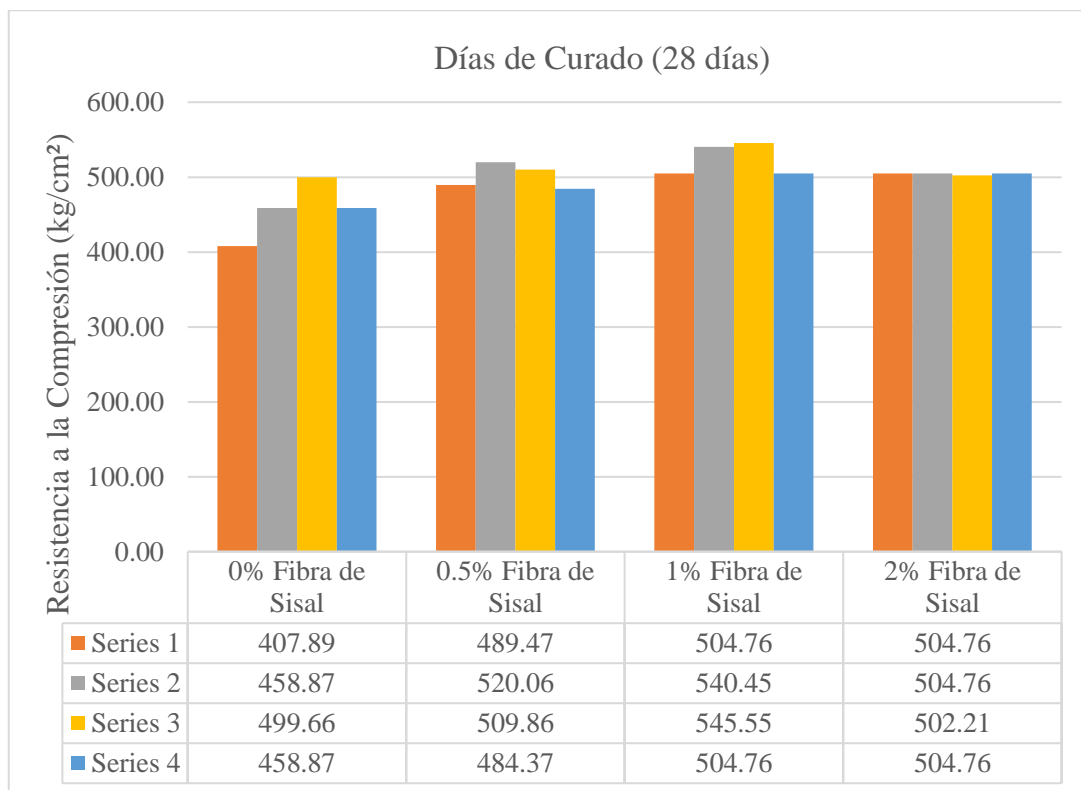
Con los resultados obtenidos, se encontró el resultado óptimo y con este resultado encontrar la relación de aspecto y el porcentaje que nos da el resultado óptimo. Con esta relación de aspecto y porcentaje, la investigación se lleva a cabo mediante la realización de pruebas de torsión y durabilidad.

La prueba de compresión se realizó en cubos de concreto de 150 m × 150 m × 150 m. Según, el ensayo que mide la resistencia a la compresión del concreto, en la Figura muestra que la resistencia del concreto patrón es 499.66 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado y para el 1% de dosificación es 545,55 kg/cm<sup>2</sup>, esta dosificación produce que aumente la resistencia del concreto, sin embargo, para la adición de 2% de fibra se nota una disminución repitiéndose en todas las muestras de prueba.

En la Figura 86, se muestran los resultados de los ensayos del concreto patrón y los diseños con diferentes dosificaciones de fibra de sisal a los 28 días de curado.

**Figura 86**

*Resultados del día 28 de resistencia a la compresión*



*Nota.* Balasubramanian, J. y Selvan, S. (2015)

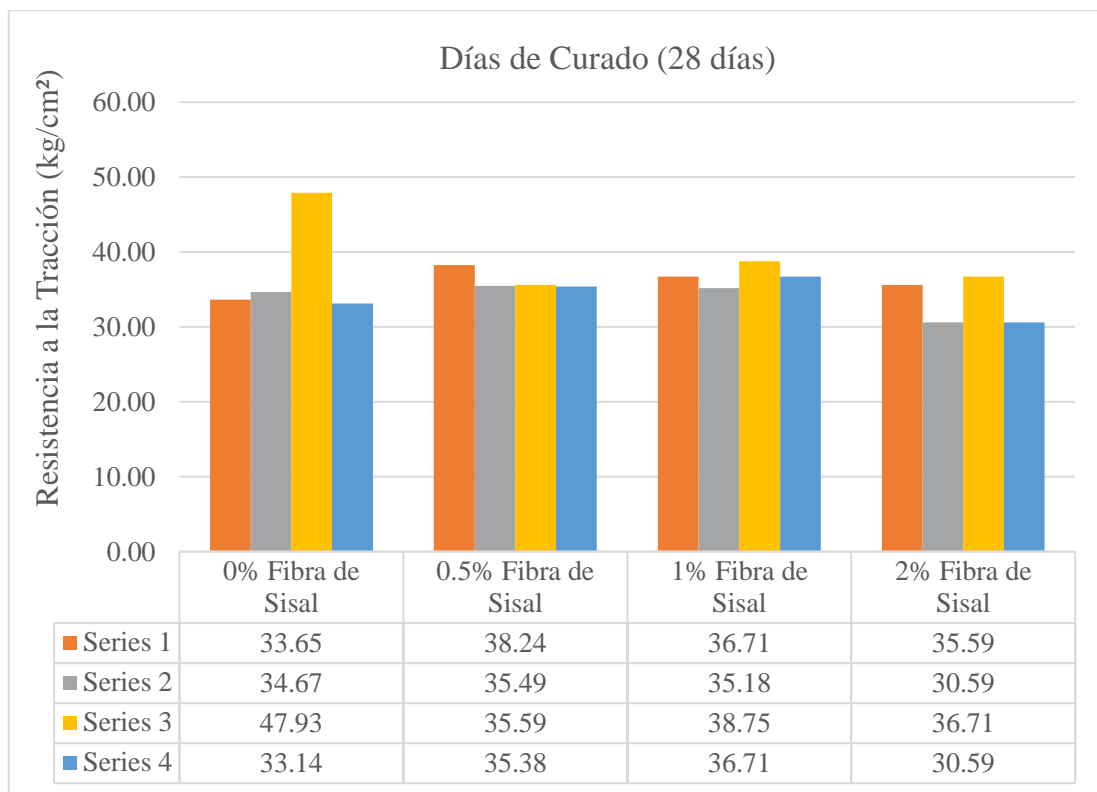
La prueba de tracción se realizó en cilindros de concreto de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura.

Según, el ensayo que mide la resistencia a la tracción del concreto, en la Figura muestra que la resistencia del concreto patrón para la serie 1 es 343.14 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado y para el 1% de dosificación es 374.34 kg/cm<sup>2</sup>, esta dosificación produce que aumente la resistencia del concreto, sin embargo, para la demás serie no se nota un aumento y disminución variable conforme se va adicionando la fibra de sisal.

En la Figura 87, se muestran los resultados de los ensayos del concreto patrón y los diseños con diferentes dosificaciones de fibra de sisal a los 28 días de curado.

**Figura 87**

*Resultados de la resistencia a la tracción dividida al día 28*



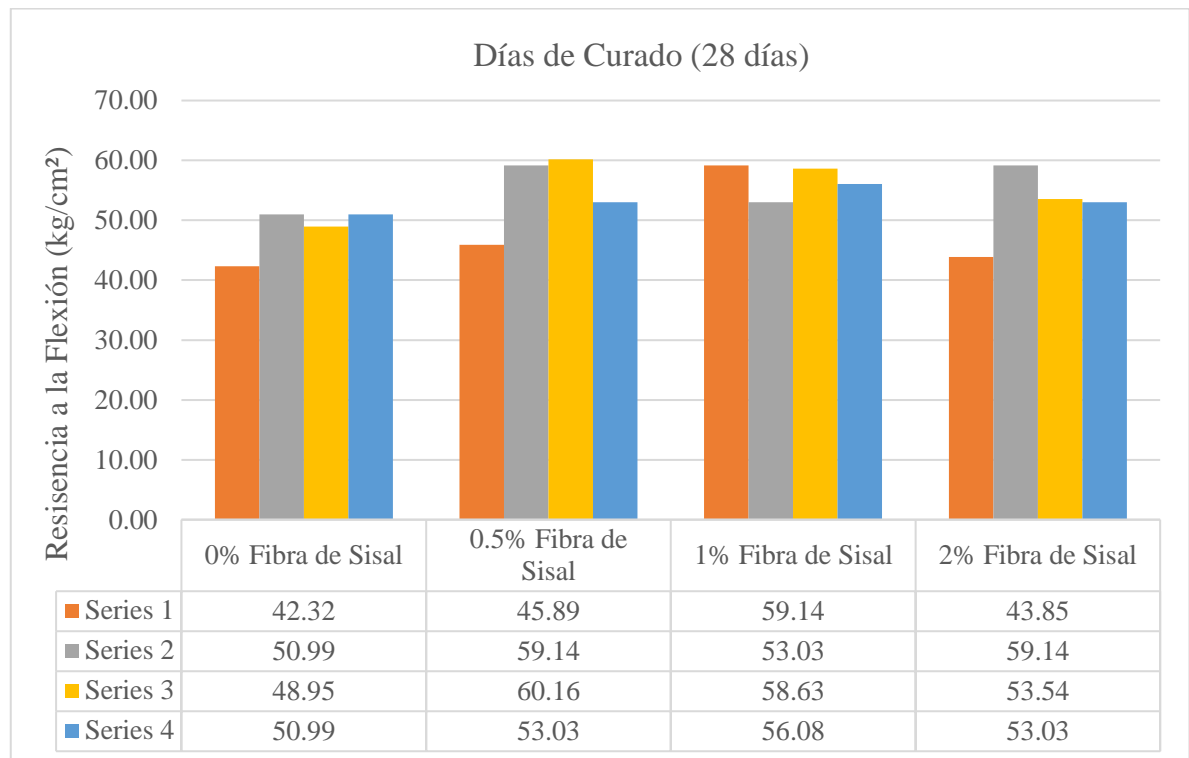
*Nota.* Balasubramanian, J. y Selvan, S. (2015)

La prueba de flexión se realizó en vigas de concreto de 500 m × 100 m × 100 m.

Según, el ensayo que mide la resistencia a la flexión del concreto, en la Figura 88, muestra que la resistencia del concreto patrón en la serie 1 es 42,32 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado y para el 1% de dosificación es 59,14 kg/cm<sup>2</sup>, esta dosificación produce que aumente la resistencia del concreto, sin embargo, para la adición de 2% de fibra se nota una disminución.

**Figura 88**

*Resistencia a la flexión resultados del día 28*



*Nota.* Balasubramanian, J. y Selvan, S. (2015)

De la presente investigación se dice que la adición de fibra de sisal afecta la composición del concreto después de que se ha agrietado, mejorando así su tenacidad.

Al agregar esta fibra de sisal se ha encontrado que hay un aumento de las propiedades tanto de fresco como endurecido hormigón.

Adición de fibras de relación de aspecto 300 (serie 3) por dosificación de 1% muestra un aumento en la resistencia a la compresión en comparación con el concreto patrón.

Adición de fibras de relación de aspecto 300 (serie 3) por dosificación de 1% muestra un aumento en la resistencia a la tracción dividida como en comparación con el hormigón convencional.

Adición de fibras de relación de aspecto 300 (serie 3) por dosificación de 1% muestra un aumento en la resistencia a la flexión como en comparación con el hormigón convencional.

Por lo tanto, el contenido óptimo de dosificación es el 1% de fibra de sisal.

Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S., Parmar, H. y Patel, V. (2015) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales, se usó 1%

de fibra de sisal y 1% de fibra de acero en un hormigón de grado M20 para diseñar y ensayar probetas y vigas en diferentes muestras y evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción mediante ensayos de laboratorio.

Para el ensayo que mide la resistencia a la compresión del hormigón, se utilizaron muestras con dimensiones de 150 x 150 x 150 mm.

Según, el ensayo que mide la resistencia a la compresión del concreto, muestra en la Tabla 72 y Figura 89, la resistencia a la compresión promedio de tres cubos después de 7 y 28 días de curado.

**Tabla 72**

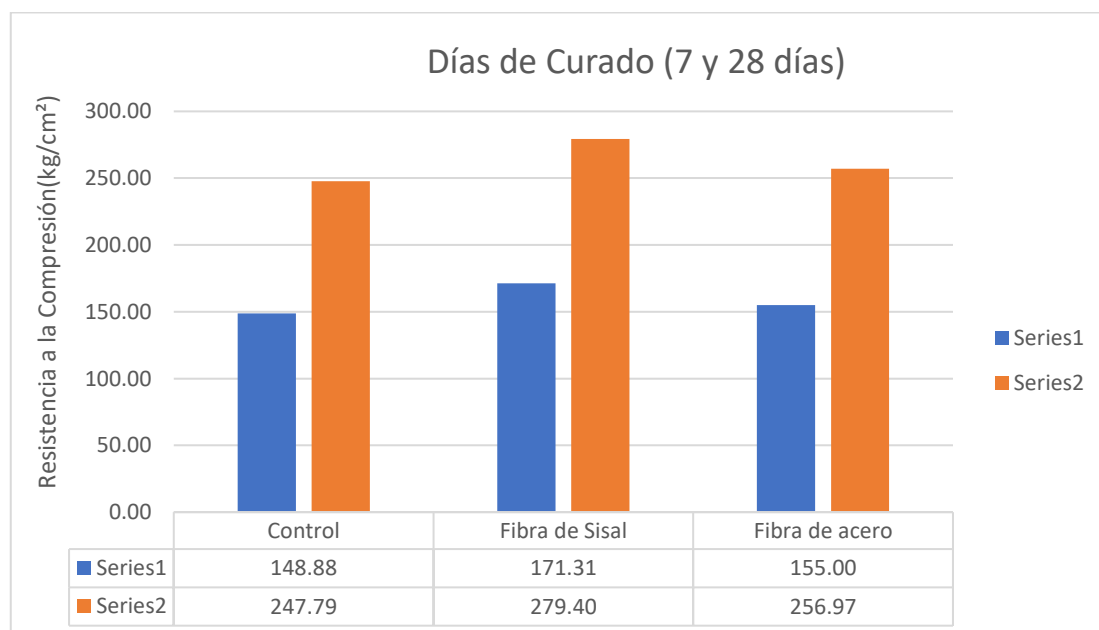
*Resultado de la resistencia a la compresión para Concreto Grado M20*

Tipo de bloque	Porcentaje de fibra añadida	Resistencia después de 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia después de 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
Control	-	148.88	247.79
Fibra de Sisal	1%	171.31	279.40
Fibra de acero	1%	155.00	256.97

*Nota.* Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S., Parmar, H. y Patel, V. (2015)

**Figura 89**

*Resistencia a la Compresión*



*Nota.* Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S., Parmar, H. y Patel, V. (2015).

Como se muestra en la Tabla 72, el porcentaje de aumento en la resistencia a la compresión de la fibra de sisal en comparación con el concreto de control después de 7 días es 15.06% y el aumento en la resistencia a la compresión de la fibra de acero en comparación con el concreto de control después de 7 días es 4.10%. Después de 28 días, el aumento porcentual en la resistencia a la compresión de la fibra de sisal y la fibra de acero en comparación con el concreto de control es del 12,75% y del 3,70%, respectivamente. El porcentaje de aumento en la resistencia a la compresión de la fibra de sisal en comparación con la fibra de acero después de 7 días y 28 días es 10,52% y 8,73% respectivamente.

Por lo tanto, la mezcla de hormigón con fibra de sisal tiene el mayor rendimiento de resistencia a la compresión en todas las edades.

Para el ensayo que mide la resistencia a la tracción dividida se utilizaron cilindros de 150 mm de diámetro. y 300 mm de altura en la máquina de prueba de compresión según el método dado en IS: 5816 - 1999. Como se muestra en la Tabla 73 y Figura 90, la carga de falla se registró para determinar la resistencia a la tracción dividida.

**Tabla 73**

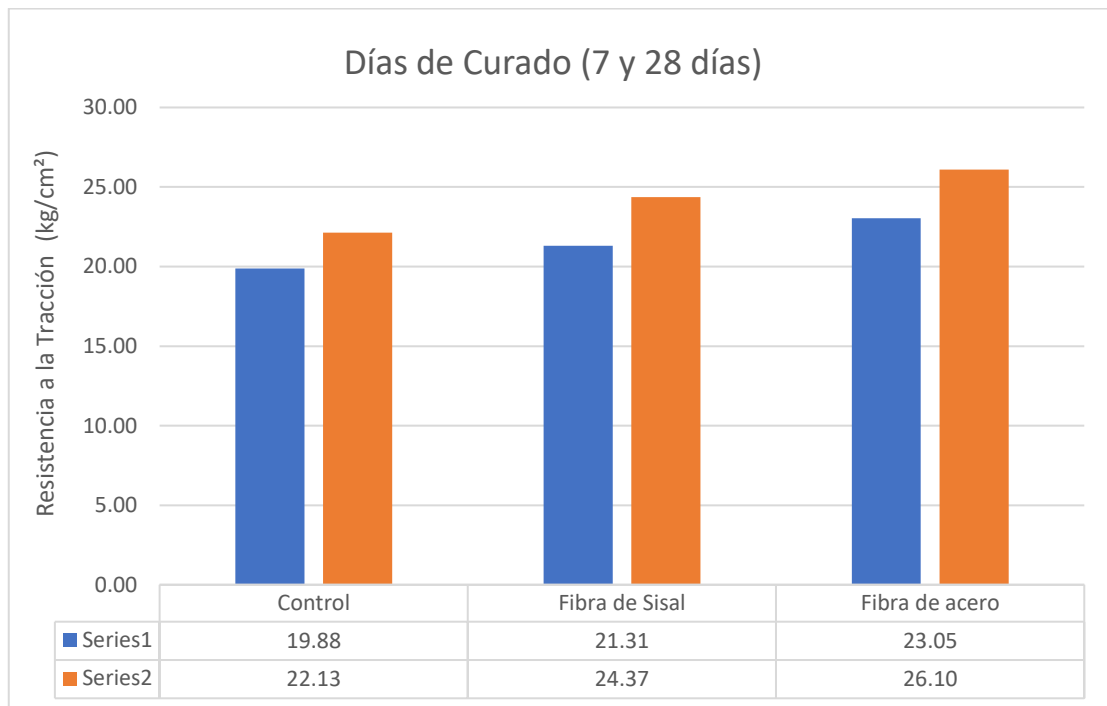
*Resultado de la resistencia a la tracción para M20*

Tipo de bloque	Porcentaje de fibra añadida	Resistencia después de 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia después de 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
Control	-	19.88	22.13
Fibra de Sisal	1%	21.31	24.37
Fibra de acero	1%	23.05	26.10

*Nota.* Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S., Parmar, H. y Patel, V. (2015)

**Figura 90**

*Resistencia a la tracción dividida*



*Nota.* Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S., Parmar, H. y Patel, V. (2015)

Como se muestra en la Tabla 73, el porcentaje de aumento en la resistencia a la tracción de la fibra de sisal en comparación con el concreto de control después de 7 días es del 7,17% y el aumento en la resistencia a la tracción de la fibra de acero en comparación con el concreto de control después de 7 días es del 15,89%. Después de 28 días, el aumento porcentual de la resistencia a la tracción de la fibra de sisal y la fibra de acero en comparación con el hormigón de control es del 10,13% y el 17,97%, respectivamente. El aumento porcentual de la resistencia a la tracción de la fibra de acero en comparación con la fibra de sisal después de 7 días y 28 días es del 8,13% y 7,11%, respectivamente.

Por lo tanto, en la prueba de resistencia a la tracción, el toque de fibra de acero en la mezcla de hormigón dio mejores resultados que la mezcla de fibra de hormigón y sisal. Después de 7 días era un 15,89% más operativo y después de 28 días era un 17,97% más eficaz que la mezcla de hormigón de control.

Para estudiar las propiedades de durabilidad, se realizó la Prueba de ataque ácido Se preparó una solución de HCL al 5% en volumen como se muestra en la Tabla 74 y Figura 91 y se sumergieron cubos de tamaño 150 x 150 x 150 mm en solución después de 28



días de curado normal después de tomar los pesos iniciales. Los cubos se pesaron y probaron en una máquina de prueba de compresión después de 7 y 28 días.

**Tabla 74**

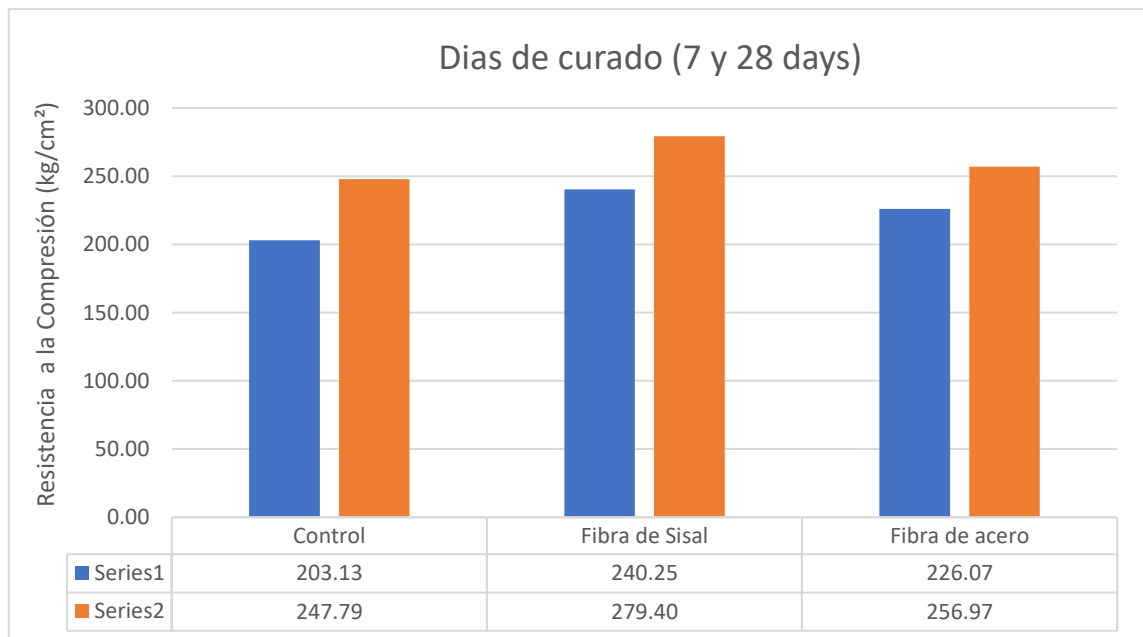
*% de reducción de la fuerza a los 7 y 28 días*

Tipo de bloque	Porcentaje de fibra añadida	Resistencia después de 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia después de 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
Control	-	133.99	203.13
Fibra de Sisal	1%	157.55	240.25
Fibra de acero	1%	145.62	226.07

*Nota.* Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S., Parmar, H. y Patel, V. (2015)

**Figura 91**

*Resultado de la prueba de ataque con ácido para M20*



*Nota.* Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S., Parmar, H. y Patel, V. (2015)

Como se muestra en la Tabla 74, en la prueba de ataque ácido, el porcentaje de aumento en la resistencia de la fibra de sisal en comparación con el concreto de control después de 7 días es del 17,57% y el aumento en la resistencia de la fibra de acero en comparación con el hormigón de control después de 7 días es del 8,67%. Después de 28 días, el aumento porcentual en la resistencia de la fibra de sisal y la fibra de acero en

comparación con el concreto de control es de 18,27% y 11,29% respectivamente. El aumento porcentual en la resistencia de la fibra de sisal en comparación con la fibra de acero después de 7 días y 28 días es del 8,18% y el 6,26% respectivamente.

Por lo tanto, la prueba de ataque con ácido, la mezcla de hormigón con fibra de sisal pareció ser muy eficaz en comparación con la mezcla de fibra de control y de acero, aunque la pérdida de masa no era deseable en comparación con la mezcla de hormigón.

Después de realizar el experimento con sisal y fibra de acero y también comparando aquellos con bloque de control, podemos concluir que la fibra de sisal y la fibra de acero no solo dan mejor resistencia a la tracción y compresión, sino que incluso ayudan a reducir el agrietamiento en la superficie. También descubrimos que las fibras se podían distribuir uniformemente por toda el área, lo que podría ayudar a lograr una mejor unión en el concreto.

La presencia de fibra natural usada ha mostrado algunos datos impresionantes en la prueba de resistencia a la compresión y en la prueba de durabilidad. La fibra de sisal se puede practicar como aditivo en el hormigón por sus beneficios económicos y medioambientales, sin regatear en su ejecución, y es cultivable en todo el mundo además de ser respetuoso con el medio ambiente.

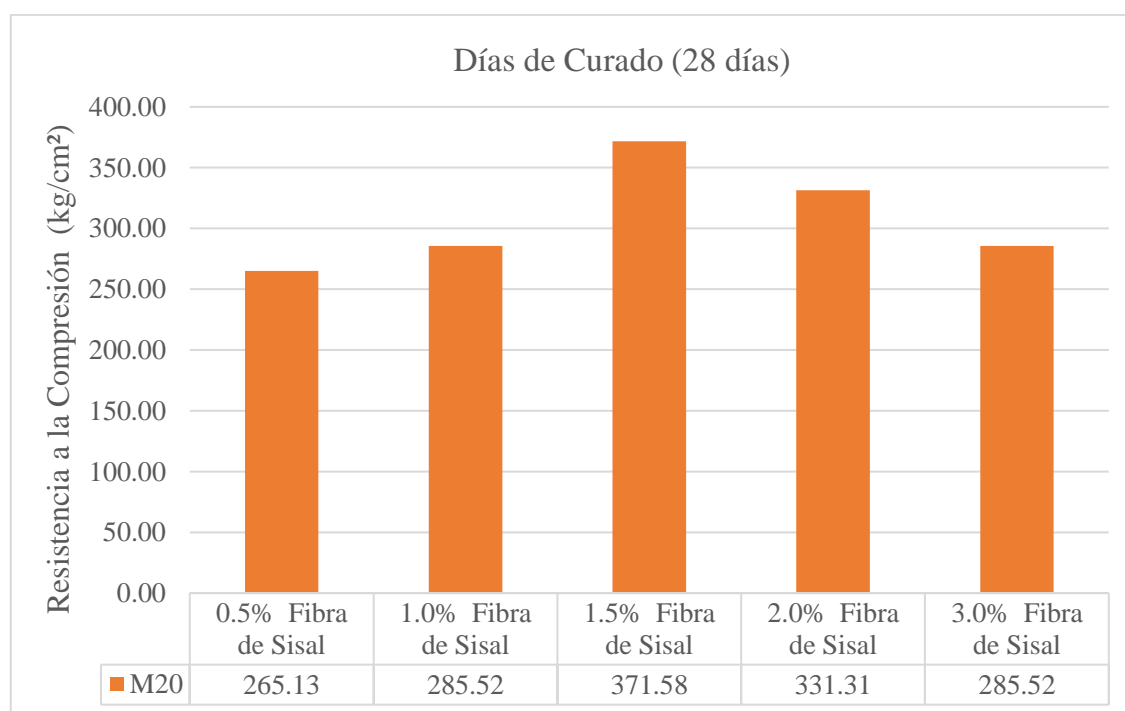
Priyankarani, G. y Srichandana, D. (2015) comprobaron el comportamiento del rendimiento del hormigón con adición de fibras naturales,, para el diseño de mezcla de concreto de grado M20, con una resistencia a la compresión de 203.94 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 y 28 días de curado usando fibra de sisal como refuerzo del concreto para diseñar y ensayar probetas y vigas en dosificaciones (fracción volumétrica variable de fibra) de 0%, 0,5%, 1%, 1,5%; 2% y 3% se optó por una relación agua-cemento de 0,35 para evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión, mediante ensayos de laboratorio.

Se utilizaron muestras con dimensiones de 150 x 150 x 150 mm para la prueba de compresión, según, este ensayo, se analizaron 45 muestras de cubos en dosificaciones de 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% y 3%.

Como se puede observar en la Tabla 75 y Figura 92, según los análisis de la prueba se concluye que la resistencia a la compresión del concreto aumenta hasta la dosificación de fibra del 1,5% ya que un aumento de dosificación produce que la resistencia baje, por lo que 1,5% es la dosificación optima que aumenta la resistencia a la compresión del concreto con fibra de sisal.

**Tabla 75***Resultados para Hormigón reforzado con fibra de sisal M20*

% de contenido de fibra de sisal (en peso)	Mezcla	Prueba		
		Resistencia a la compresión (Valor de prueba del cubo) kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia de tracción dividida (valor de prueba del cilindro) KN	Resistencia a la flexión (valor de prueba de viga) kg/cm <sup>2</sup>
0.5% Fibra de Sisal	M20	265.13	184.00	28.55
1.0% Fibra de Sisal	M20	285.52	190.00	31.61
1.5% Fibra de Sisal	M20	371.58	250.00	44.43
2.0% Fibra de Sisal	M20	331.31	238.00	33.55
3.0% Fibra de Sisal	M20	285.52	220.00	29.98

*Nota.* Priyankarani, G. y Srichandana, D. (2015)**Figura 92***Gráfico de resistencia a la compresión**Nota.* Priyankarani, G. y Srichandana, D. (2015)

Se utilizaron vigas de dimensiones 500m x 100m x 100m con dimensiones de 150 x 150 x 150 mm para la prueba de flexión, según este ensayo a los 28 días de curado para el diseño patrón de concreto de grado M20, es 26.51 kg/cm<sup>2</sup> Se analizaron en dosificaciones de 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% y 3%.

Como se puede observar en la Tabla 76 y Figura 93, según los análisis de la prueba se concluye que la resistencia a la flexión del concreto aumenta hasta la dosificación de fibra del 1,5% ya que un aumento de dosificación produce que la resistencia baje, por lo que 1,5% es la dosificación optima que aumenta la resistencia a la compresión del concreto con fibra de sisal.

**Tabla 76**

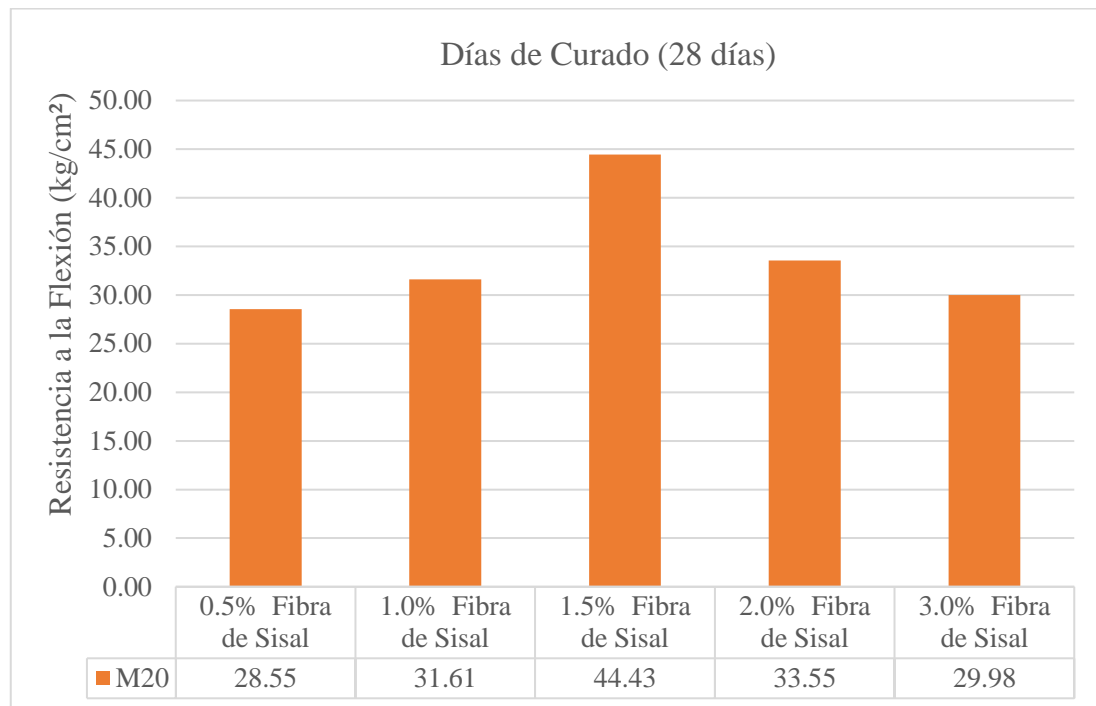
*Resultados para Hormigón Armado con Fibra de Sisal M20*

% de contenido de fibra de sisal (en peso)	Mezcla	Prueba		
		Resistencia de tracción a la compresión (Valor de prueba del cubo) kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia dividida (valor de prueba del cilindro) KN	Resistencia a la flexión (valor de prueba de viga) kg/cm <sup>2</sup>
0.5% Fibra de Sisal	M20	265.13	184.00	28.55
1.0% Fibra de Sisal	M20	285.52	190.00	31.61
1.5% Fibra de Sisal	M20	371.58	250.00	44.43
2.0% Fibra de Sisal	M20	331.31	238.00	33.55
3.0% Fibra de Sisal	M20	285.52	220.00	29.98

*Nota.* Priyankarani, G. y Srichandana, D. (2015)

**Figura 93**

*Gráfico de resistencia a la flexión (valor de prueba de viga)*



*Nota.* Priyankarani, G. y Srichandana, D. (2015)

Los investigadores concluyen que las propiedades del concreto reforzado con fibra se ven afectadas por el tipo de fibra, la geometría de la fibra, el volumen de la fibra, la orientación y la distribución de las fibras.

Por ello en este artículo se estudió las propiedades del concreto para las diferentes dosificaciones buscando así el porcentaje más óptimo que fue 1,5%, también se demostró que la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto puede mejorarse significativamente mediante envolturas externas de fibra de Sisal, aumentando la ductilidad del hormigón aumenta significativamente ya que la adición de fibras no solo aumenta la resistencia a la tracción sino que también aumenta la resistencia de la unión, disminuye la permeabilidad y también resiste la carga sísmica a través de su ductilidad, la dureza del concreto también aumenta.

### **2.3 Estructura Teórica y Científica que Sustenta el Estudio**

La presente investigación se desarrolla a través del estudio del arte basada en la revisión bibliográfica existente a nivel nacional e internacional a través de las bases de datos Web of Science (ISI), Researchgate, ScienceDirect (Elsevier), EBSCO, Google Scholar, Scientifict, Scielo, Eprints, Redalyc, el repositorio de la Universidad Ricardo

Palma. Se utilizaron palabras clave tales como hormigón reforzado con fibra, fibra natural, propiedades mecánicas, agave amarillo, agave americana L, agave cordillerensis o cabuya, agave lechuguilla, agave sisalana y agave o maguey, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, hormigón, diseños de mezcla del hormigón; sobre la utilización de fibra de agave como adición a la mezcla del hormigón para mejorar sus características, de acuerdo a las normas que rige cada país en los diferentes ensayos para el hormigón en estado fresco y en estado endurecido.

Por consiguiente, se procedió a examinar los artículos y descartar aquellos que no se encontraban dentro del contexto de adición de fibra de agave como refuerzo en el hormigón. Se filtraron a través de la revisión bibliográfica actualizada y se eliminaron los que no estaban en el foco del estudio.

## **2.4 Definición de Términos Básicos**

### **2.4.1 Hormigón**

El concreto u hormigón es la mezcla de un material aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), un material de relleno (agregados o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión (Sánchez (2001, p.19).

### **2.4.2 Cemento Portland**

La palabra cemento indica un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas. Esta definición no solo abarca los cementos propiamente dichos, sino una gran variedad de materiales de cementación tales como los cales, los asfaltos y los alquitranes (Sánchez (2001, p.27)

### **2.4.3 Agregados**

Los agregados también llamados áridos, son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento portland en presencia de agua conforman un todo compacto (piedra artificial) conocido como concreto u hormigón. Como agregados para concreto se pueden considerar todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia del grano), no perturba ni afectan las propiedades y características del concreto y garantizan una adherencia suficiente con la pasta endurecida de cemento portland (Sánchez (2001, p.65)

#### **2.4.4 Agua de Mezclado**

El agua de mezclado está definida como la cantidad de agua por volumen unitario de concreto que requiere el cemento, contenido en ese volumen unitario, para producir una pasta eficientemente hidratada, con una fluidez tal, que permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico (Sánchez 2001, p.57).

#### **2.4.5 Aditivo**

Material distinto del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a éste antes o durante su mezclado a fin de modificar sus propiedades” Sánchez (2001, p. 7).

#### **2.4.6 Slump o Asentamiento**

Se colocan los moldes en una zona limpia, que este equilibrada y húmeda, estos se deben mantener fijos, se pisan las aletas del molde, se llena el concreto en capas y entre ellas se utiliza la varilla para que esta pueda fijarse haciendo un total de 25 golpes, luego de terminar el llenado, se enrasa el molde, pasa a ser levanta con mucha precaución en orientación erguida. El concreto moldeado fresco se asentará, y la discrepancia entre la altura del molde y el alto de la mezcla fresca es conocida y denominada como slump. (Abanto (2017, p. 51).

#### **2.4.7 Resistencia a la compresión**

Es la característica principal del concreto, es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento que con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento (Kosmatka, Kerhoff, Panarese, y Jussara, 2004, p. 32).

#### **2.4.8 Resistencia a la Tracción**

Cuando una estructura de concreto está en servicio, generalmente se asume que el concreto no resiste tensiones. Sin embargo, el concreto al agrietarse durante la flexión, si resiste cierto valor de tensiones, siendo estos del orden del 8 - 20% de la resistencia a la compresión dependiendo de la edad y de la calidad de los elementos constituyentes (Kosmatka, Kerhoff, Panarese, y Jussara, 2004, p. 32).

#### **2.4.9 Resistencia a la Flexión**

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6x6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en MPa y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio) (Kosmatka, Kerhoff, Panarese y Jussara, 2004, p. 32).

#### **2.4.10 Agave Sisal**

El nombre botánico del sisal se llama agave sisalana, es un tipo de agave habitante de la parte sur de México, pero también se cultiva ampliamente en varios países en la actualidad. Produce una fibra robusta que se utiliza en la fabricación de diferentes tipos de productos. Convencionalmente, el sisal ha sido el material principal para el bramante agrícola (bramante de encuadernación y bramante de empacadora) debido a su fuerza, capacidad de estiramiento, durabilidad y resistencia a la corrosión en agua salada (Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S., Parmar, H. y Patel, V. 2015).

#### **2.4.11 Agave Lechuguilla**

La agave lechuguilla es una planta fibrosa sumamente rústica y resistente, que prospera perfectamente en los terrenos secos, áridos y montañosos donde ninguna otra planta útil daría resultado. Su aspecto es de un pequeño maguey cuyas hojas por lo general alcanzan una longitud de 0.20 a 0.50 m, éstas nacen del tronco o cuello de la raíz. Las hojas jóvenes son de color blanquecino o verde claro, se agrupan formando en el centro de la mata un cono apretado de hojas suaves que se denomina cogollo. Una vez que la agave lechuguilla ha florecido, principia la reproducción por hijos, que se manifiesta por la aparición de pequeños renuevos que salen de la raíz, después de lo cual muere la planta madre (Cesar Juárez 2004).

#### **2.4.12 Maguey**

Las fibras naturales como refuerzo sísmico en la edificación de viviendas de adobe en la costa del departamento de Ica, tesis para optar el grado de Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, en la ciudad de Lima-Perú. El Agave asimismo es distinguido con los seudónimos de pita, maguey, cabuya, mezcal y fique. En nuestra



región el nombre que prevalece es el del maguey. Son floras de porte arbustivo y de representación globosa. Originan hojas sésiles dispuestas en rosetas, lanceoladas, medianamente carnosas, de color blanco-azulado o blanco-grisáceo que acaban con una aguja fina, espinosas en sus bordes finales generalmente [...]. ‘Las flores están acomodadas en brotes paniculadas o espigadas según la especie, que se forman en el centro de la roseta de hojas. El fruto es una cápsula leñosa con muchas formas (Torres 2016).

#### **2.4.13 *Agave Amarillo o Pita***

Planta permanente que resiste áreas secas. Las hojas llegan a tener una longitud considerable (L=1 a 2m por A= 15 a 25cm), de color variable entre verde, blanco grisáceo y azulado. Crecen en espiral alrededor del centro. tienen espinas a lo largo de los bordes, que pueden ser dentados u ondulados de 2cm (Hilario y Sifuentes 2021).

#### **2.4.14 *Agave Americana L***

De las múltiples plantas que benefician al ser humano, el Agave Americana L ha sido una de las más aprovechadas, tanto por los antiguos mesoamericanos como por las actuales habitantes del altiplano central. Pocos son los vegetales que proporcionan al hombre casa, sustento, vestido y salud, además de ser un medio de conocimientos (papel). Por estas razones el Agave Americana L. ha sido calificado como excepcional (Oliver 2009).

#### **2.4.15 *Agave Cordillerensis o Cabuya***

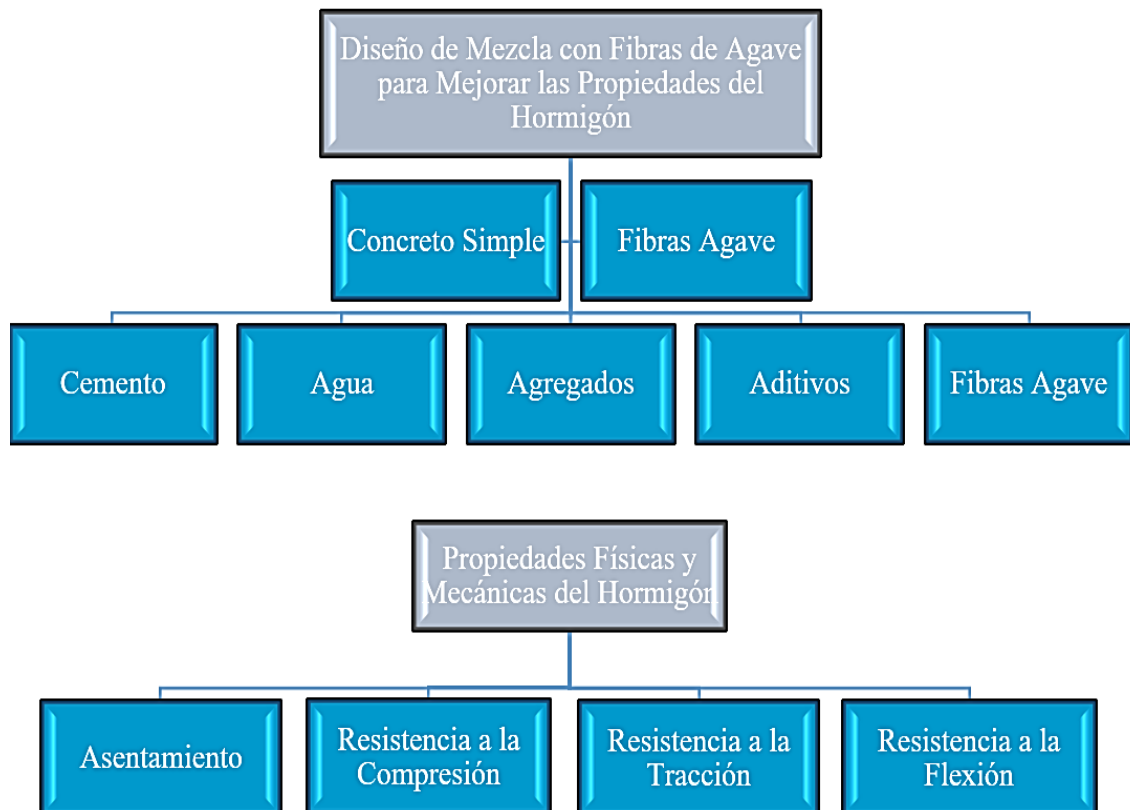
La cabuya es una fibra natural áspera, dura y resistente que se obtiene al procesar su materia prima conocida como penco. De acuerdo a la región donde crece, el penco puede adoptar la siguiente denominación: fique, agave, sisal, mezcal, pita y maguey. Crece de manera natural o cultivada en zonas áridas y semiáridas, en terrenos arenosos, pedregosos y de baja productividad agrícola. Su especie se propaga a través de hijuelos o semillas. Las fibras de cabuya se localizan de manera longitudinal en las hojas del penco y son consideradas como una de las fibras naturales más resistentes (Briseño 2016)

## 2.5 Fundamentos Teóricos que Sustentan la Hipótesis

Los fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis se pueden apreciar en la Figura 94.

**Figura 94**

*Fundamentos Teóricos que Sustentan la Hipótesis*



*Nota.* Elaboración propia

## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 *Hipótesis General*

Al analizar el diseño de mezcla del hormigón con fibras de agave mejoran las propiedades físicas y mecánicas de hormigón.

#### 3.1.2 *Hipótesis Específicas*

a) Al analizar el porcentaje de fibras de agave mejora la resistencia a la compresión del hormigón.

b) Al analizar el porcentaje de fibras de agave mejora la resistencia a la tracción del hormigón.

c) Al analizar el porcentaje de fibras de agave mejoran la resistencia a la flexión del hormigón.

d) Al analizar los porcentajes de fibras de agave mejora el asentamiento de la mezcla del hormigón.

### 3.2 Variables

#### 3.2.1 *Variable Independiente*

V.I. Diseño de mezcla del hormigón con fibras de agave

#### 3.2.2 *Variable Dependiente*

V.D. Propiedades físicas y mecánicas del hormigón

### 3.3 Sistema de Variables

#### 3.3.1 *Definición Conceptual*

V.I.: Se refiere a dosificar una mezcla de concreto para determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse. (Rivera G. 1992).

V.D.: Las propiedades y características del concreto en estado fresco y endurecido, pueden variarse en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. El concreto para una estructura de un edificio puede poseer alta resistencia a la compresión,

mientras que el concreto para una cortina de presa debe ser durable y hermético y la resistencia relativa puede ser pequeña. (Geoseismic 2017).

### ***3.3.2 Definición Operacional***

V.I.: Las fibras en el diseño de mezcla del hormigón con una adecuada resistencia mecánica a la tracción, homogéneamente distribuidas, constituyen una micro-armadura la cual, se muestra extremadamente eficaz para contrastar el fenómeno de fisuración por retracción y, además de conferir al hormigón una ductilidad que puede llegar a ser considerable en la medida en que sea elevada la resistencia de las fibras y su cantidad, confiriendo en tales circunstancias una gran tenacidad al hormigón. (Macafferri 2009)

V.D.: La mezcla en un estado inicial es como una masa blanda, que muestra trabajabilidad para ser operada y colocada en el molde o encofrado según la forma que se requiera y luego de ser colocada comienza a fraguar y endurecerse, ganando resistencia con el pasar del tiempo. La resistencia es la capacidad de carga que puede soportar el concreto en una cierta superficie, este indicador se expresa en términos de esfuerzo y en su mayoría en  $\text{kg/cm}^2$  en unidades métricas. Determinando su esfuerzo máximo y el patrón de falla. (Chúman y Rivas 2020, p. 69)

### 3.3.3 Operacionalización de Variables

**Tabla 77**

*Operacionalización de las Variables*

<b>Variables</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índices</b>	<b>Unidades de medida</b>	<b>Escala</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Herramientas</b>
Diseño de mezcla del hormigón con fibras de agave	V.I.	Se refiere a dosificar una mezcla de concreto para determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse.	Las fibras en el diseño de mezcla del hormigón con una adecuada resistencia mecánica a la tracción, homogéneamente distribuidas, constituyen una micro armadura la cual, se muestra extremadamente eficaz para contrastar el fenómeno de fisuración por retracción y, además de conferir al hormigón una ductilidad que puede llegar a ser considerable en la medida en que sea elevada la resistencia de las fibras y su cantidad, confiriendo en tales circunstancias una gran tenacidad al hormigón	Porcentajes de fibras de Agave	Porcentajes de fibras de Agave	%	Cuantitativa Continua	Formato de diseño de Mezclas	NTP 339.204 NTP 339.036 ASTM C172

Propiedad es físicas y mecánicas del hormigón	V.D.	Las propiedades y características del concreto en estado fresco y endurecido, pueden variarse en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. El concreto para una estructura de un edificio puede poseer alta resistencia a la compresión, mientras que el concreto para una cortina de presa debe ser durable y hermético y la resistencia relativa puede ser pequeña	La mezcla en un estado inicial es como una masa blanda, que muestra trabajabilidad para ser operada y colocada en el molde o encofrado según la forma que se requiera y luego de ser colocada comienza a fraguar y endurecerse, ganando resistencia con el pasar del tiempo. La resistencia es la capacidad de carga que puede soportar el concreto en una cierta superficie, este indicador se expresa en términos de esfuerzo y en su mayoría en kg/cm <sup>2</sup> en unidades métricas. Determinando su esfuerzo máximo y el patrón de falla	Asentamiento	Cono de Abrams	mm	Cuantitativa Continua	Formato de Cono de Abrams	NTP 339.035
			Resistencia a la Compresión	Resistencia a la Compresión	kg/cm <sup>2</sup>	Cuantitativa Continua	Formato de ensayo de compresión del laboratorio	ASTM C143 NTP 339.034	
			Resistencia a la Tracción	Resistencia a la Tracción	kg/cm <sup>2</sup>	Cuantitativa Continua	Formato de ensayo de tracción del laboratorio	ASTM C 39 NTP 339.084 ASTM C 292 NTP 339.078	
			Resistencia a la Flexión	Resistencia a la Flexión	kg/cm <sup>2</sup>	Cuantitativa Continua	Formato de ensayo de flexión del laboratorio	ASTM C 78	

Nota. Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO**

### **4.1 Método de Investigación**

El método de la investigación es de deductivo porque con el razonamiento lógico se tomarán decisiones sobre la hipótesis planteada, la orientación es aplicada ya que la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento de manera sistemática, el enfoque es cualitativo debido a que se va a analizar cuál es el porcentaje óptimo de fibra de agave para mejorar la resistencia mecánica del hormigón, la fuente de recolección de datos es retrolectiva puesto que, la información recolectada es de fuentes existentes por otros investigadores.

### **4.2 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación es descriptiva y explicativa porque se realizará un estudio y análisis comparativo de la bibliográfica existente sobre el tema con el fin de establecer el estado del arte de la adición de fibras de agave en el hormigón y determinar las ventajas y desventajas del hormigón reforzado con diferentes adiciones de fibras de agave con respecto a su resistencia a la compresión, tracción y flexión.

### **4.3 Nivel de Investigación**

El nivel de la investigación es descriptivo, porque podemos describir el problema para poder así cuantificar los resultados por medio de tablas, gráficos, etc., los cuales van a ser necesarios para poder resolver el problema.

### **4.4 Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es; según su propósito observacional; según el número de mediciones longitudinal y según la cronología de las observaciones retrospectivo porque los resultados de los ensayos obtenidos de otros investigadores, en la utilización de fibras de agave para mejorar las características del hormigón, nos servirán para el análisis comparativo.

### **4.5 Población y Muestra**

#### **4.5.1 Población**

La población destinada para esta investigación será todo el conjunto de investigaciones recopiladas a nivel nacional e internacional considerando diferentes

fechas de su publicación hacia el presente año 2022 las cuales deben estar relacionadas en cuanto a los ensayos de resistencia de concreto fresco y endurecido de concreto simple con fibras de Agave, para posteriormente realizar el análisis comparativo a través de estas.

#### **4.5.2 Muestra**

La muestra son las investigaciones entre artículos y tesis sobre los tipos de fibras estudiadas por los diferentes investigadores nacionales e internacionales como: agave amarillo, agave americana L, agave cordillerensis o cabuya, agave lechuguilla, agave sisalana y agave o maguey, los cuales se seleccionaron para el análisis, la muestra está conformada por pruebas de mezcla que se hicieron en el laboratorio, las que se distribuirán en distintas relaciones de porcentaje de fibras de agave, relación agua/cemento para medir la trabajabilidad del hormigón y resistencia mecánica del hormigón al usar la fibra de agave, de acuerdo a los ensayos de concreto fresco y ensayos de concreto endurecido: compresión, tracción y flexión a diferentes edades de curado.

#### **4.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Para las técnicas de recolección de datos, se utilizó diversas plataformas vía internet, asesoramiento virtual, videoconferencias y plataformas de bases académicas (Scopus, Proquest, Science Direct, Scielo) que nos permitieron tener una buena recolección de datos. Teniendo como base algunas de las siguientes normas: NTP 339.204, 2016 (CONCRETO Especificación normalizada del concreto reforzado con fibra), NTP 339.036, 2017 (CONCRETO Práctica para muestreo de mezclas de concreto fresco), ASTM C172, 2017 (Práctica normalizada para muestreo de concreto recién mezclado), NTP 339.035, 2022 (Método de Ensayo Normalizado para la medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico), ASTM C143 (Método de prueba estándar para el asentamiento de concreto de cemento hidráulico), NTP 339.034, 2021 (CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas), ASTM C 39, 2022 (Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón), NTP 339.084, 2017 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral de una probeta cilíndrica), ASTM C 292, 2022 (Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la tracción de simple del hormigón por compresión diametral de una probeta cilíndrica), NTP 339.078, 2022 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los



tercios de la distancia entre apoyos), ASTM C 78, 2022 (Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la flexión del hormigón usando una viga simple con carga de tres puntos). Los instrumentos utilizados fueron la prensa hidráulica, el cono de Abrams, tamices normalizados, formatos de ensayos de agregados y el programa Microsoft Excel para procesar los datos de los diseños de mezcla.

#### **4.7 Descripción de Procedimientos y Análisis**

Esta investigación descriptiva se realizó a través del estado del arte con tres perspectivas fundamentales como la contextualización, clasificación y categorización de los diferentes resúmenes respecto a artículos científicos y tesis de información actualizada, sobre la adición de fibras de agave para mejorar las propiedades en el hormigón.

Se recolectó información de tipo primario, porque se tomó información de diversos libros, tanto para recolectar información y para poder seguir diferentes procedimientos. Secundarios porque se consideró en base al análisis documental de recolección de datos de fuentes secundarias, como la revisión de la literatura actualizada de artículos y tesis de diferentes universidades sobre las fibras de agave en el hormigón, una metodología de análisis de la información recolectada y una presentación de los óptimos resultados.

Asimismo, se realizó un estudio y análisis de las fibras de agave en el hormigón para obtener las características que vamos a emplear en nuestra investigación, además de analizar el diseño de mezcla con diferentes porcentajes.

Consiguiendo un análisis exploratorio de los datos, donde se presenta y se analiza estadísticamente para observar la contrastación de la hipótesis mediante tablas y gráficos comparativos en Microsoft Excel, con el fin de garantizar la confiabilidad de la información recolectada de los diferentes autores nacionales e internacionales sobre la adición de fibras de agave para mejorar las propiedades en el hormigón y por consiguiente, obtener los resultados que serán interpretados a fin de determinar las conclusiones y recomendaciones.

Mediante el cual, se observó que las fibras de Agave seleccionadas son favorables en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón, teniendo como variable independiente: Diseño de mezcla del hormigón con fibras de Agave y como variable dependiente: las propiedades físicas y mecánicas del hormigón.

## **CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Para analizar y comparar los resultados de la presente tesis, nos centramos en el foco de estudio sobre diseño de mezcla con fibras de agave para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón en estado fresco refiriéndose al asentamiento y en estado endurecido refiriéndose a la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión del hormigón. Se analizaron ensayos de artículos científicos y tesis, que resaltan los indicadores establecidos en la tesis.

### **5.1 Resultados de la Investigación**

#### ***5.1.1 Resultado de los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la compresión del hormigón.***

Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la compresión del hormigón.

En su investigación Sugathan (2017), obtuvo los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 0.50%
- Patrón: 1.00%
- Patrón: 1.50%
- Patrón: 2.00%

b) Dosificación para 1m<sup>3</sup> de concreto según el diseño:

- Tipo de Cemento: Cemento Portland Tipo I con 375 kg
- Agregado Grueso: 870.00kg
- Agregado Fino: 650.00 kg
- Agua efectiva: 190.00lt

c) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 78 y Figura 95 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Sugathan

**Tabla 78**

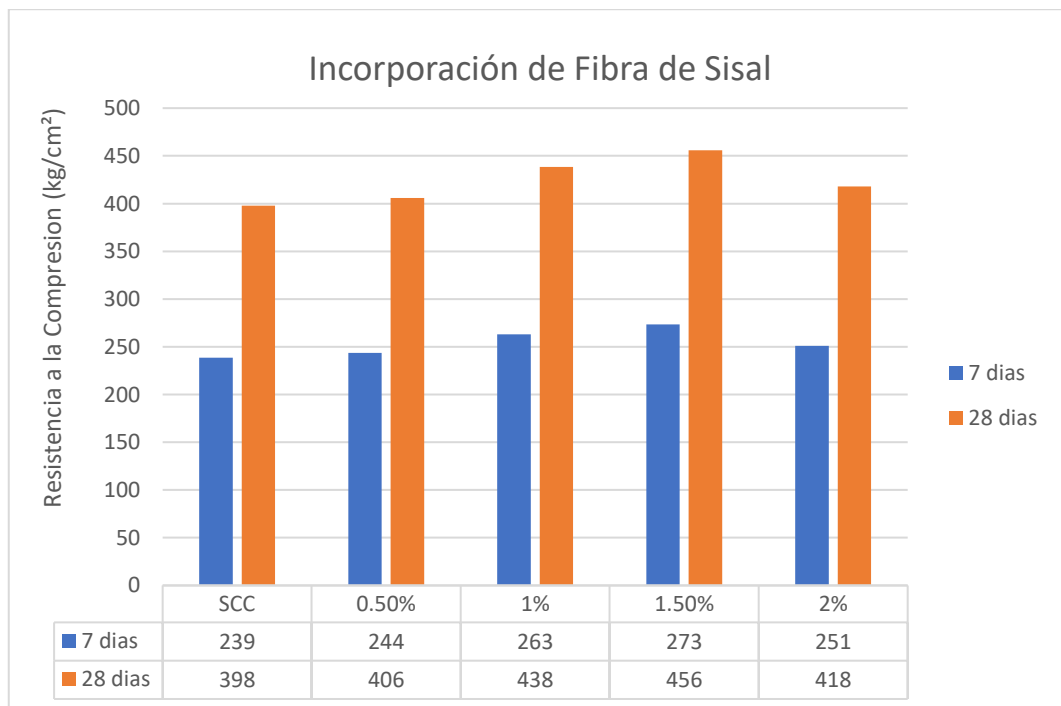
*Resultado de la prueba de resistencia a la compresión*

% de Fibra	Carga de Falla (KN)		Resistencia de Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días	7 días	28 días
SCC	568	878	239	398
0.50	538	896	244	406
1	558	968	263	438
1.50	602	1006	273	456
2	536	923	251	418

*Nota.* Sugathan (2017)

**Figura 95**

*Gráfico de Resistencia a la Compresión*



*Nota.* Sugathan (2017)

En su investigación Hilario Álvarez, D. A. y Sifuentes Zorrilla, F. U. (2021), obtuvieron los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 0.50%
- Patrón: 0.80%
- Patrón: 1.00%

b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 76.20 mm – 101.60 mm
- Tamaño Máximo de Agregado: 1”
- Relación a/c: 0.470 %
- Aire Atrapado: 5.00 %

c) Dosificación para 1m<sup>3</sup> de concreto según el diseño:

- Tipo de Cemento: Cemento Portland Sol Tipo I con 357 kg
- Agregado Grueso: 967 kg
- Agregado Fino: 845 kg
- Agua efectiva: 234.69 l

d) Se empleo la Norma: (ASTM C 39), E-060

e) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 79 y Figura 96 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Hilario y Sifuentes.

**Tabla 79**

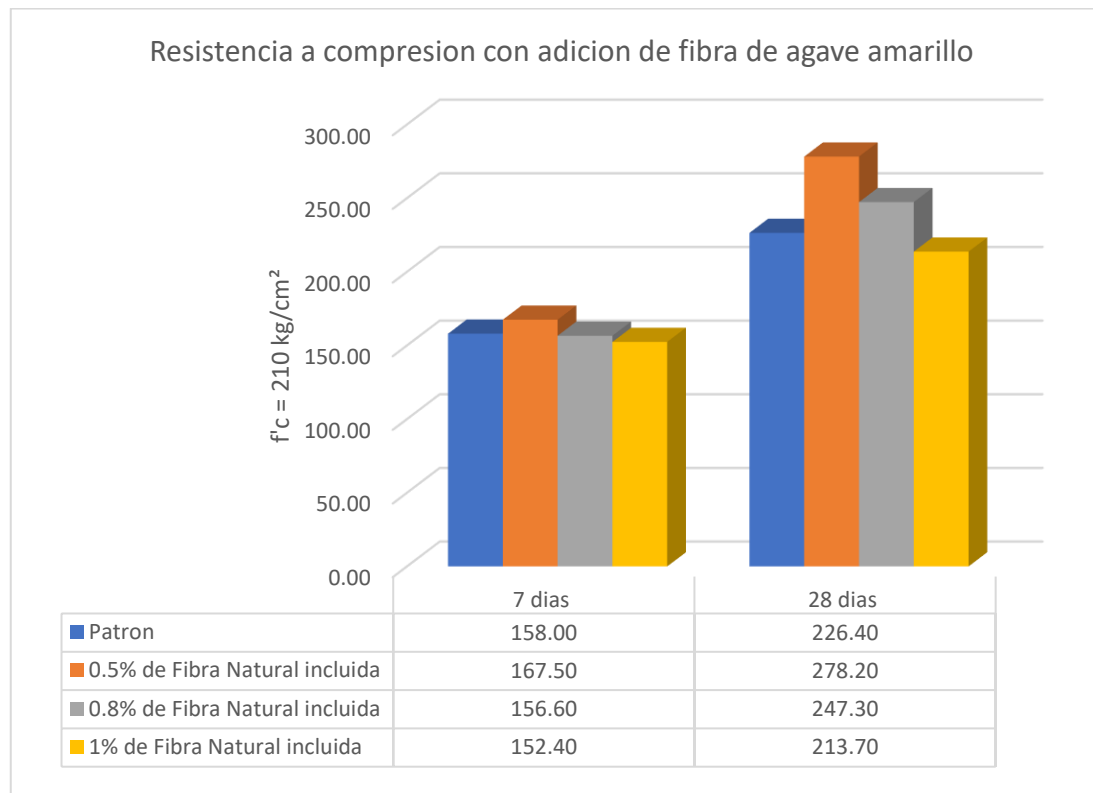
*Resumen de ensayo de la resistencia a la Compresión*

Concreto de resistencia $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7 días	28 días
Patrón	158.00	226.40
0.5% de Fibra Natural incluida	167.50	278.20
0.8% de Fibra Natural incluida	156.60	247.30
1% de Fibra Natural incluida	152.40	213.70

*Nota.* Hilario y Sifuentes (2021, p. 18)

**Figura 96**

*Resumen de Comparación de Resistencia del concreto a la compresión*



*Nota.* Hilario y Sifuentes (2021, p. 18)

En su investigación Fernández Ladera, D. A. y Huarcaya Escobedo, P. O. (2019), obtuvieron los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 1.00%
- Patrón: 1.50%
- Patrón: 2.00%

b) Se empleo la Norma: (ASTM C 39), E-060

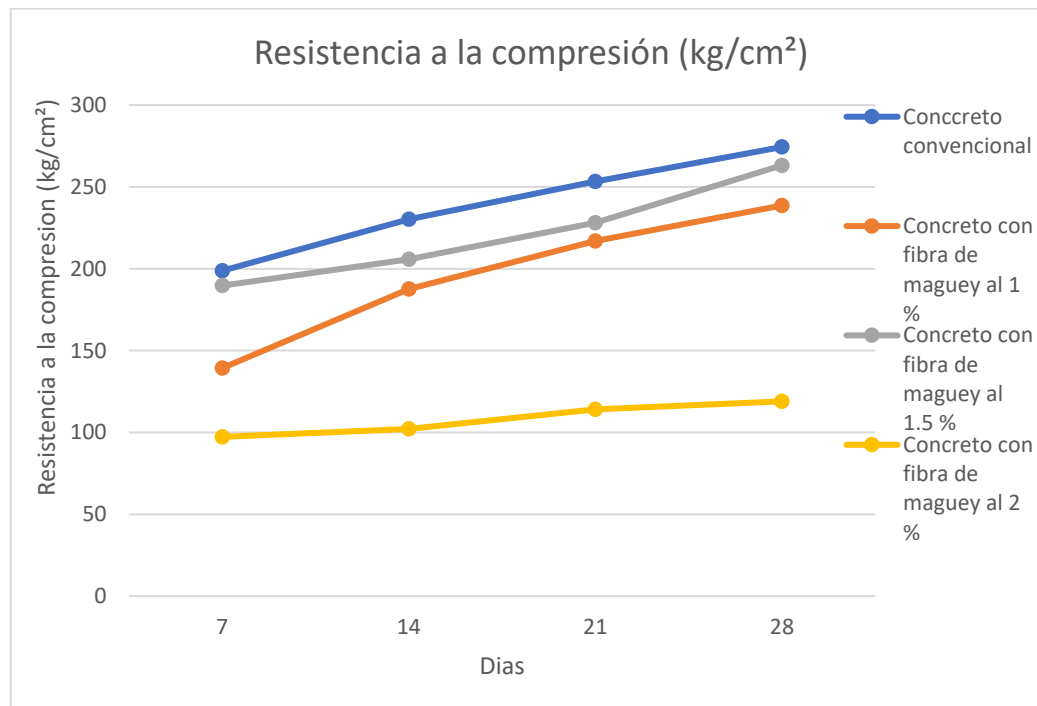
c) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 80 y Figura 97 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Fernández y Huarcaya.

**Tabla 80***Resistencia a la compresión del concreto con adición de fibra de maguey*

Muestra	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			
	7	14	21	28
Concreto convencional	198.8	230.30	253.40	274.40
Concreto con fibra de maguey al 1 %	139.3	187.60	217.00	238.70
Concreto con fibra de maguey al 1.5 %	189.7	205.80	228.20	263.20
Concreto con fibra de maguey al 2 %	97.3	102.20	114.10	119.00

*Nota.* Fernández y Huarcaya (2019, p. 75)

**Figura 97***Resistencia a la compresión del concreto con fibra de maguey*

*Nota.* Fernández y Huarcaya (2019, p. 75)

En su investigación Pajares, E. (2015), obtuvo los siguientes resultados:

- a) Porcentaje de fibras:
  - Patrón: 0.00%
  - Patrón: 0.50%
  - Patrón: 1.00%
  - Patrón: 2.00%
  
- b) Parámetros para el diseño de mezcla:
  - Slump: 76.20 mm – 101.60 mm
  - Tamaño Máximo de Agregado: 1”
  - Relación a/c: 0.520
  - Aire Atrapado: 1.50 %
  
- c) Dosificación para 1m<sup>3</sup> de concreto según el diseño:
  - Tipo de Cemento: Cemento Portland Tipo I con 369.42 kg
  - Agregado Grueso: 880.45kg
  - Agregado Fino: 921.87 kg
  - Agua efectiva: 234.69 l
  
- d) Se empleo la Norma: (ASTM C 39), E-060
  
- e) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 81 y Figura 98 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Pajares, E.

**Tabla 81**

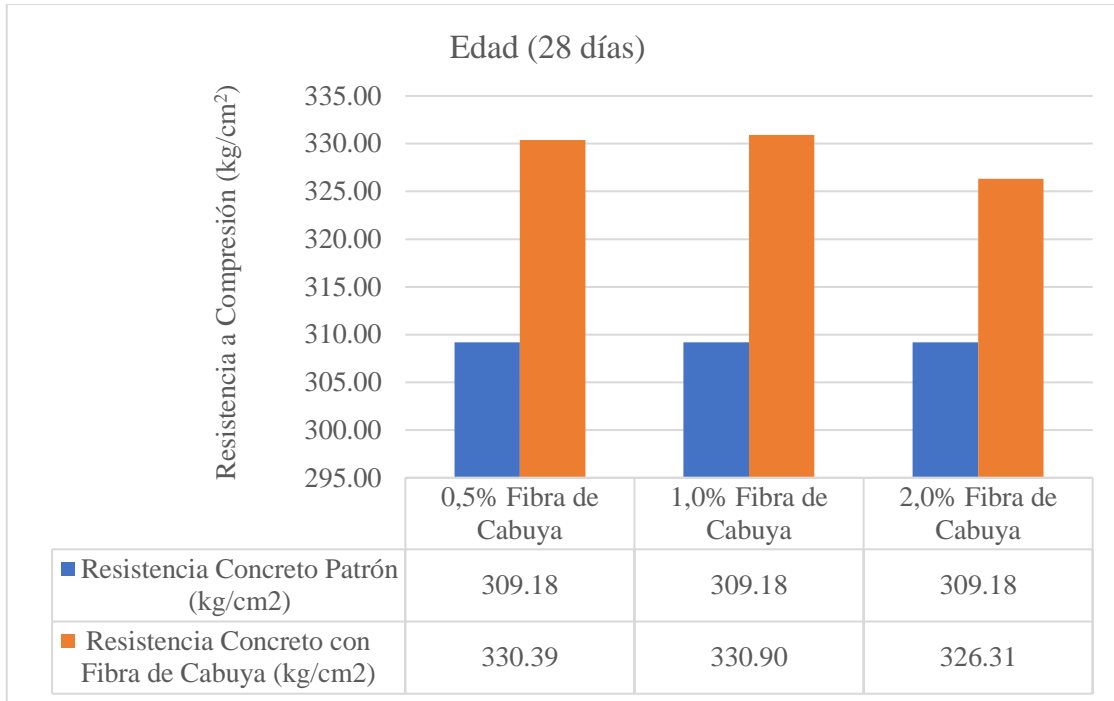
*Resistencia a la compresión según porcentaje de adición de fibra*

Nº Tanda	Adición de 0.00% de fibra	Adición de 0.50% de fibra	Adición de 1.00% de fibra	Adición de 2.00% de fibra
Resistencia a los 28 días	309.18	330.39	330.90	326.31

*Nota.* Pajares, E. (2015, p. 121)

**Figura 98**

*Promedio de ensayos a compresión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra*



*Nota.* Pajares, E. (2015, p. 121)

### 5.1.2 Resultado de los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la tracción del hormigón.

Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la tracción del hormigón.

En su investigación Hilario Álvarez, D. A. y Sifuentes Zorrilla, F. U. (2021), obtuvieron los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 0.50%
- Patrón: 0.80%
- Patrón: 1.00%



b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 76.20 mm – 101.60 mm
- Tamaño Máximo de Agregado: 1”
- Relación a/c: 0.470 %
- Aire Atrapado: 5.00 %

c) Dosificación para 1m<sup>3</sup> de concreto según el diseño:

- Tipo de Cemento: Cemento Portland Sol Tipo I con 357 kg
- Agregado Grueso: 967 kg
- Agregado Fino: 845 kg
- Agua efectiva: 234.69 l

d) Se empleo la Norma: (ASTM C 39), E-060

e) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 82 y Figura 99 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Hilario y Sifuentes.

**Tabla 82**

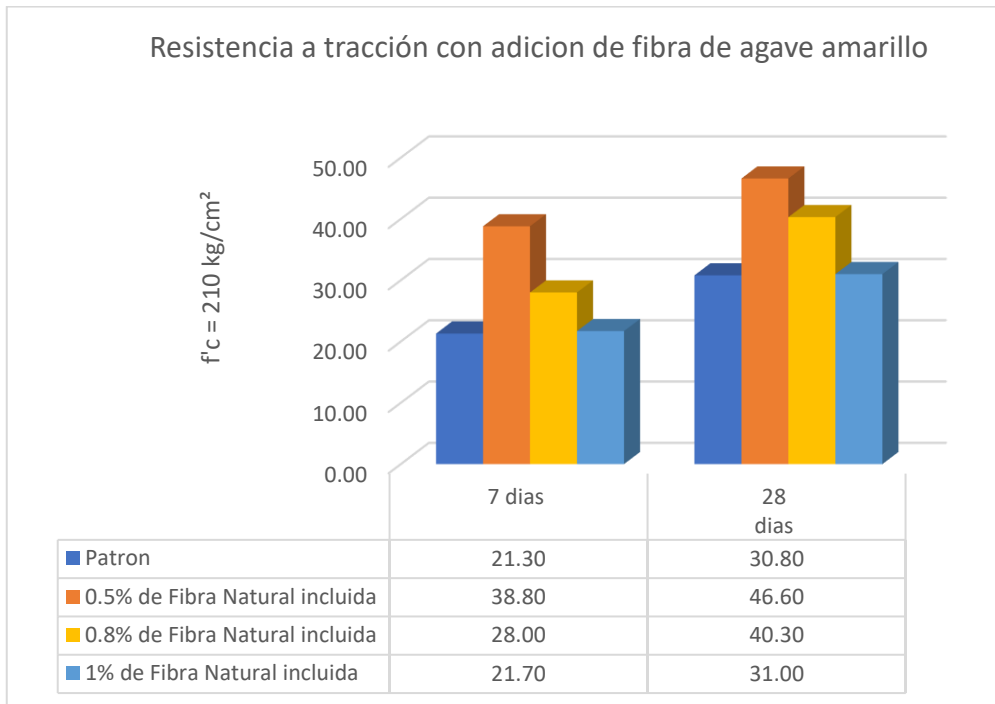
*Resumen de ensayo de la resistencia a la Tracción Indirecta*

Concreto de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7 días	28 días
Patrón	21.30	30.80
0.5% de Fibra Natural incluida	38.80	46.60
0.8% de Fibra Natural incluida	28.00	40.30
1% de Fibra Natural incluida	21.70	31.00

*Nota.* Hilario y Sifuentes (2021, p. 18)

**Figura 99**

*Resumen de Comparación de Resistencia del concreto a la Tracción Indirecta*



*Nota.* Hilario y Sifuentes (2021, p. 18)

En su investigación Zevallos Salvatierra, M. (2021), obtuvo los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 0.60%
- Patrón: 0.70%
- Patrón: 0.80%

b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 76.20 mm – 101.60 mm
- Tamaño Máximo de Agregado: 1”
- Relación a/c: 0.578 %

c) Dosificación para 1m<sup>3</sup> de concreto según el diseño:

- Tipo de Cemento: Cemento Portland Tipo I con 357 kg
- Agregado Grueso: 987.56 kg

- Agregado Fino: 757.22 kg
- Agua efectiva: 187.27 l

d) Se empleo la Norma: (ASTM C 39), E-060

e) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 83 y Figura 100 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Zevallos.

**Tabla 83**

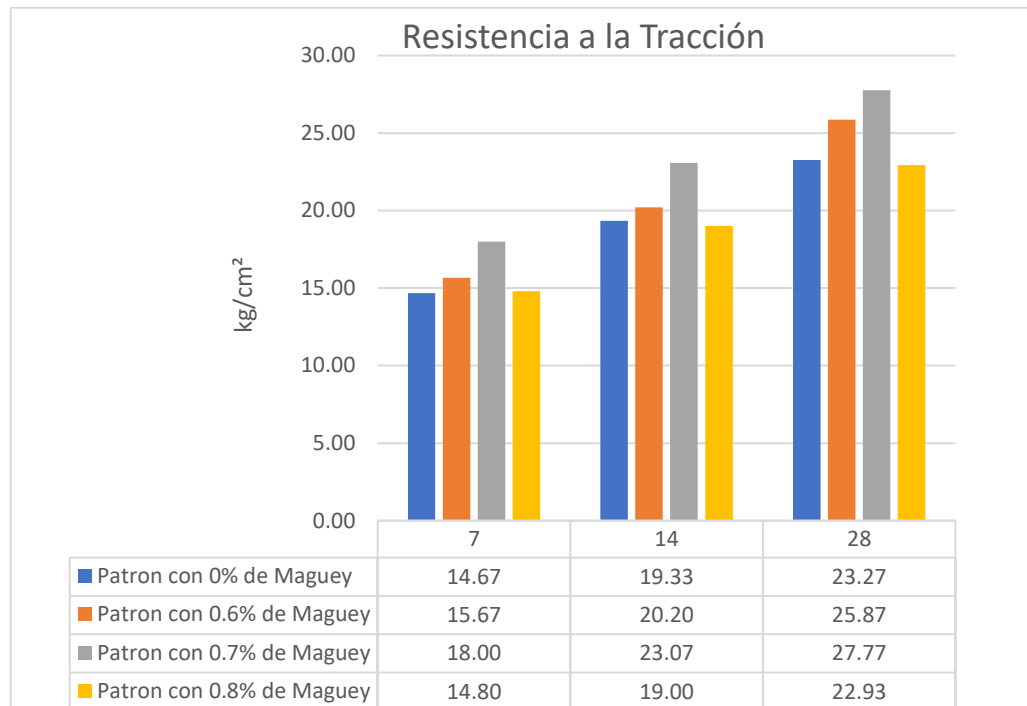
*Resistencias a la tracción del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en los días 7, 14 y 28 de evaluación*

Fecha de elaboración	Fecha de rotura	Edad (días)	Dosificación	MR (kg/cm <sup>2</sup> )	promedio
01/04/2021	08/04/2021	7	Patrón con 0% de Maguey	14.5	14.67
				14.9	
				14.6	
01/04/2021	08/04/2021	7	Patrón con 0.6% de Maguey	15.5	15.67
				15.9	
				15.6	
01/04/2021	08/04/2021	7	Patrón con 0.7% de Maguey	17.8	18.00
				18.3	
				17.9	
01/04/2021	08/04/2021	7	Patrón con 0.8% de Maguey	14.8	14.80
				15	
				14.6	
01/04/2021	15/04/2021	14	Patrón con 0% de Maguey	19.6	19.33
				19.1	
				19.3	
01/04/2021	15/04/2021	14	Patrón con 0.6% de Maguey	20	20.20
				20.4	
				20.2	
01/04/2021	15/04/2021	14	Patrón con 0.7% de Maguey	22.8	23.07
				23.4	
				23	
01/04/2021	15/04/2021	14	Patrón con 0.8% de Maguey	19.2	19.00
				18.8	
				19	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0% de Maguey	22.6	23.27
				23.7	
				23.5	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.6% de Maguey	25.6	25.87
				26.3	
				25.7	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.7% de Maguey	27.8	27.77
				27.7	
				27.8	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.8% de Maguey	23.3	22.93
				22.7	
				22.8	

*Nota.* Zevallos (2021, p. 56)

### Figura 100

Promedios de las resistencias a tracción del concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  de los días 7, 14 y 28 de evaluación



Nota. Zevallos (2021, p. 56)

En su investigación Pajares, E. (2015), obtuvo los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 0.50%
- Patrón: 1.00%
- Patrón: 2.00%

b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 76.20 mm – 101.60 mm
- Tamaño Máximo de Agregado: 1”
- Relación a/c: 0.520
- Aire Atrapado: 1.50 %

c) Dosificación para  $1\text{m}^3$  de concreto según el diseño:

- Tipo de Cemento: Cemento Portland Tipo I con 369.42 kg
- Agregado Grueso: 880.45kg
- Agregado Fino: 921.87 kg
- Agua efectiva: 234.69 l

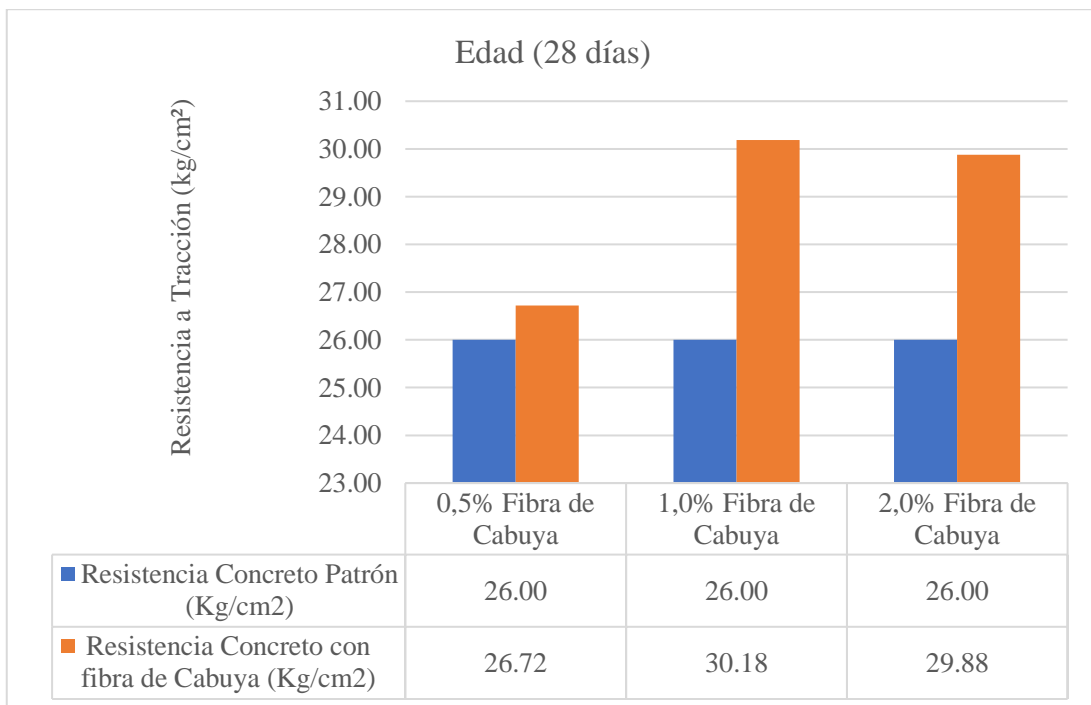
d) Se empleo la Norma: (ASTM C 39), E-060

e) Resultados de los ensayos:

En la Figura 101 se presenta la gráfica de los datos óptimos obtenidos por Pajares, E.

**Figura 101**

*Promedio de ensayos a tracción, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra*



Nota. Pajares, E. (2015)

**Teja, M. y Karthiga, S. (2018)**

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 0.50%

- Patrón: 1.00%
- Patrón: 1.50%
- Patrón: 2.00%

b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 76.20 mm – 101.60 mm

c) Se empleo la Norma: (ASTM C 39), E-060

d) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 84 y Figura 102 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Teja, M. y Karthiga, S.

**Tabla 84**

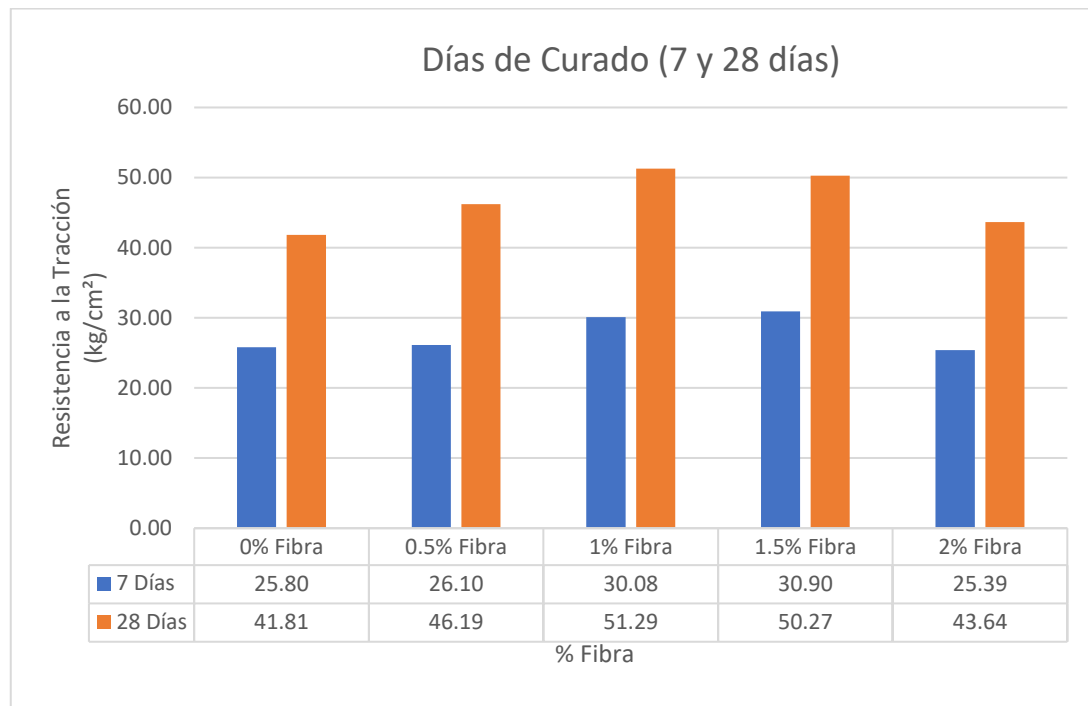
*Resultados de la resistencia a la tracción dividida de la fibra de sisal*

SI.NO.	Fibra de sisal longitud	Contenido de Fibra (%)	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	
			7 días	28 días
1	20 mm	0	25.80	41.81
2		0.5	26.10	46.19
3		1	30.08	51.29
4		1.5	30.90	50.27
5		2	25.39	43.64

*Nota.* Teja, M., Karthiga, S. (2018)

**Figura 102**

*Resistencia dividida a la tracción por adición de fibra de sisal*



Nota. Teja, M., Karthiga, S. (2018)

### **5.1.3 Resultado de los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la flexión del hormigón.**

Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la flexión del hormigón.

En su investigación Chinchayhuara Verde, C. (2020), obtuvo los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 0.50%
- Patrón: 1.00%
- Patrón: 2.00%

b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 76.20 mm – 101.60 mm



- Tamaño Máximo de Agregado: 1”
  - Relación a/c: 0.520
- c) Dosificación para 1m<sup>3</sup> de concreto según el diseño:
- Tipo de Cemento: Cemento Portland Tipo I con 375.00 kg
  - Agregado Grueso: 860.00kg
  - Agregado Fino: 787.00 kg
  - Agua efectiva: 240.00 l
- d) Se empleo la Norma: (ASTM C 39), E-060
- e) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 85 y Figura 103 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Chinchayhuara.

**Tabla 85**

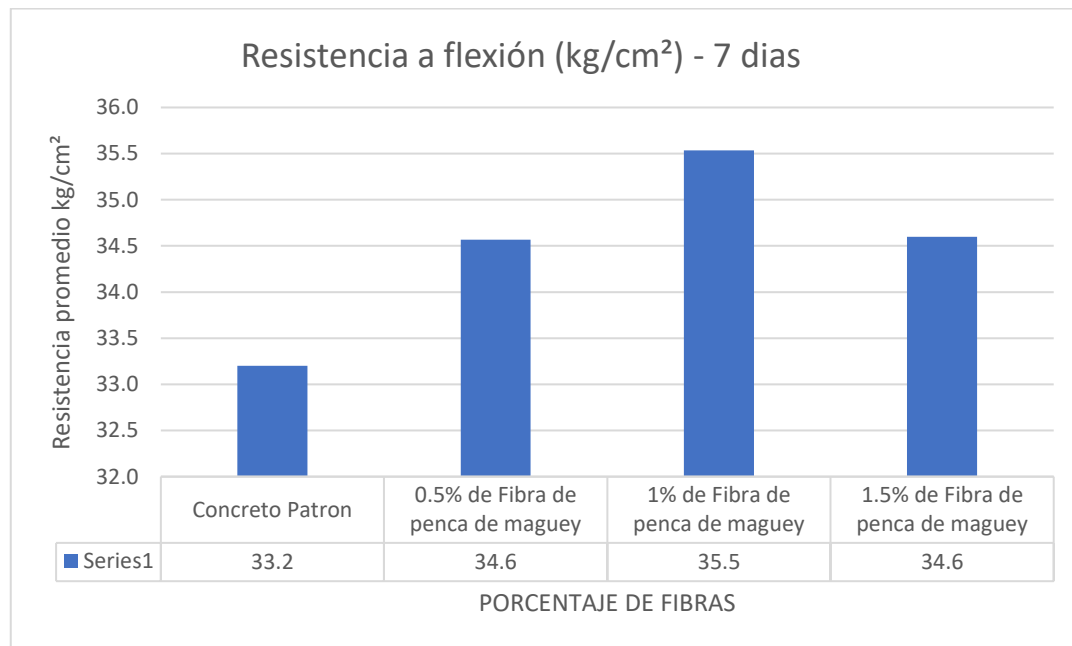
*Resistencia a flexión a los 7 días*

Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> ) - 7 días			
Muestra	% Fibra de maguey	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
		32.8	
M0	Concreto Patrón	33.5	33.2
		33.3	
		34.2	
M1	0.5% de Fibra de penca de maguey	34.9	34.6
		34.6	
		35.3	
M2	1% de Fibra de penca de maguey	35.7	35.5
		35.6	
		34.5	
M3	1.5% de Fibra de penca de maguey	34.8	34.6
		34.5	

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

**Figura 103**

*Grafica resistencia a flexión – 7 días*



*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

En la Tabla 86 y Figura 104 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Chinchayhuara

**Tabla 86**

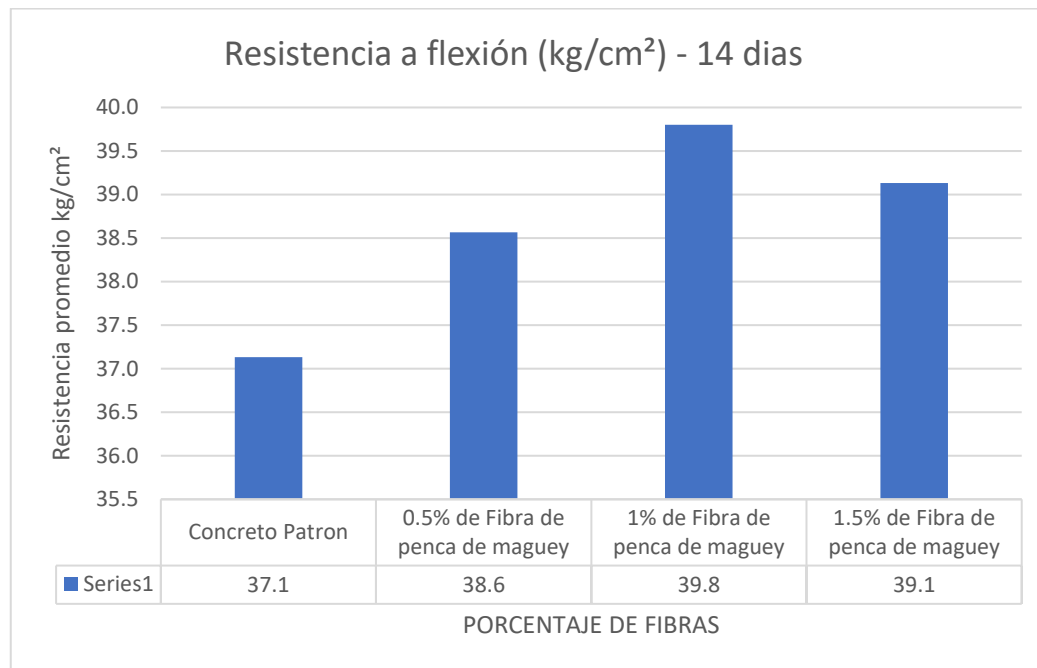
*Resistencia a flexión – 14 días*

Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> ) - 14 días			
Muestra	% Fibra de maguey	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
M0	Concreto Patrón	36.9	37.1
		37.4	
		37.1	
M1	0.5% de Fibra de penca de maguey	38.9	38.6
		38.4	
		38.4	
M2	1% de Fibra de penca de maguey	40.2	39.8
		39.6	
		39.6	
M3	1.5% de Fibra de penca de maguey	39.4	39.1
		39.2	
		38.8	

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

**Figura 104**

*Grafica resistencia a flexión – 14 días*



*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

En la Tabla 87 y Figura 105 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Chinchayhuara.

**Tabla 87**

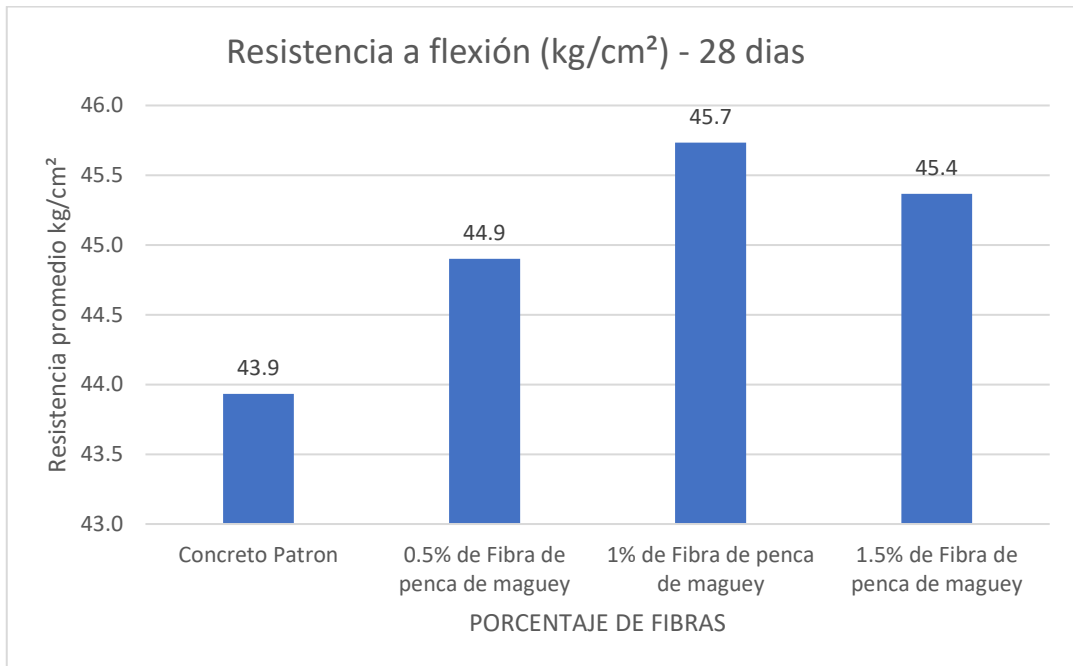
*Resistencia a flexión – 28 días*

Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> ) - 28 días			
Muestra	% Fibra de maguey	Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio kg/cm <sup>2</sup>
M0	Concreto Patrón	43.7	43.9
		44.2	
		43.9	
M1	0.5% de Fibra de penca de maguey	44.7	44.9
		45.0	
		45.0	
M2	1% de Fibra de penca de maguey	45.7	45.7
		45.8	
		45.7	
M3	1.5% de Fibra de penca de maguey	45.5	45.4
		45.3	
		45.3	

*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

**Figura 105**

Grafica resistencia a flexión – 28 días



*Nota.* Chinchayhuara (2020, p. 63)

En su investigación Zevallos Salvatierra, M. (2021), obtuvo los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 0.60%
- Patrón: 0.70%
- Patrón: 0.80%

b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 76.20 mm – 101.60 mm
- Tamaño Máximo de Agregado: 1”
- Relación a/c: 0.578 %

c) Dosificación para 1m<sup>3</sup> de concreto según el diseño:

- Tipo de Cemento: Cemento Portland Tipo I con 357 kg
- Agregado Grueso: 987.56 kg

- Agregado Fino: 757.22 kg
  - Agua efectiva: 187.27 l
- d) Se empleo la Norma: (ASTM C 39), E-060

e) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 88 y Figura 106 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Zevallos.

**Tabla 88**

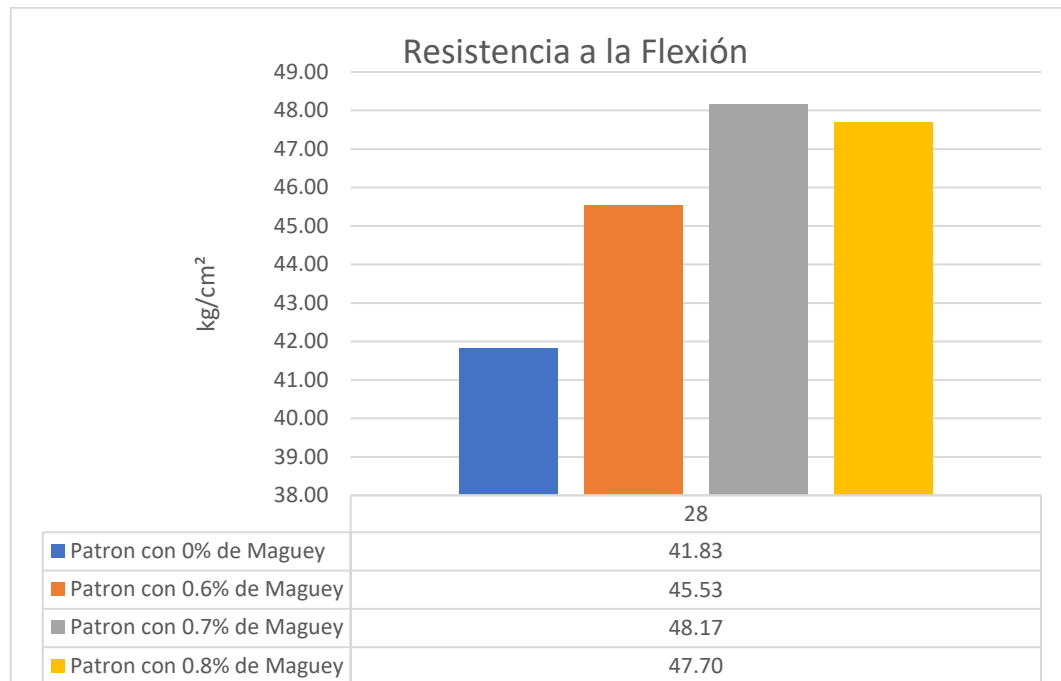
*Resistencias a flexión del concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en el día 28 de evaluación*

Fecha de elaboración	Fecha de rotura	edad (días)	Dosificación	MR (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0% de Maguey	41.4	41.83
				42.5	
				41.6	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.6% de Maguey	45.4	45.53
				45.5	
				45.7	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.7% de Maguey	47.4	48.17
				48.6	
				48.5	
01/04/2021	29/04/2021	28	Patrón con 0.8% de Maguey	48.2	47.70
				47.3	
				47.6	

*Nota.* Zevallos (2021, p. 56)

### Figura 106

Promedios de las resistencias a la flexión del concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  del día 28 de evaluación



Nota. Zevallos (2021, p. 56)

En su investigación Pajares, E. (2015), obtuvo los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 0.50%
- Patrón: 1.00%
- Patrón: 2.00%

b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 76.20 mm – 101.60 mm
- Tamaño Máximo de Agregado: 1”
- Relación a/c: 0.520
- Aire Atrapado: 1.50 %

c) Dosificación para  $1\text{m}^3$  de concreto según el diseño:

- Tipo de Cemento: Cemento Portland Tipo I con 369.42 kg
- Agregado Grueso: 880.45kg

- Agregado Fino: 921.87 kg
- Agua efectiva: 234.69 l

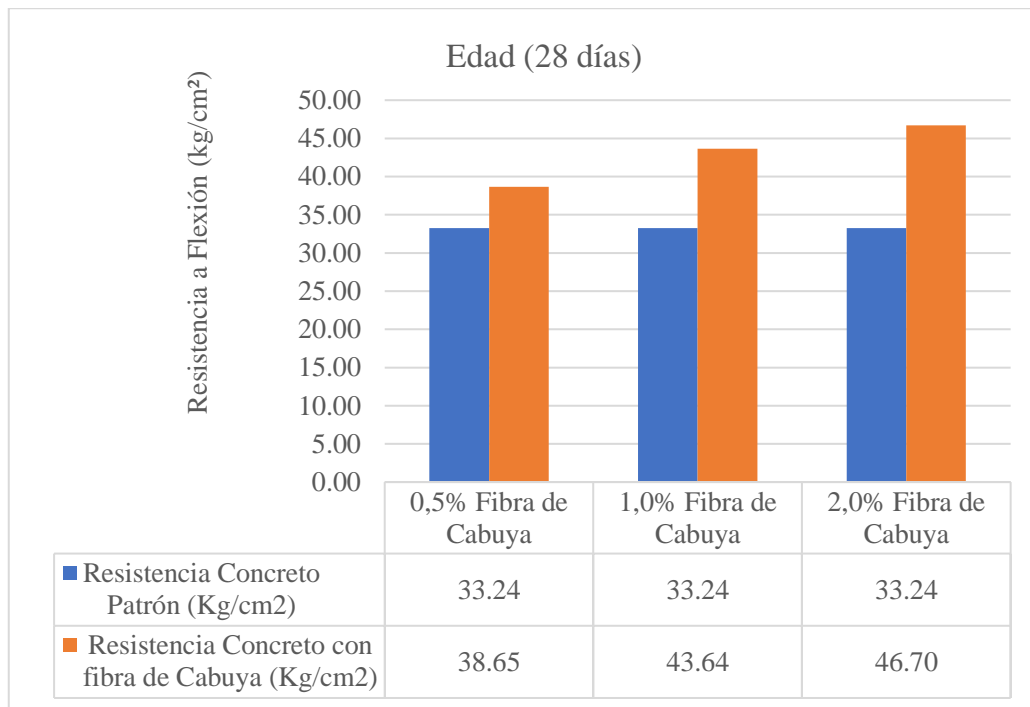
d) Se empleo la Norma: N.T.P 339.035 (ASTM C 143)

e) Resultados de los ensayos:

En la Figura 107 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Pajares, E.

**Figura 107**

*Promedio de ensayos a flexión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra*



*Nota.* Pajares, E. (2015)

En su investigación Teja, M. y Karthiga, S. (2018), obtuvieron los siguientes resultados:

- a) Porcentaje de fibras:
- Patrón: 0.00%
  - Patrón: 0.50%
  - Patrón: 1.00%

- Patrón: 1.50%
- Patrón: 2.00%

b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 76.20 mm – 101.60 mm

c) Se empleo la Norma: (ASTM C 39), E-060

d) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 89 y Figura 108 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Teja, M. y Karthiga, S

**Tabla 89**

*Resistencia a la flexión de la fibra de sisal*

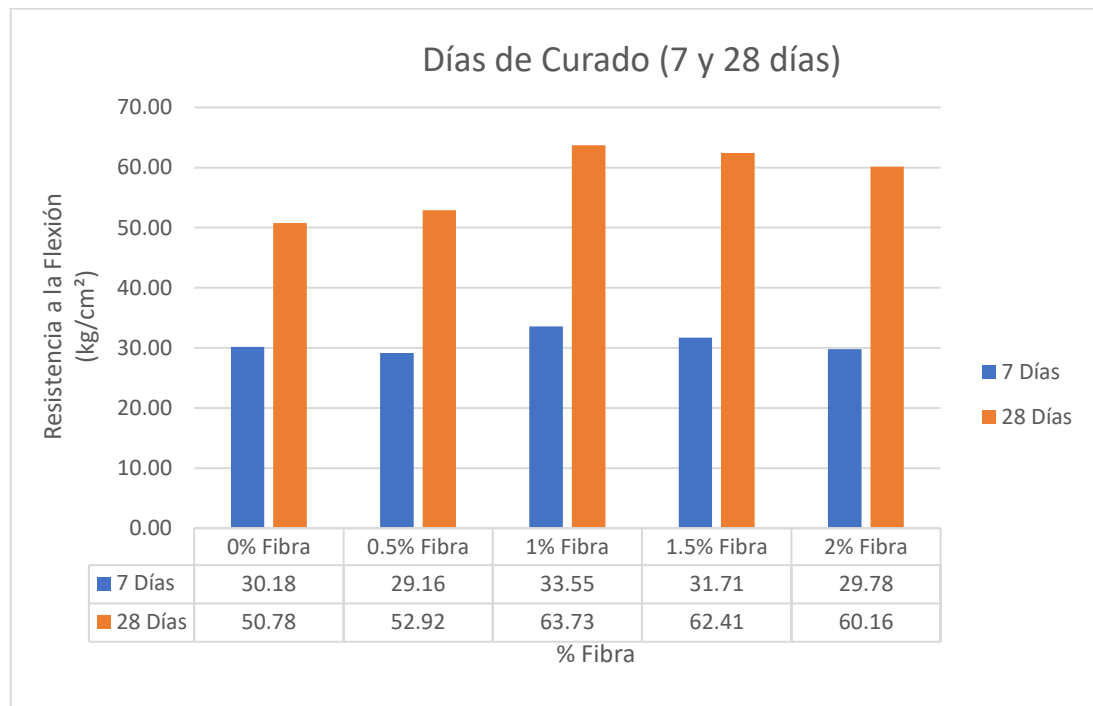
SI.NO.	Fibra de sisal longitud	Contenido de Fibra (%)	Resistencia a la Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			7 días	28 días
1		0	30.18	50.78
2		0.5	29.16	52.92
3	20 mm	1	33.55	63.73
4		1.5	31.71	62.41
5		2	29.78	60.16

*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)



**Figura 108**

*Resistencia a la flexión de la fibra de Sisal*



*Nota.* Teja, M. y Karthiga, S. (2018)

#### **5.1.4 Resultado de los porcentajes de fibras de agave para mejorar el asentamiento de la mezcla del hormigón.**

Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar el asentamiento de la mezcla del hormigón.

En su investigación Armas Solano, R., y Rimaicuna Cano, T. (2021), obtuvieron los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 1.00%
- Patrón: 3.00%
- Patrón: 5.00%

b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 76.20 mm – 101.60 mm
- Tamaño Máximo de Agregado: 1”

- Relación a/c: 0.628
- Aire Atrapado: 1.50 %

c) Dosificación para 1m<sup>3</sup> de concreto según el diseño:

- Tipo de Cemento: Cemento Portland Pacasmayo Tipo I con 307.32 kg
- Agregado Grueso: 1173.54 kg
- Agregado Fino: 637.39 kg
- Agua efectiva: 202.76 l

d) Se empleo la Norma: N.T.P 339.035 (ASTM C 143)

e) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 90 y Figura 109 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Armas y Rimaicuna

**Tabla 90**

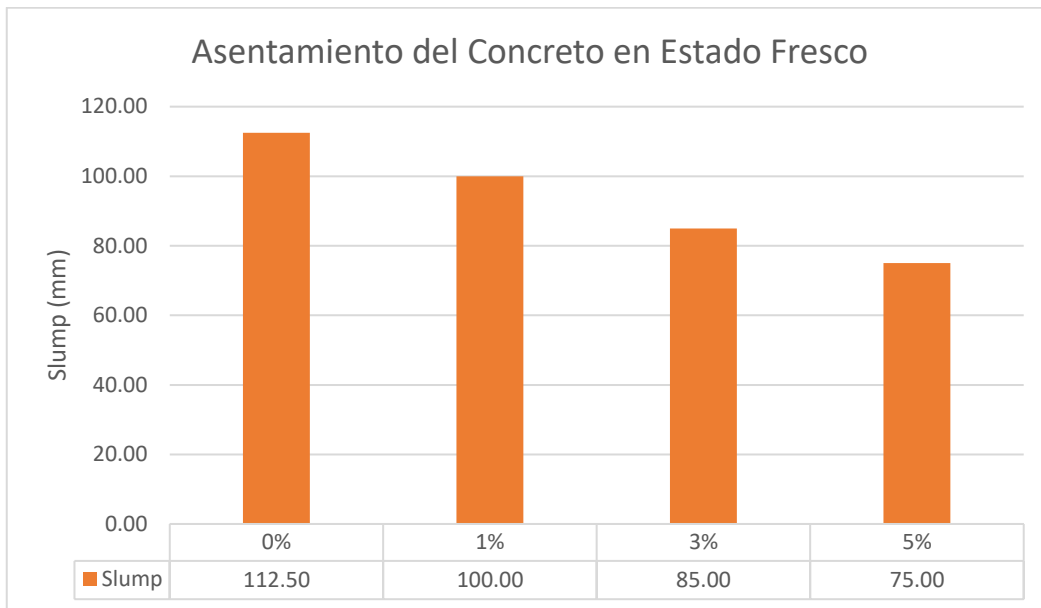
*Asentamiento del concreto 175 kg/cm<sup>2</sup> y con incorporación de fibra de agave lechuguilla al 1%, 3% y 5%*

Asentamiento del Concreto f'c = 175 kg/cm <sup>2</sup> sin y con fibra de agave lechuguilla			
Muestra	% Fibra	Slump (cm)	Slump (mm)
M0	0%	11.25	112.50
M1	1%	10.00	100.00
M2	3%	8.75	87.50
M3	5%	7.50	75.00

*Nota.* Armas y Rimaicuna (2021, p. 23)

### Figura 109

*Representación gráfica del asentamiento del concreto convencional y con incorporación de fibra de agave lechuguilla*



*Nota.* Armas y Rimaicuna (2021, p. 23)

En su investigación Baldeon Rivera, K. B. (2022), obtuvo los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 0.25%
- Patrón: 0.50%
- Patrón: 0.75%

b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 127.00 mm – 152.40 mm
- Tamaño Máximo de Agregado: 1/2”
- Relación a/c: 0.558
- Aire Atrapado: 2.50 %

c) Dosificación para 1m<sup>3</sup> de concreto según el diseño:

- Tipo de Cemento: Cemento Portland Sol Tipo I con 408.60 kg
- Agregado Grueso: 843.68 kg

- Agregado Fino: 851.51 kg
- Agua efectiva: 234.69 l

d) Se empleo la Norma: N.T.P 339.035 (ASTM C 143)

e) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 91 y Figura 110 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Baldeón.

**Tabla 91**

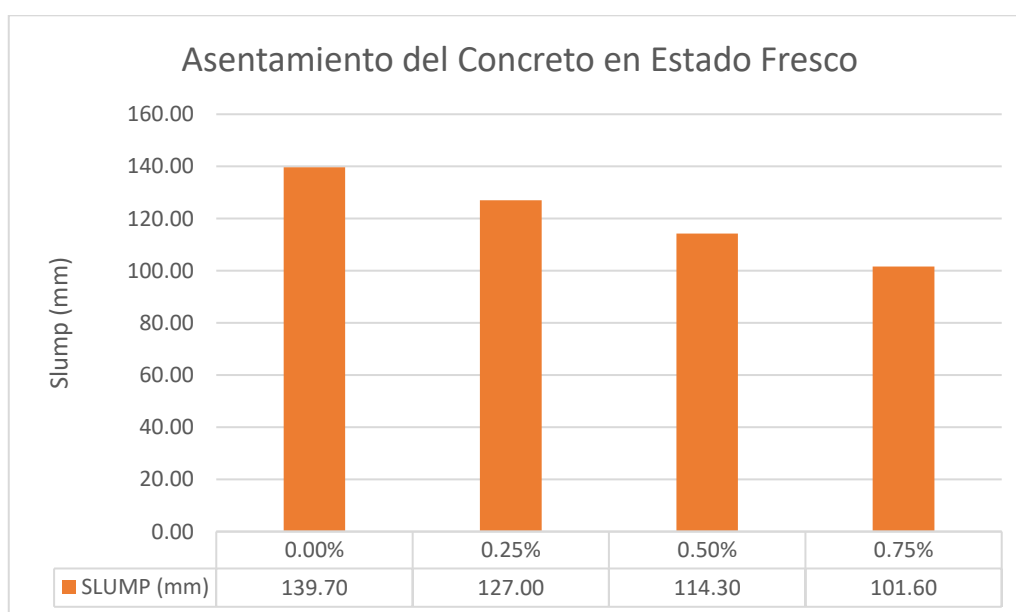
*Slump obtenidos de las mezclas de concreto en laboratorio*

Identificación	% fibra de maguey	slump (mm)
Diseño patrón (d0)	0.00%	139.70
Diseño 0.25% de maguey (d1)	0.25%	127.00
Diseño 0.50% de maguey (d2)	0.50%	114.30
Diseño 0.75% de maguey (d3)	0.75%	101.60

*Nota.* Baldeón (2022, p. 54)

**Figura 110**

*Resumen de Comparación de Asentamiento del Concreto con los % de adición de fibra de maguey*



*Nota.* Baldeón (2022, p. 54)

En su investigación Hilario Álvarez, D. A. y Sifuentes Zorrilla, F. U. (2021), obtuvieron los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 0.50%
- Patrón: 0.80%
- Patrón: 1.00%

b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 76.20 mm – 101.60 mm
- Tamaño Máximo de Agregado: 1”
- Relación a/c: 0.470 %
- Aire Atrapado: 5.00 %

c) Dosificación para 1m<sup>3</sup> de concreto según el diseño:

- Tipo de Cemento: Cemento Portland Sol Tipo I con 357 kg
- Agregado Grueso: 967 kg
- Agregado Fino: 845 kg
- Agua efectiva: 234.69 l

d) Se empleo la Norma: N.T.P 339.035 (ASTM C 143)

e) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 92 y Figura 111 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Hilario y Sifuentes.

**Tabla 92**

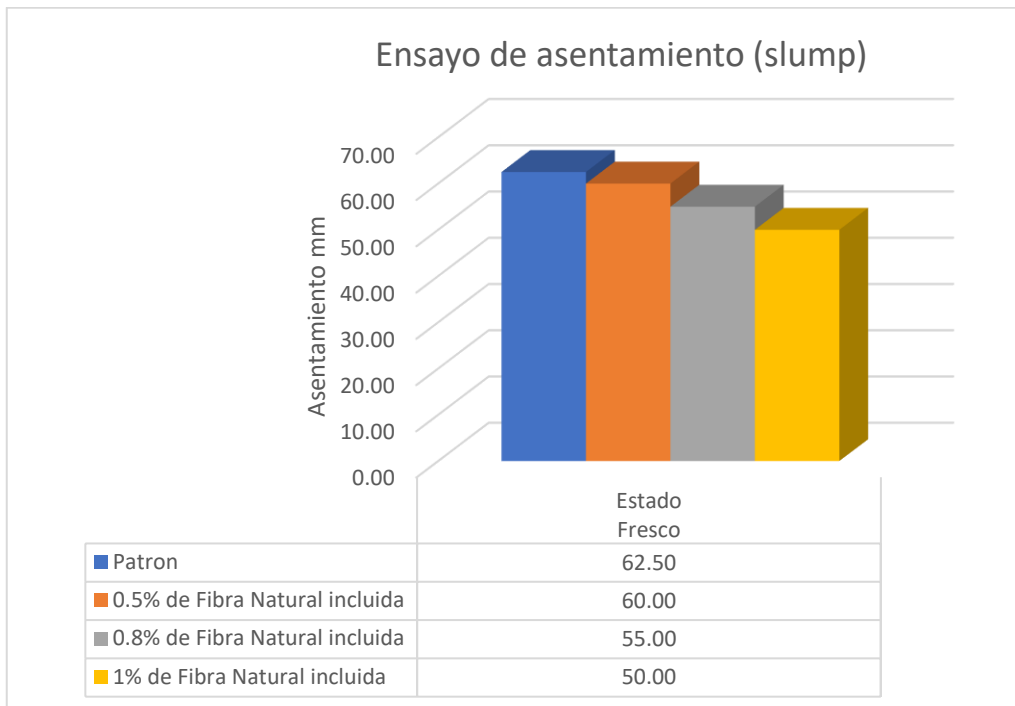
*Resumen de ensayo del asentamiento*

Concreto de resistencia $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Estado Fresco
Patrón	62.50
0.5% de Fibra Natural incluida	60.00
0.8% de Fibra Natural incluida	55.00
1% de Fibra Natural incluida	50.00

*Nota.* Hilario y Sifuentes (2021, p. 18)

### Figura 111

*Resumen de Comparación de Asentamiento del Concreto con los % (0.5%, 0.8% y 1.0%) de adición de fibra de agave amarillo*



*Nota.* Hilario y Sifuentes (2021, p. 18)

En su investigación Pajares, E. (2015), obtuvo los siguientes resultados:

a) Porcentaje de fibras:

- Patrón: 0.00%
- Patrón: 0.50%
- Patrón: 1.00%
- Patrón: 2.00%

b) Parámetros para el diseño de mezcla:

- Slump: 76.20 mm – 101.60 mm
- Tamaño Máximo de Agregado: 1”
- Relación a/c: 0.520
- Aire Atrapado: 1.50 %

c) Dosificación para 1m<sup>3</sup> de concreto según el diseño:

- Tipo de Cemento: Cemento Portland Tipo I con 369.42 kg

- Agregado Grueso: 880.45kg
- Agregado Fino: 921.87 kg
- Agua efectiva: 234.69 l

d) Se empleo la Norma: N.T.P 339.035 (ASTM C 143)

e) Resultados de los ensayos:

En la Tabla 93 y Figura 112 se presenta la tabulación y gráfica de los datos óptimos obtenidos por Pajares, E.

**Tabla 93**

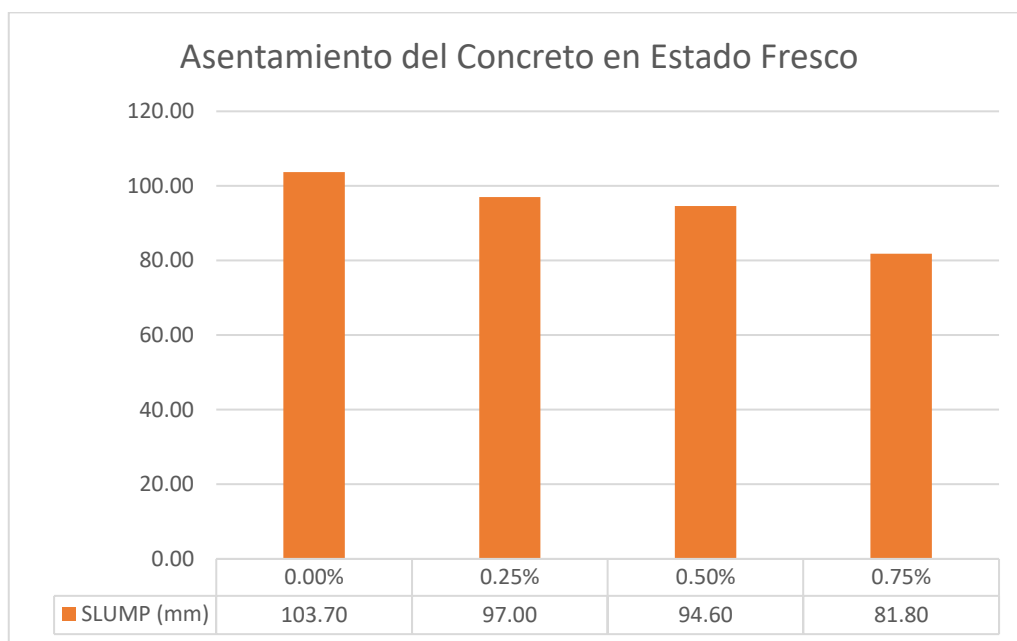
*Asentamiento del concreto según el porcentaje de adición de fibra*

N° Tanda	Adición de 0.00% de fibra	Adición de 0.50% de fibra	Adición de 1.00% de fibra	Adición de 2.00% de fibra
Promedio (6 tandas) mm	103.70	97.00	94.60	81.80

*Nota.* Pajares, E. (2015)

**Figura 112**

*Asentamiento del concreto según el porcentaje de adición de fibra*



*Nota.* Pajares, E. (2015)

## 5.2 Contrastación de Hipótesis

### 5.2.1 Contrastación de la Primera Hipótesis

Hipótesis 1: Al analizar los porcentajes de fibras de agave se mejora la resistencia a la compresión del hormigón.

Hipótesis auxiliar:

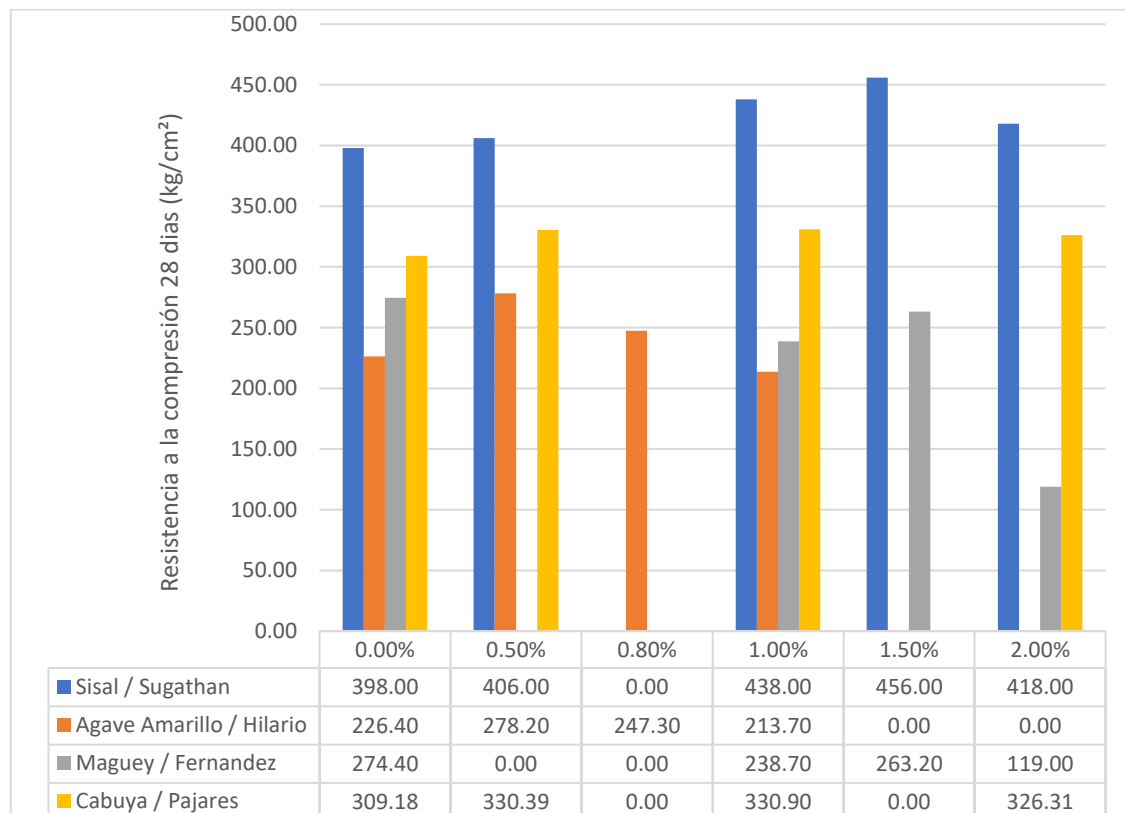
H0: Al analizar los porcentajes de fibras de agave no mejora la resistencia a la compresión del hormigón.

H1: Al analizar los porcentajes de fibras de agave si mejora la resistencia a la compresión del hormigón.

En la Figura 113 se presenta la gráfica de los datos óptimos obtenidos por los diferentes autores.

**Figura 113**

*Resumen de Comparación de Resistencia a la Compresión, entre Muestras Patrón y Adición de Fibras de Agave (kg/cm<sup>2</sup>)*



*Nota.* Elaboración propia



Observación:

En la Figura 113, el autor Sugathan que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave Sisal en los porcentajes de 0.00%, 0.50%, 1.00% y 2.00% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla que emplea un 1.50% con una resistencia a la compresión de 456 kg/cm<sup>2</sup>.

El autor Hilario que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave Amarillo en los porcentajes de 0.00%, 0.50%, 0.80% y 1.00% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla que emplea un 0.50% con una resistencia a la compresión de 278 kg/cm<sup>2</sup>.

El autor Fernández que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave Maguey en los porcentajes de 0.00%, 1.00%, 1.50% y 2.00% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla que emplea un 0.00% con una resistencia a la compresión de 274 kg/cm<sup>2</sup>.

El autor Pajares que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave Cabuya en los porcentajes de 0.00%, 0.50%, 1.00% y 2.00% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla que emplea un 1.00% con una resistencia a la compresión de 330 kg/cm<sup>2</sup>.

Se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), puesto que, al analizar la Figura 113, se puede apreciar que al adicionar las fibras de Agave se incrementan los resultados de las Resistencias a la Compresión en comparación al diseño patrón.

### ***5.2.2 Contrastación de la Segunda Hipótesis***

Hipótesis 2: Al analizar los porcentajes de fibras de agave se mejora la resistencia a la tracción del hormigón.

Hipótesis auxiliar:

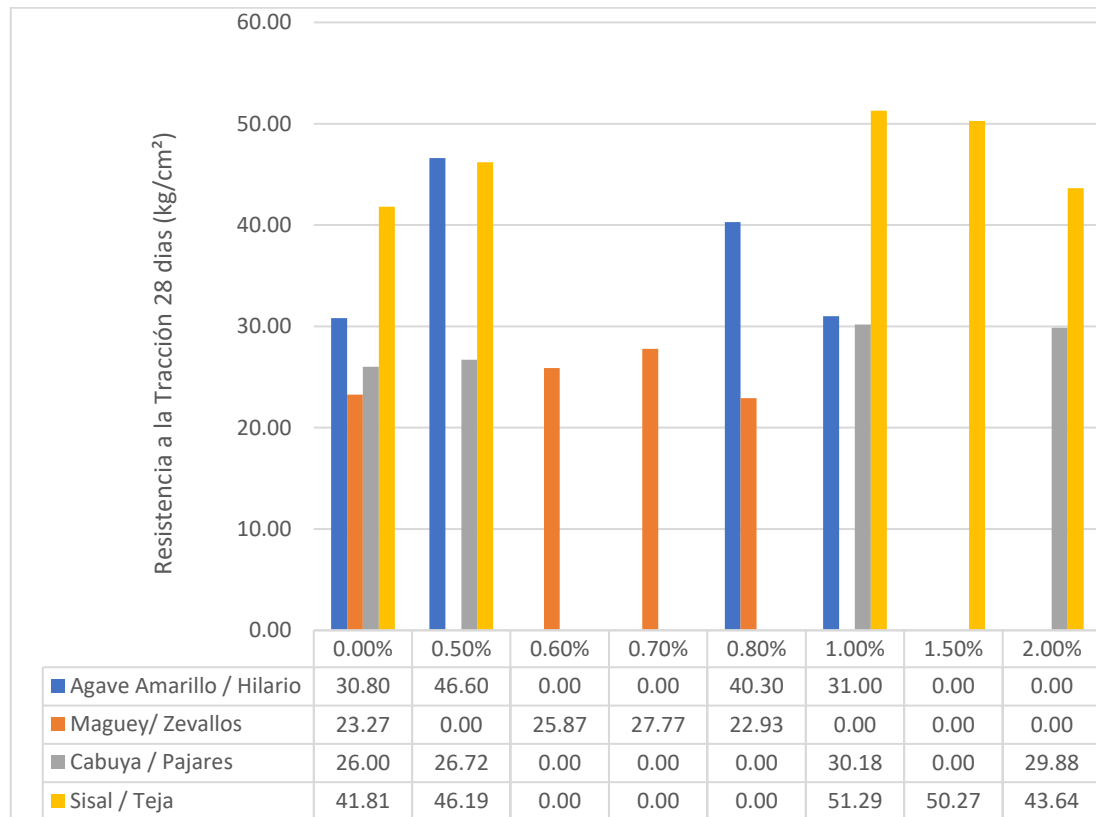
H0: Al analizar los porcentajes de fibras de agave no mejora la resistencia a la tracción del hormigón.

H1: Al analizar los porcentajes de fibras de agave si mejora la resistencia a la tracción del hormigón.

En la Figura 114 se presenta la gráfica de los datos óptimos obtenidos por los diferentes autores.

**Figura 114**

*Resumen de Comparación de Resistencia a la Tracción, entre Muestras Patrón y Adición de Fibras de Agave (kg/cm<sup>2</sup>)*



*Nota.* Elaboración propia

**Observación:**

En la Figura 114, el autor Hilario que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave Sisal en los porcentajes de 0.00%, 0.50%, 0.80% y 1.00% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla que emplea un 0.50% con una resistencia a la tracción de 46 kg/cm<sup>2</sup>.

El autor Zevallos que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave Maguey en los porcentajes de 0.00%, 0.60%, 0.70% y 0.80% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla que emplea un 0.70% con una resistencia a la tracción de 27 kg/cm<sup>2</sup>.

El autor Pajares que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave Cabuya en los porcentajes de 0.00%, 0.50%, 1.00% y 2.00% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla que emplea un 1.00% con una resistencia a la tracción de 30 kg/cm<sup>2</sup>.

El autor Teja que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave Sisal en los porcentajes de 0.00%, 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla que emplea un 1.00% con una resistencia a la tracción de 51 kg/cm<sup>2</sup>.

Se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), puesto que, al analizar la Figura 114, se puede apreciar que al adicionar las fibras de Agave se incrementan los resultados de las Resistencias a la Tracción en comparación al diseño patrón.

### ***5.2.3 Contrastación de la Tercera Hipótesis***

Hipótesis 3: Al analizar los porcentajes de fibras de agave se mejora la resistencia a la flexión del hormigón.

Hipótesis auxiliar:

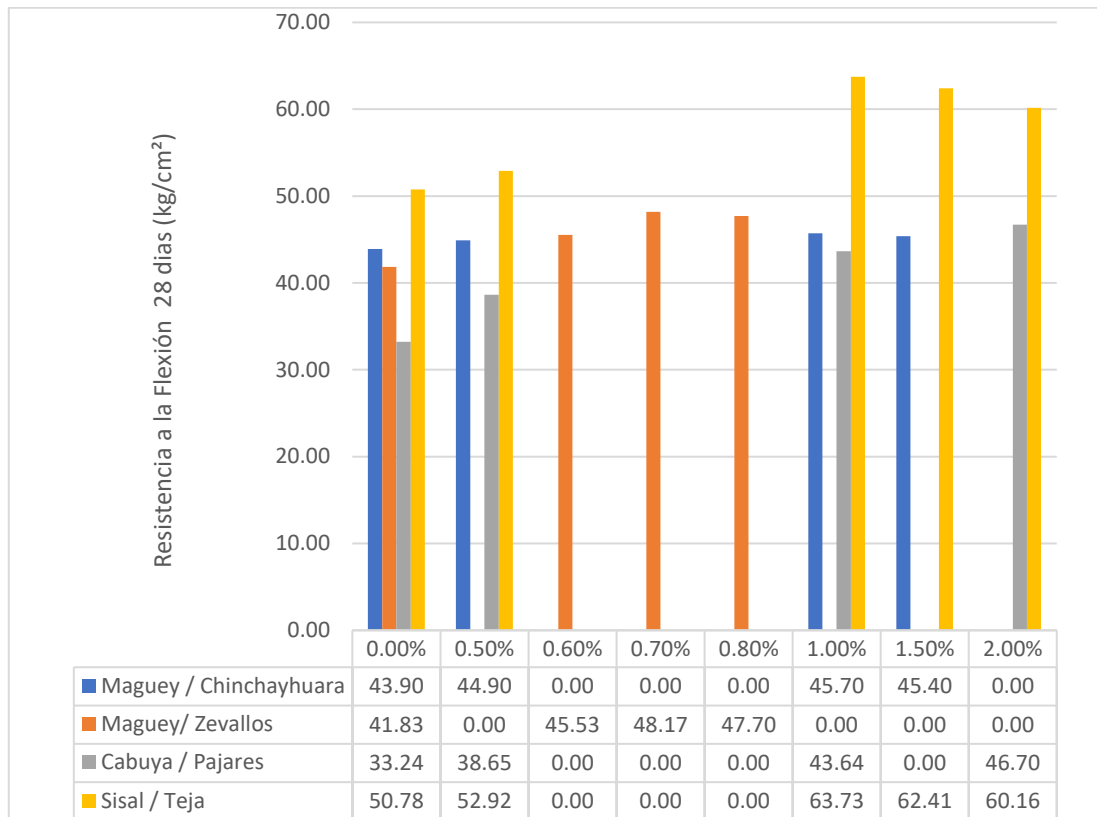
H0: Al analizar los porcentajes de fibras de agave no mejora la resistencia a la flexión del hormigón.

H1: Al analizar los porcentajes de fibras de agave si mejora la resistencia a la flexión del hormigón.

En la Figura 115 se presenta la gráfica de los datos óptimos obtenidos por los diferentes autores

**Figura 115**

*Resumen de Comparación de Resistencia a la Flexión, entre Muestras Patrón y Adición de Fibras de Agave (kg/cm<sup>2</sup>)*



*Nota.* Elaboración propia

**Observación:**

En la Figura 115, el autor Chinchayhuara que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave Maguey en los porcentajes de 0.00%, 0.50%, 1.00% y 1.50% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla que emplea un 1.00% con una resistencia a la tracción de 45 kg/cm<sup>2</sup>.

El autor Zevallos que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave Maguey en los porcentajes de 0.00%, 0.60%, 0.70% y 0.80% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla que emplea un 0.70% con una resistencia a la tracción de 48 kg/cm<sup>2</sup>.

El autor Pajares que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave Cabuya en los porcentajes de 0.00%, 0.50%, 1.00% y 2.00% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla que emplea un 2.00% con una resistencia a la tracción de 46 kg/cm<sup>2</sup>.

El autor Teja que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave Cabuya en los porcentajes de 0.00%, 0.50%, 1.00% y 2.00% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla que emplea un 1.00% con una resistencia a la tracción de 63 kg/cm<sup>2</sup>.

Se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), puesto que, al analizar la Figura 115, se puede apreciar que al adicionar las fibras de Agave se incrementan los resultados de las Resistencias a la Flexión en comparación al diseño patrón.

#### ***5.2.4 Contrastación de la Cuarta Hipótesis***

Hipótesis 4: Al analizar los porcentajes de fibras de agave se mejora el asentamiento de la mezcla del hormigón.

Hipótesis auxiliar:

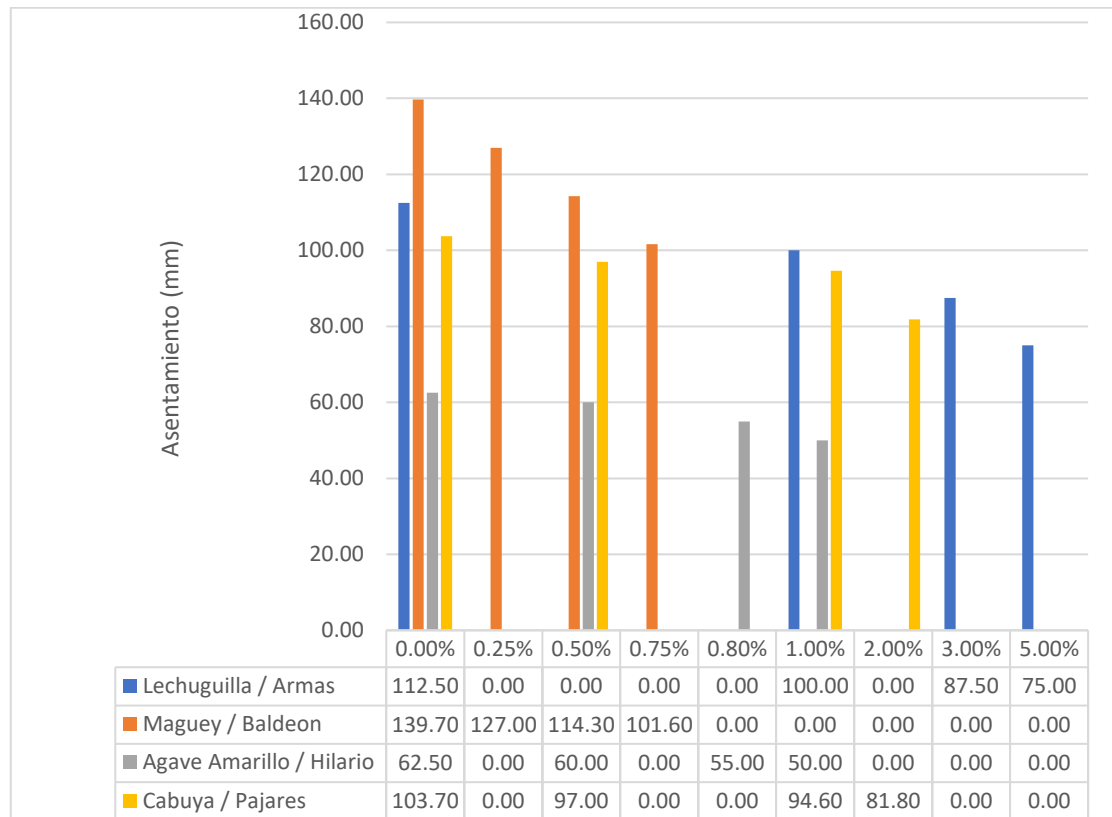
H0: Al analizar los porcentajes de fibras de agave no mejora el asentamiento de la mezcla del hormigón.

H1: Al analizar los porcentajes de fibras de agave si mejora el asentamiento de la mezcla del hormigón.

En la Figura 116 se presenta la gráfica de los datos óptimos obtenidos por los diferentes autores.

**Figura 116**

*Resumen de Comparación de Asentamiento, entre Muestras Patrón y Adición de Fibras de Agave (mm)*



*Nota.* Elaboración propia

Observación:

En la Figura 116, el autor Armas que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave en los porcentajes de 1.00%, 3.00% y 5.00% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla patrón con un asentamiento igual a 112.50 mm con una consistencia plástica.

El autor Baldeón que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Agave en los porcentajes de 0.25%, 0.50% y 0.75% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla patrón con un asentamiento igual a 139.70 mm con una consistencia fluida.

El autor Hilario que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Amarrillo en los porcentajes de 0.50%, 0.80% y 1.00% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla patrón con un asentamiento igual a 62.50 mm con una consistencia plástica.

El autor Pajares que realizó la investigación de las mezclas con adición de fibras de Cabuya en los porcentajes de 0.50%, 1.00% y 2.00% expresa que el porcentaje más óptimo se encuentra en la mezcla patrón con un asentamiento igual a 103.70 mm con una consistencia plástica.

Se rechaza la hipótesis alterna (H1) y se acepta la hipótesis nula (H0), puesto que, al analizar la Figura 117, se puede apreciar que al adicionar las fibras de Agave reducen la trabajabilidad del hormigón generando que los resultados del ensayo de Asentamiento estén por debajo del diseño patrón.

## DISCUSIÓN

1. De acuerdo a las tesis y artículos investigados de los autores: Sugathan, A. (2017), Hilario Alvarez, D. A., y Sifuentes Zorrilla, F. U. (2021), Fernández Ladera, D. A. y Huarcaya Escobedo, P. O. (2019) y Pajares, E. (2015), se pudo contrastar la hipótesis 1, en la cuales se determinó que al adicionar las fibras de Agave (Sisal, Amarillo, Maguey y Cabuya) en el diseño de mezcla mejora en las propiedades mecánicas del hormigón como en la resistencia a la compresión, en la cual se obtuvieron los óptimos porcentajes en el rango del 1.00% al 1.50% de fibra de Agave Sisal, reportando mejoras de la resistencia a la compresión entre 438 kg/cm<sup>2</sup> y 456 kg/cm<sup>2</sup> respecto a la mezcla patrón de 398 kg/m<sup>2</sup>. De igual manera se alcanzaron los resultados más favorables de fibra de Agave Amarillo en un rango del 0.5% al 0.8%, presentando mejoras de resistencia a la compresión con 278 kg/cm<sup>2</sup> a 247.30 kg/cm<sup>2</sup> en relación a su mezcla patrón de 226 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, no se alcanzaron los resultados más favorables de fibra de Agave o maguey en el porcentaje de 1.00% presentando resistencias a la compresión no favorables de 263 kg/cm<sup>2</sup> respecto a la mezcla patrón de 274 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente se obtuvieron los óptimos porcentajes en el rango del 0.50% al 2.00% de fibra de Agave cordillerensis o cabuya, reportando mejoras de la resistencia a la compresión entre 330 kg/cm<sup>2</sup> y 326 kg/cm<sup>2</sup> respecto a la mezcla patrón de 309 kg/m<sup>2</sup>.

2. De acuerdo a las tesis y artículos investigados de los autores: Hilario Alvarez, D. A. y Sifuentes Zorrilla, F. U. (2021), Zevallos Salvatierra, M. (2021), Pajares, E. (2015) y Teja, M. y Karthiga, S. (2018); se pudo contrastar la hipótesis 2, en la cuales se determinó que al adicionar las fibras de Agave (Amarillo, Maguey, Cabuya y Sisal) en el diseño de mezcla mejora en las propiedades mecánicas del hormigón como en la resistencia a la tracción, en la cual se obtuvieron los óptimos porcentajes en el rango del 0.50% al 0.80% de fibra de Agave Amarillo, reportando mejoras de la resistencia a la tracción entre 47 kg/cm<sup>2</sup> y 40 kg/cm<sup>2</sup> respecto a la mezcla patrón de 31 kg/cm<sup>2</sup>. De igual manera se alcanzaron los resultados más favorables de fibra de Agave o Maguey en un rango del 0.6% al 0.7%, presentando mejoras de resistencia a la tracción con 26 kg/cm<sup>2</sup> a 28 kg/cm<sup>2</sup> en relación a su mezcla patrón de 23 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, se alcanzaron los resultados más favorables de fibra de Agave o Cabuya en los porcentajes del 1.00% al 2.00% presentando resistencia a la tracción favorable del 30 kg/cm<sup>2</sup> respecto a la mezcla patrón de 26 kg/m<sup>2</sup>. Finalmente se obtuvieron los óptimos porcentajes en el rango del



1.00% al 1.50% de fibra de Agave Sisal, reportando mejoras de la resistencia a la tracción entre 51 kg/cm<sup>2</sup> y 50 kg/cm<sup>2</sup> respecto a la mezcla patrón de 42 kg/m<sup>2</sup>.

3. De acuerdo a las tesis y artículos investigados de los autores: Chinchayhuara Verde, C. (2020), Zevallos Salvatierra, M. (2021), Pajares, E. (2015) y Teja, M. y Karthiga, S. (2018); se pudo contrastar la hipótesis 3, en la cuales se determinó que al adicionar las fibras de Agave (Maguey, Cabuya y Sisal) en el diseño de mezcla mejora en las propiedades mecánicas del hormigón como en la resistencia a la flexión, en la cual se obtuvieron los óptimos porcentajes en el rango del 0.70% al 0.80% de fibra de Agave o Maguey, reportando mejoras de la resistencia a la flexión del 48 kg/cm<sup>2</sup> respecto a la mezcla patrón de 42 kg/cm<sup>2</sup>. De igual manera se alcanzaron los resultados más favorables de fibra de Agave o Cabuya en un rango del 1.0% al 2.0%, presentando mejoras de resistencia a la flexión de 44 kg/cm<sup>2</sup> al 47 kg/cm<sup>2</sup> en relación a su mezcla patrón de 33 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, se alcanzaron los resultados más favorables de fibra de Agave Sisal en los porcentajes del 1.00% al 1.50% presentando resistencias a la flexión favorables de 64 kg/cm<sup>2</sup> al 62 kg/cm<sup>2</sup>, respecto a la mezcla patrón de 51 kg/m<sup>2</sup>.

4. De acuerdo a las tesis y artículos investigados de los autores: Pajares, E. (2015), Hilario Álvarez, D. A., y Sifuentes Zorrilla, F. U. (2021), Baldeon Rivera, Kevin Brandon (2022) y Armas Solano, R. y Rimaicuna Cano, T. (2021); se pudo contrastar la hipótesis 4, en la cuales se determinó que al adicionar las fibras de Agave (Cabuya, Amarillo, Maguey y Lechuguilla) en el diseño de mezcla afecta en las propiedades físicas del hormigón (asentamiento) , es decir, a mayor porcentaje de fibra empleado en el diseño de mezcla, es menor el asentamiento que se llega a obtener.

## CONCLUSIONES

1. En los ensayos de resistencia a la compresión se concluye que, al adicionar las fibras de Agave en el diseño de mezcla mejora en las propiedades mecánicas del hormigón, de las cuales el hormigón reforzado con fibra de Agave Sisal en un 1.50%, reporta mejoras en la resistencia a la compresión, con una resistencia de 456 kg/cm<sup>2</sup>. La adición de 0.5% de fibra de Agave Amarillo, reporta mejoras en la resistencia a la compresión, con una resistencia a la compresión de 278 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, la adición de 0.5% de fibra de Agave Cordillerensis o Cabuya, reporta mejoras en la resistencia a la compresión, con una resistencia de 330 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, los resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión reforzados con fibra de Agave muestran un incremento en comparación con la mezcla patrón.

2. En los ensayos de resistencia a la tracción se concluye que, al adicionar las fibras de Agave en el diseño de mezcla mejora las propiedades mecánicas del hormigón, de las cuales el hormigón reforzado con fibra de Agave Amarillo en un 0.70%, reporta mejoras en la resistencia a la tracción, con una resistencia de 47 kg/cm<sup>2</sup>. La adición de 0.7% de fibra de Agave o Maguey, reporta mejoras en la resistencia a la tracción, con una resistencia de 28 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, la adición de 1.0% de fibra de Agave o Cabuya, reporta mejoras en la resistencia a la tracción, con una resistencia de 30 kg/cm<sup>2</sup>. Así también, la adición de 1.0% de fibra de Sisal, reporta mejoras en la resistencia a la tracción, con una resistencia de 51 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, los resultados de los ensayos de la resistencia a la tracción reforzados con fibra de Agave muestran un incremento en comparación con la mezcla patrón.

3. En los ensayos de resistencia a la flexión se concluye que, al adicionar las fibras de Agave en el diseño de mezcla mejora en las propiedades mecánicas del hormigón, de las cuales el hormigón reforzado con fibra de Agave o Maguey en un 0.70%, reporta mejoras en la resistencia a la flexión, con una resistencia de 48 kg/cm<sup>2</sup>. La adición de 2.00% de fibra de Agave o Cabuya, reporta mejoras en la resistencia a la flexión, con una resistencia de 47 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, la adición de 1.5% de fibra de Agave Sisal, reporta mejoras en la resistencia a la flexión, con una resistencia de 62 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, los resultados de los ensayos de la resistencia a la flexión reforzadas con fibra de Agave muestran un incremento en comparación con la mezcla patrón.

4. En los ensayos de asentamiento se concluye que, con la adición de fibras de Agave, el hormigón reforzado con 0.50% de fibra de Agave cordillerensis o cabuya, obtuvo un asentamiento de 97 mm, significando este valor el 94% respecto a la mezcla patrón, en la cuales se determinó que al adicionar las fibras de Agave cordillerensis o cabuya en el diseño de mezcla afecta en las propiedades físicas del hormigón (asentamiento), la adición de fibras de Agave en el diseño de mezcla afecta inversamente proporcional al asentamiento, es decir, a mayor porcentaje de fibra empleado en el diseño de mezcla, es menor el asentamiento debido a que la fibra posee una propiedad hidrofílica la cual absorbe un porcentaje de agua cuando se emplea en el diseño de mezcla; afectando a la consistencia de la mezcla, resultando menos trabajable por la variación de agua.

## RECOMENDACIONES

1. Después de realizar el análisis en las diversas tesis y artículos respecto al asentamiento, se ha identificado que el parámetro óptimo de adición de fibra se encuentra entre el 0.25% y el 0.75%, para no variar en gran medida el asentamiento respecto al diseño patrón y la mezcla se mantenga trabajable; sin embargo, de requerirse emplear mayores porcentajes de fibras se debería emplear aditivos plastificantes o superplastificantes para mejorar la trabajabilidad de la mezcla de hormigón en estado fresco.

2. Para mejorar la resistencia a la compresión del hormigón reforzado con fibras de Agave, se recomienda el uso de aditivos, a fin de que, se mantenga la trabajabilidad en un rango adecuado para que no disminuya la resistencia a la compresión del hormigón, puesto que estos son inversamente proporcionales.

3. Para mejorar la resistencia a la tracción del hormigón reforzado con fibras de Agave, se recomienda realizar un procedimiento de control previo de las fibras como lavado, secado, curado, dimensiones y porcentajes, para tener una mejor dosificación que mejore la resistencia.

4. Para mejorar la resistencia a la flexión del hormigón reforzado con fibras de Agave, se recomienda realizar un procedimiento de control previo de las fibras como lavado, secado, curado, dimensiones y porcentajes, para tener una mejor dosificación que mejore la resistencia.

5. Por lo descrito, para próximas investigaciones se sugiere promover el uso de materiales cementicios suplementarios para modificar las propiedades del concreto en estado fresco como el uso de cenizas volantes o humo de sílice o cemento de escoria para mejorar la trabajabilidad del concreto al reducir el contenido de agua requerido para el mismo grado de trabajabilidad o valor de asentamiento y asimismo se recomienda el uso de fibras en el hormigón con algún potenciador de trabajabilidad como aditivos plastificantes o superplastificantes que aumenten el efecto lubricante de la mezcla evaluando la influencia de estos en los ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y asentamiento; puesto que, las fibras de Agave se

encuentran en la naturaleza y son accesibles en diferentes sectores del Perú y del mundo, siendo una alternativa ecológica para la construcción de ciudades y comunidades sostenibles, lo cual puede servir de ayuda económica a la población obteniendo edificaciones resistentes, seguras, de buena calidad y de bajo costo; que generen impactos positivos en el medio ambiente, trayendo consigo progresos en la industria de la construcción; por ello al utilizar las fibras agave se ayuda a disminuir el consumo de fibras sintéticas, disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armas Solano, R. y Rimaicuna Cano, T. (2021). *Análisis de la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> con la incorporación de fibra de agave lechuguilla Moyobamba 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/69573>
- Bala, P. S., Ravikumar, M. S. y Vaisakh, G. (2018). Propiedades Mecánicas del Concreto Autocompactante que Contiene Arena Triturada y Fibra de Sisal. *Revista Internacional de Ciencias Ambientales Aplicadas*, 13(1), 71-81.  
[https://www.ripublication.com/ijaes18/ijaesv13n1\\_06.pdf](https://www.ripublication.com/ijaes18/ijaesv13n1_06.pdf)
- Balasubramanian, J. C. y Selvan, S. S. (2015). *Investigación experimental del hormigón armado con fibras naturales en la industria de la construcción*. *Revista internacional de investigación de ingeniería y tecnología*, 2(1), 199-182.  
<https://www.academia.edu/download/37737484/Irjet-v2i139.pdf>
- Baldeon Rivera, Kevin Brandon (2022). *Control del fisuramiento por retracción plástica mediante el uso de fibra de maguey como adición del concreto para su aplicación en losas aligeradas* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú].  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/660409>
- Bharathi, S. V., Vinodhkumar, S. y Saravanan, M. M. (2021, February). *Características de resistencia de compuestos reforzados con fibra de plátano y sisal*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1055, International Virtual Conference on Robotics, Automation, Intelligent Systems and Energy (IVC RAISE 2020) 15th December 2020, Erode, India.  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1055/1/012024>

- Briseño, D. (2016). *Análisis del comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil].  
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24183>
- CHAVEZ, A. (2018). *Adición de 5% y 10% de fibra de agave en la resistencia a la tracción de un concreto de  $F' c = 210 \text{ kg/cm}^2$ -2017* [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro, Huarás, Perú].  
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5434>
- Chinchayhuara Verde, Cleison (2020). *Adición de fibras de agave para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , La Libertad – 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/56890>
- Dávila, R. (2016). *Fibra natural de lechuguilla para el curado interno de concretos de alto comportamiento* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León].  
<http://eprints.uanl.mx/18053/>
- Fernández Ladera, D. A. y Huarcaya Escobedo, P. O. (2019). *Influencia del maguey en las propiedades del concreto y en el fisuramiento de losas aligeradas en huancayo* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú].  
<http://www.repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1298>
- Hermosa Sánchez, J. C. R. (2018). *Análisis Del Comportamiento Mecánico De Concreto Reforzado Con Fibras De Cabuya En La Región Ancash* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/41168>
- Herrera de Casas, J. L. (2018). *Fibra de agave lechuguilla como agente de curado interno y aditivo reductor de la contracción para disminuir la contracción autógena en concreto de alto comportamiento* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León].

<http://eprints.uanl.mx/id/eprint/16427>

Hilario Alvarez, D. A. y Sifuentes Zorrilla, F. U. (2021). *Influencia de la fibra seca de agave amarillo en las propiedades físico-mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Huari, Ancash –2021* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/64877>

Huánuco Albornoz, K. Y. (2017). *Evaluación de la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto de 210° reforzado con fibra de lechuguilla* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco].  
<http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/672>

Kunamineni Vijay, K. y Umamaheswar, C. (2016). *Concreto reforzado con fibras Sisel. Revista internacional de investigación y ciencia de ingeniería avanzada*, 3(3).  
[http://www.academia.edu/download/43707375/4\\_IJAERS-MAR-2016-5-Sisel\\_Fiber\\_Reinforced\\_Concrete.pdf](http://www.academia.edu/download/43707375/4_IJAERS-MAR-2016-5-Sisel_Fiber_Reinforced_Concrete.pdf)

Latha, V. y Beeraiyah, B. (2019). *Concreto reforzado con fibra de sisal natural con estudios experimentales. Revista internacional de investigación de ingeniería y tecnología (IRJET)*. Vol. 6, pp. 1419-1423.  
<http://www.academia.edu/download/60639954/IRJET-V6I825920190918-44186-1oc4i6o.pdf>

Loganathan, P. y Thirugnanam, G. S. (2018). *Una investigación experimental sobre hormigón armado con fibra de sisal con diferentes proporciones de mezcla. International Journal of Advanced Science and Engineering Research*.  
[http://ijaser.in/common\\_src/journal\\_file/1557916763\\_b739d6048a\\_3\\_ijaser.pdf](http://ijaser.in/common_src/journal_file/1557916763_b739d6048a_3_ijaser.pdf)

Okeola, A. A., Abuodha, S. O. y Mwero, J. (2018). *El efecto de la forma del espécimen en las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras de sisal*. The Open Civil Engineering Journal, 12(1).  
<https://doi.org/10.3390/fib6030053>



- Pajares, E. (2015). *Análisis del incremento de la resistencia mecánica del concreto con la adición de fibra vegetal* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú].  
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/637>
- Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S., Parmar, H. y Patel, V. (2015). *Estudio Experimental de las Propiedades Mecánicas y de Durabilidad del Concreto Elaborado con Fibras Naturales y Artificiales*. *Revista internacional de investigación innovadora en ciencia y tecnología*, 2(5).  
<https://www.academia.edu/download/40869778/IJRSTV2I5031.pdf>
- Pradeep, C., Puttabasavegowda, H. y Divyashree, M. (2019). *Estudio experimental sobre la influencia del refuerzo con fibra de sisal en las propiedades del hormigón autocompactante*. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(05), pp. 1014-1025.  
<http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIETyVType=10yIType=05>
- Priyankarani, G. y Srichandana, D., (2015). *Estudio Experimental sobre los Efectos del Concreto Reforzado con Fibra de Sisal*. *International Journal y Magazine of Engineering, Technology, Management and Research*.  
[https://scholar.google.es/scholar?hl=esyas\\_sdt=0%2C5yq=%E2%80%9CExperimental+Study+on+Effects+of+Sisal+Fiber+Reinforced+Concrete%E2%80%9DybtnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=esyas_sdt=0%2C5yq=%E2%80%9CExperimental+Study+on+Effects+of+Sisal+Fiber+Reinforced+Concrete%E2%80%9DybtnG=)
- Ritesh, J., Tech, M. y Gopi, G. (2017). *Una Interpretación de las Propiedades del Concreto Reforzado con Fibra de Sisal con Distintas Proporciones de Adición de Fibra*. *Materials Science, Engineering*.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/b684/4f2066d194c1958aee0a22f121051221a460.pdf>
- Sabapathy, Y. K., Rekha, J. y Sajeevanm, R. (2017). *Investigación Experimental sobre la Resistencia del Concreto Reforzado con Fibra de Sisal*. *Enterrar*. *Journal of Science Technology y Engineering*, Vol 4(4), pp. 21-25.  
<https://www.academia.edu/download/55375287/IJSTEV4I4013.pdf>

Sabarish, K. (2017). *Evaluación de la resistencia y durabilidad del concreto reforzado con fibras de sisal*. *Revista Internacional de Ingeniería Civil y Tecnología*, Vol 8(9), pp. 741-748.

[https://www.researchgate.net/profile/Sabarish\\_Kv/publication/320189749\\_Strength\\_and\\_durability\\_evaluation\\_of\\_sisal\\_fibre\\_reinforced\\_concrete/links/5d80e53f92851c22d5dec21f/Strength-and-durability-evaluation-of-sisal-fibre-reinforced-concrete.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sabarish_Kv/publication/320189749_Strength_and_durability_evaluation_of_sisal_fibre_reinforced_concrete/links/5d80e53f92851c22d5dec21f/Strength-and-durability-evaluation-of-sisal-fibre-reinforced-concrete.pdf)

Sabarish, K. y Paul, P. (2018). *Utilización de fibra de sisal en elementos de hormigón de cemento portland*. *Revista internacional de ingeniería civil y tecnología (IJCET)*, Vol 9, pp. 1682-1686.

[https://www.researchgate.net/profile/Sabarish\\_Kv/publication/328552780\\_Utilization\\_of\\_Sisal\\_fiber\\_in\\_portland\\_cement\\_concrete\\_elements/links/5d37fb0aa6fdcc370a5a3d84/Utilization-of-Sisal-fiber-in-portland-cement-concrete-elements.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sabarish_Kv/publication/328552780_Utilization_of_Sisal_fiber_in_portland_cement_concrete_elements/links/5d37fb0aa6fdcc370a5a3d84/Utilization-of-Sisal-fiber-in-portland-cement-concrete-elements.pdf)

Sugathan, A. (2017). *Hormigón Autocompactante Reforzado con Fibras de Sisal*. *Revista internacional de última tecnología en ingeniería, gestión y ciencias aplicadas*, 4, 180-187.

<http://www.academia.edu/download/54638938/180-187.pdf>

Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T. y Akhilesh, K. (2017). *Propiedades de resistencia del concreto de fibra de sisal con 30% de reemplazo parcial de escoria de alto horno granulada molida*. *Revista internacional de investigación y tecnología de ingeniería (IJERT)*.

<https://www.academia.edu/download/59475948/strength-properties-of-sisal-fiber-concrete-with-30-partial-replacement-of-ground-IJERTV6IS11020520190601-94371-1xp665a.pdf>

Teja, M. y Karthiga, S. (2018). *Estudio de propiedades mecánicas del hormigón con fibras naturales y reemplazo parcial del cemento por metakaolin*. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, Vol 119(14), pp. 159-166.

<https://acadpubl.eu/hub/2018-119-14/articles/1/20.pdf>

Zevallos Salvatierra, M. (2021). *Influencia de la fibra de maguey en las propiedades mecánicas del concreto de  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en el distrito de Huancavelica, 2021.*  
[Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú]  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/75792>

## ANEXOS

### Anexo A: Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Operación de Variables		Instrumentos	Metodología
			Variable	Índice		
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			
<p>¿En qué medida el diseño de mezcla con fibras de agave influye en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón?</p>	<p>Analizar el diseño de mezcla del hormigón con fibras de agave para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón</p>	<p>Al analizar el diseño de mezcla del hormigón con fibras de agave se mejoran las propiedades físicas y mecánicas del hormigón</p>	<p>V.I. Diseño de mezcla del hormigón con fibras de agave</p>	<p>V.I.1. Porcentajes de fibras de agave</p>	<p>Porcentaje de fibras de agave según fuentes bibliográficas como artículos, tesis, libros, revistas e internet.</p>	<p>El método de la investigación es de deductivo, la orientación es aplicada, el enfoque es cualitativo y la fuente de recolección de datos es retrolectiva.</p>
					<p>Estudio del arte y referencias bibliográficas</p>	<p>El tipo de investigación es descriptiva y explicativa porque se realizará un estudio y análisis comparativo de la bibliográfica existente sobre el tema con el fin de establecer el estado del arte de la adición de fibras de agave en el hormigón y determinar</p>

las ventajas y desventajas del hormigón reforzado con diferentes adiciones de fibras de agave con respecto a su resistencia a la compresión, tracción y flexión.

Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	Dimensiones	Instrumentos	Metodología
En qué medida los porcentajes de fibras de agave mejoran la resistencia a la compresión del hormigón?	Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la compresión del hormigón.	Al analizar los porcentajes de fibras de agave se mejora la resistencia a la compresión del hormigón.		V.D.1. Resistencia a la compresión del hormigón.		El nivel de la investigación es descriptivo El diseño de la investigación es; según su propósito observacional; según el número de mediciones longitudinal y según la cronología de las observaciones retrospectivo.
En qué medida los porcentajes de fibras de agave mejoran la resistencia a la tracción del hormigón?	Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la tracción del hormigón.	Al analizar los porcentajes de fibras de agave se mejora la resistencia a la tracción del hormigón.	V.D. Propiedades físicas y mecánicas del hormigón	V.D.2. Resistencia a la tracción del hormigón.	NTP 339.034 ASTM C 39 NTP 339.084 ASTM C 292 NTP 339.078 ASTM C 78	
En qué medida los porcentajes de fibras de agave mejoran la resistencia a la flexión del hormigón?	Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar la resistencia a la flexión del hormigón.	Al analizar los porcentajes de fibras de agave se mejora la resistencia a la flexión del hormigón.		V.D.3. Resistencia a la flexión del hormigón.		

¿En qué medida los porcentajes de fibras de agave influyen en el asentamiento de del hormigón?	Analizar los porcentajes de fibras de agave para mejorar el asentamiento de la mezcla del hormigón.	Al analizar los porcentajes de fibras de agave se mejora el asentamiento de la mezcla del hormigón.	V.D.4. Asentamiento de la mezcla del hormigón	NTP 339.204 NTP 339.036 ASTM C172 NTP 339.035 ASTM C143
--	---	---	--	---

*Nota.* Elaboración propia

### Anexo B: Matriz de Revisión Bibliográfica

Fuente	Autor	Título	Cita Bibliográfica
1	Armas Solano, R., y Rimaicuna Cano, T.	Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=175$ kg/cm <sup>2</sup> con la incorporación de fibra de agave lechuguilla Moyobamba 2021.	Armas Solano, R., y Rimaicuna Cano, T. (2021). Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=175$ kg/cm <sup>2</sup> con la incorporación de fibra de agave lechuguilla Moyobamba 2021 (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de: <a href="https://hdl.handle.net/20.500.12692/69573">https://hdl.handle.net/20.500.12692/69573</a>
2	Bala, P. S., Ravikumar, M. S., y Vaisakh, G.	Mechanical Properties of Self Compacting Concrete Containing Crushed Sand and Sisal Fiber.	Bala, P. S., Ravikumar, M. S., y Vaisakh, G. (2018). Mechanical Properties of Self Compacting Concrete Containing Crushed Sand and Sisal Fiber. International Journal of Applied Environmental Sciences, 13(1), 71-81. Recuperado de: <a href="https://www.ripublication.com/ijaes18/ijaesv13n1_06.pdf">https://www.ripublication.com/ijaes18/ijaesv13n1_06.pdf</a>
3	Balasubramanian, J. C., y Selvan, S. S.	Experimental investigation of natural fiber reinforced concrete in construction industry.	Balasubramanian, J. C., y Selvan, S. S. (2015). Experimental investigation of natural fiber reinforced concrete in construction industry. International Research Journal of Engineering and Technology, 2(1), 199-182. Recuperado de: <a href="https://www.academia.edu/download/37737484/Irjet-v2i139.pdf">https://www.academia.edu/download/37737484/Irjet-v2i139.pdf</a>
4	Baldeon Rivera, Kevin Brandon	Control del fisuramiento por retracción plástica mediante el uso de fibra de maguey como adición del concreto para su aplicación en losas aligeradas	Baldeon Rivera, Kevin Brandon (2022). Control del fisuramiento por retracción plástica mediante el uso de fibra de maguey como adición del concreto para su aplicación en losas aligeradas (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Recuperado de: <a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/660409">https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/660409</a>
5	Bharathi, S. V., Vinodhkumar, S.,	Strength characteristics of banana and sisal fiber reinforced composites.	Bharathi, S. V., Vinodhkumar, S., y Saravanan, M. M. (2021, February). Strength characteristics of banana and sisal fiber reinforced composites.

Fuente	Autor	Título	Cita Bibliográfica
	y Saravanan, M. M.		IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1055, International Virtual Conference on Robotics, Automation, Intelligent Systems and Energy (IVC RAISE 2020) 15th December 2020, Erode, India. Recuperado de: <a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1055/1/012024">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1055/1/012024</a>
6	Briseño, D.	Análisis del comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya	Briseño, D. (2016). Análisis del comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya (tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil). Recuperado de: <a href="http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24183">http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24183</a>
7	CHAVEZ, A. (2018).	Adición de 5% y 10% de fibra de agave en la resistencia a la tracción de un concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ -2017	CHAVEZ, A. (2018). Adición de 5% y 10% de fibra de agave en la resistencia a la tracción de un concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ -2017 (tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Huarás, Perú. Recuperado de: <a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5434">http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5434</a>
8	Chinchayhuara Verde, Cleison	Adición de fibras de agave para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto de $210 \text{ kg/cm}^2$ , La Libertad – 2020	Chinchayhuara Verde, Cleison (2020). Adición de fibras de agave para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto de $210 \text{ kg/cm}^2$ , La Libertad – 2020 (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de: <a href="https://hdl.handle.net/20.500.12692/56890">https://hdl.handle.net/20.500.12692/56890</a>
9	Dávila, R.	Fibra natural de lechuguilla para el curado interno de concretos de alto comportamiento	Dávila, R. (2016). Fibra natural de lechuguilla para el curado interno de concretos de alto comportamiento (Tesis doctoral), Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado de: <a href="http://eprints.uanl.mx/18053/">http://eprints.uanl.mx/18053/</a>
10	Fernández Ladera, D. A., y	INFLUENCIA DEL MAGUEY EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO Y EN EL	Fernández Ladera, D. A., y Huarcaya Escobedo, P. O. (2019). INFLUENCIA DEL MAGUEY EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO Y EN EL FISURAMIENTO DE LOSAS ALIGERADAS



Fuente	Autor	Título	Cita Bibliográfica
	Huarcaya Escobedo, P. O.	FISURAMIENTO DE LOSAS ALIGERADAS EN HUANCAYO	EN HUANCAYO (tesis de pregrado). Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú. Recuperado de: <a href="http://www.repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1298">http://www.repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1298</a>
11	Hermosa Sánchez, J. C. R.	Análisis Del Comportamiento Mecánico De Concreto Reforzado Con Fibras De Cabuya En La Región Ancash	Hermosa Sánchez, J. C. R. (2018). Análisis Del Comportamiento Mecánico De Concreto Reforzado Con Fibras De Cabuya En La Región Ancash (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de: <a href="https://hdl.handle.net/20.500.12692/41168">https://hdl.handle.net/20.500.12692/41168</a>
12	Herrera de Casas, J. L.	Fibra de agave lechuguilla como agente de curado interno y aditivo reductor de la contracción para disminuir la contracción autógena en concreto de alto comportamiento	Herrera de Casas, J. L. (2018). Fibra de agave lechuguilla como agente de curado interno y aditivo reductor de la contracción para disminuir la contracción autógena en concreto de alto comportamiento (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado de: <a href="http://eprints.uanl.mx/id/eprint/16427">http://eprints.uanl.mx/id/eprint/16427</a>
13	Hilario Alvarez, D. A., y Sifuentes Zorrilla, F. U.	Influencia de la fibra seca de agave amarillo en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Huari, Ancash –2021	Hilario Alvarez, D. A., y Sifuentes Zorrilla, F. U. (2021). Influencia de la fibra seca de agave amarillo en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Huari, Ancash –2021 (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de: <a href="https://hdl.handle.net/20.500.12692/64877">https://hdl.handle.net/20.500.12692/64877</a>
14	Huánuco Albornoz, K. Y.	EVALUACIÓN DE LA TRABAJABILIDAD Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210° REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA	Huánuco Albornoz, K. Y. (2017). EVALUACIÓN DE LA TRABAJABILIDAD Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210° REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA (tesis de pregrado). Recuperado de: <a href="http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/672">http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/672</a>
15	Kunamineni Vijay, K., y	Sisel Fiber Reinforced Concrete.	Kunamineni Vijay, K., y Umamaheswar, C. (2016). Sisel Fiber Reinforced Concrete. International Journal of Advanced Engineering

<b>Fuente</b>	<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>Cita Bibliográfica</b>
	Umamaheswar, C.		Research and Science, 3(3). Recuperado de: <a href="http://www.academia.edu/download/43707375/4_IJAERS-MAR-2016-5-Sisel_Fiber_Reinforced_Concrete.pdf">http://www.academia.edu/download/43707375/4_IJAERS-MAR-2016-5-Sisel_Fiber_Reinforced_Concrete.pdf</a>
16	Latha, V., y Beeraiah, B.	Natural Sisal Fibre Reinforced Concrete with Experimental Studies. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET).	Latha, V., y Beeraiah, B. (2019). Natural Sisal Fibre Reinforced Concrete with Experimental Studies. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Vol. 6, pp. 1419-1423. Recuperado de: <a href="http://www.academia.edu/download/60639954/IRJET-V6I825920190918-44186-1oc4i6o.pdf">http://www.academia.edu/download/60639954/IRJET-V6I825920190918-44186-1oc4i6o.pdf</a>
17	Loganathan, P., y Thirugnanam, G. S.	AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON SISAL FIBRE REINFORCED CONCRETE WITH DIFFERENT MIX PROPORTIONS.	Loganathan, P., y Thirugnanam, G. S. (2018). AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON SISAL FIBRE REINFORCED CONCRETE WITH DIFFERENT MIX PROPORTIONS. Recuperado de: <a href="http://ijaser.in/common_src/journal_file/1557916763_b739d6048a_3_ijaser.pdf">http://ijaser.in/common_src/journal_file/1557916763_b739d6048a_3_ijaser.pdf</a>
18	Okeola, A. A., Abuodha, S. O., y Mwero, J.	The Effect of specimen shape on the mechanical properties of sisal fiber-reinforced concrete.	Okeola, A. A., Abuodha, S. O., y Mwero, J. (2018). The Effect of specimen shape on the mechanical properties of sisal fiber-reinforced concrete. The Open Civil Engineering Journal, 12(1). Recuperado de: <a href="https://doi.org/10.3390/fib6030053">https://doi.org/10.3390/fib6030053</a>
19	Pajares, E.	Análisis del incremento de la resistencia mecánica del concreto con la adición de fibra vegetal	Pajares, E. (2015). Análisis del incremento de la resistencia mecánica del concreto con la adición de fibra vegetal (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. Recuperado de: <a href="http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/637">http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/637</a>
20	Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S.,	An Experimental Study on Mechanical and Durability Properties of Concrete Made with Natural and Artificial Fiber.	Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S., Parmar, H., y Patel, V. (2015). An Experimental Study on Mechanical and Durability Properties of Concrete Made with Natural and Artificial Fiber. International Journal for

Fuente	Autor	Título	Cita Bibliográfica
	Parmar, H., y Patel, V.		Innovative Research in Science y Technology, 2(5). Recuperado de: <a href="https://www.academia.edu/download/40869778/IJIRSTV215031.pdf">https://www.academia.edu/download/40869778/IJIRSTV215031.pdf</a>
21	Pradeep, C., Puttabasavegowda, H. y Divyashree, M.	Experimental Study on the Influence of Sisal Fiber Reinforcement on the Properties of Self Compacting Concrete.	Pradeep, C., Puttabasavegowda, H. y Divyashree, M. (2019). Experimental Study on the Influence of Sisal Fiber Reinforcement on the Properties of Self Compacting Concrete. International Journal of Civil Engineering and Technology, 10(05), pp. 1014-1025. <a href="http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIETyVType=10yIType=05">http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIETyVType=10yIType=05</a>
22	Priyankarani, G., y Srichandana, D.	Experimental Study on Effects of Sisal Fiber Reinforced Concrete.	Priyankarani, G., y Srichandana, D., (2015). Experimental Study on Effects of Sisal Fiber Reinforced Concrete. Recuperado de: <a href="https://scholar.google.es/scholar?hl=esyas_sdt=0%2C5yq=%E2%80%9CExperimental+Study+on+Effects+of+Sisal+Fiber+Reinforced+Concrete%E2%80%9DybtnG=">https://scholar.google.es/scholar?hl=esyas_sdt=0%2C5yq=%E2%80%9CExperimental+Study+on+Effects+of+Sisal+Fiber+Reinforced+Concrete%E2%80%9DybtnG=</a>
23	Ritesh, J., Tech, M., y Gopi, G.	An Interpretation on the Properties of Sisal Fiber Reinforced Concrete with Distinct Proportions of Fiber Addition	Ritesh, J., Tech, M., y Gopi, G. (2017). An Interpretation on the Properties of Sisal Fiber Reinforced Concrete with Distinct Proportions of Fiber Addition. Recuperado de: <a href="https://pdfs.semanticscholar.org/b684/4f2066d194c1958aee0a22f121051221a460.pdf">https://pdfs.semanticscholar.org/b684/4f2066d194c1958aee0a22f121051221a460.pdf</a>
24	Sabapathy, Y. K., Rekha, J., y Sajeevanm, R.	Experimental Investigation on the Strength of Sisal Fibre Reinforced Concrete. Inter.	Sabapathy, Y. K., Rekha, J., y Sajeevanm, R. (2017). Experimental Investigation on the Strength of Sisal Fibre Reinforced Concrete. Inter. Journal of Science Technology y Engineering, Vol 4(4), pp. 21-25. Recuperado de: <a href="https://www.academia.edu/download/55375287/IJSTEV4I4013.pdf">https://www.academia.edu/download/55375287/IJSTEV4I4013.pdf</a>
25	Sabarish, K.	Strength and durability evaluation of sisal fibre reinforced concrete.	Sabarish, K. (2017). Strength and durability evaluation of sisal fibre reinforced concrete. International Journal of Civil Engineering and

Fuente	Autor	Título	Cita Bibliográfica
			Technology, Vol 8(9), pp. 741-748. Recuperado de: <a href="https://www.researchgate.net/profile/Sabarish_Kv/publication/320189749_Strength_and_durability_evaluation_of_sisal_fibre_reinforced_concrete/links/5d80e53f92851c22d5dec21f/Strength-and-durability-evaluation-of-sisal-fibre-reinforced-concrete.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Sabarish_Kv/publication/320189749_Strength_and_durability_evaluation_of_sisal_fibre_reinforced_concrete/links/5d80e53f92851c22d5dec21f/Strength-and-durability-evaluation-of-sisal-fibre-reinforced-concrete.pdf</a>
26	Sabarish, K., y Paul, P.	Utilization of sisal fiber in portland cement concrete elements.	Sabarish, K., y Paul, P. (2018). Utilization of sisal fiber in portland cement concrete elements. International Journal of Civil Engineering y Technology (IJCIET), Vol 9, pp. 1682-1686. Recuperado de: <a href="https://www.researchgate.net/profile/Sabarish_Kv/publication/328552780_Utilization_of_Sisal_fiber_in_portland_cement_concrete_elements/links/5d37fb0aa6fdcc370a5a3d84/Utilization-of-Sisal-fiber-in-portland-cement-concrete-elements.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Sabarish_Kv/publication/328552780_Utilization_of_Sisal_fiber_in_portland_cement_concrete_elements/links/5d37fb0aa6fdcc370a5a3d84/Utilization-of-Sisal-fiber-in-portland-cement-concrete-elements.pdf</a>
27	Sugathan, A.	Self-Compacting Concrete Reinforced with Sisal Fibres.	Sugathan, A. (2017). Self-Compacting Concrete Reinforced with Sisal Fibres. International Journal of Latest Technology in Engineering, Management y Applied Science, 4, 180-187. Recuperado de: <a href="http://www.academia.edu/download/54638938/180-187.pdf">http://www.academia.edu/download/54638938/180-187.pdf</a>
28	Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T., y Akhilesh, K.	Strength Properties of Sisal Fiber Concrete with 30% Partial Replacement of Ground Granulated Blast Furnace Slag.	Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T., y Akhilesh, K. (2017). Strength Properties of Sisal Fiber Concrete with 30% Partial Replacement of Ground Granulated Blast Furnace Slag. Recuperado de: <a href="https://www.academia.edu/download/59475948/strength-properties-of-sisal-fiber-concrete-with-30-partial-replacement-of-ground-IJERTV6IS11020520190601-94371-1xp665a.pdf">https://www.academia.edu/download/59475948/strength-properties-of-sisal-fiber-concrete-with-30-partial-replacement-of-ground-IJERTV6IS11020520190601-94371-1xp665a.pdf</a>
29	Teja, M., y Karthiga, S.	STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH NATURAL FIBERS AND	Teja, M., y Karthiga, S. (2018). STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH NATURAL FIBERS AND PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT BY METAKAOLIN. International Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol 119(14), pp.

Fuente	Autor	Título	Cita Bibliográfica
		PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT BY METAKAOLIN.	159-166. Recuperado de: <a href="https://acadpubl.eu/hub/2018-119-14/articles/1/20.pdf">https://acadpubl.eu/hub/2018-119-14/articles/1/20.pdf</a>
30	Zevallos Salvatierra, M.	Influencia de la fibra de maguey en las propiedades mecánicas del concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Huancavelica, 2021.	Zevallos Salvatierra, M. (2021). Influencia de la fibra de maguey en las propiedades mecánicas del concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Huancavelica, 2021. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de: <a href="https://hdl.handle.net/20.500.12692/75792">https://hdl.handle.net/20.500.12692/75792</a>

*Nota.* Elaboración Propia

**Anexo C: Matriz de Tesis y Artículos Nacionales e Internacionales**

N°	Título - español	Título - inglés/portugués	Autor	Referencia (cita)
1	Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=175$ kg/cm <sup>2</sup> con la incorporación de fibra de agave lechuguilla Moyobamba 2021.	Analysis of the compressive strength of concrete $f'_c=175$ kg/cm <sup>2</sup> with the incorporation of agave lechuguilla Moyobamba 2021 fiber.	Armas Solano, R., y Rimaicuna Cano, T.	Armas Solano, R., y Rimaicuna Cano, T. (2021). Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=175$ kg/cm <sup>2</sup> con la incorporación de fibra de agave lechuguilla Moyobamba 2021 (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de: <a href="https://hdl.handle.net/20.500.12692/69573">https://hdl.handle.net/20.500.12692/69573</a>
2	Propiedades Mecánicas del Concreto Autocompactante que Contiene Arena Triturada y Fibra de Sisal.	Mechanical Properties of Self Compacting Concrete Containing Crushed Sand and Sisal Fiber.	Bala, P. S., Ravikumar, M. S., y Vaisakh, G.	Bala, P. S., Ravikumar, M. S., y Vaisakh, G. (2018). Mechanical Properties of Self Compacting Concrete Containing Crushed Sand and Sisal Fiber. International Journal of Applied Environmental Sciences, 13(1), 71-81. Recuperado de: <a href="https://www.ripublication.com/ijaes18/ijaesv13n1_06.pdf">https://www.ripublication.com/ijaes18/ijaesv13n1_06.pdf</a>
3	Investigación experimental del hormigón armado con fibras naturales en la industria de la construcción.	Experimental investigation of natural fiber reinforced concrete in construction industry.	Balasubramanian, J. C., y Selvan, S. S.	Balasubramanian, J. C., y Selvan, S. S. (2015). Experimental investigation of natural fiber reinforced concrete in construction industry. International Research Journal of Engineering and Technology, 2(1), 199-182. Recuperado de: <a href="https://www.academia.edu/download/37737484/Irjet-v2i139.pdf">https://www.academia.edu/download/37737484/Irjet-v2i139.pdf</a>

N°	Título - español	Título - inglés/portugués	Autor	Referencia (cita)
4	Control del fisuramiento por retracción plástica mediante el uso de fibra de maguey como adición del concreto para su aplicación en losas aligeradas	Control of cracking due to plastic shrinkage through the use of maguey fiber as an addition to the concrete for its application in lightened slabs	Baldeon Rivera, Kevin Brandon	Baldeon Rivera, Kevin Brandon (2022). Control del fisuramiento por retracción plástica mediante el uso de fibra de maguey como adición del concreto para su aplicación en losas aligeradas (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Recuperado de: <a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/660409">https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/660409</a>
5	Características de resistencia de compuestos reforzados con fibra de plátano y sisal.	Strength characteristics of banana and sisal fiber reinforced composites.	Bharathi, S. V., Vinodhkumar, S., y Saravanan, M. M.	Bharathi, S. V., Vinodhkumar, S., y Saravanan, M. M. (2021, February). Strength characteristics of banana and sisal fiber reinforced composites. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1055, International Virtual Conference on Robotics, Automation, Intelligent Systems and Energy (IVC RAISE 2020) 15th December 2020, Erode, India. Recuperado de: <a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1055/1/012024">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1055/1/012024</a>
6	Análisis del comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya	Analysis of the flexural behavior of cabuya fiber reinforced beams	Briseño, D.	Briseño, D. (2016). Análisis del comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya (tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil). Recuperado de:

N°	Título - español	Título - inglés/portugués	Autor	Referencia (cita)
				<a href="http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24183">http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24183</a>
7	Adición de 5% y 10% de fibra de agave en la resistencia a la tracción de un concreto de F' c= 210 kg/cm <sup>2</sup> -2017	Addition of 5% and 10% of agave fiber in the tensile strength of a concrete of F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> -2017	CHAVEZ, A. (2018).	CHAVEZ, A. (2018). Adición de 5% y 10% de fibra de agave en la resistencia a la tracción de un concreto de F' c= 210 kg/cm <sup>2</sup> -2017 (tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Huarás, Perú. Recuperado de: <a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5434">http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5434</a>
8	Adición de fibras de agave para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> , La Libertad – 2020	Addition of agave fibers to improve the physical and mechanical properties of 210 kg/cm <sup>2</sup> concrete, La Libertad – 2020	Chinchayhuara Verde, Cleison	Chinchayhuara Verde, Cleison (2020). Adición de fibras de agave para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> , La Libertad – 2020 (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de: <a href="https://hdl.handle.net/20.500.12692/56890">https://hdl.handle.net/20.500.12692/56890</a>
9	Fibra natural de lechuguilla para el curado interno de concretos de alto comportamiento	Natural lechuguilla fiber for internal curing of high-performance concrete	Dávila, R.	Dávila, R. (2016). Fibra natural de lechuguilla para el curado interno de concretos de alto comportamiento (Tesis doctoral), Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado de: <a href="http://eprints.uanl.mx/18053/">http://eprints.uanl.mx/18053/</a>
10	INFLUENCIA DEL MAGUEY EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO Y EN EL FISURAMIENTO DE LOSAS ALIGERADAS EN HUANCAYO	INFLUENCE OF MAGUEY ON THE PROPERTIES OF CONCRETE AND ON THE CRACKING OF LIGHTENED SLABS IN HUANCAY	Fernández Ladera, D. A., y Huarcaya Escobedo, P. O.	Fernández Ladera, D. A., y Huarcaya Escobedo, P. O. (2019). INFLUENCIA DEL MAGUEY EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO Y EN EL FISURAMIENTO DE LOSAS ALIGERADAS EN HUANCAYO



N°	Título - español	Título - inglés/portugués	Autor	Referencia (cita)
				(tesis de pregrado). Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú. Recuperado de: <a href="http://www.repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1298">http://www.repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1298</a>
11	Análisis Del Comportamiento Mecánico De Concreto Reforzado Con Fibras De Cabuya En La Región Ancash	Analysis of the Mechanical Behavior of Concrete Reinforced with Cabuya Fibers in the Ancash Region	Hermosa Sánchez, J. C. R.	Hermosa Sánchez, J. C. R. (2018). Análisis Del Comportamiento Mecánico De Concreto Reforzado Con Fibras De Cabuya En La Región Ancash (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de: <a href="https://hdl.handle.net/20.500.12692/41168">https://hdl.handle.net/20.500.12692/41168</a>
12	Fibra de agave lechuguilla como agente de curado interno y aditivo reductor de la contracción para disminuir la contracción autógena en concreto de alto comportamiento	Agave lechuguilla fiber as internal curing agent and shrinkage-reducing admixture to decrease autogenous shrinkage in high-performance concrete	Herrera de Casas, J. L.	Herrera de Casas, J. L. (2018). Fibra de agave lechuguilla como agente de curado interno y aditivo reductor de la contracción para disminuir la contracción autógena en concreto de alto comportamiento (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado de: <a href="http://eprints.uanl.mx/id/eprint/16427">http://eprints.uanl.mx/id/eprint/16427</a>
13	Influencia de la fibra seca de agave amarillo en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Huari, Ancash –2021	Influence of dry yellow agave fiber on the physical-mechanical properties of concrete $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Huari, Ancash –2021	Hilario Alvarez, D. A., y Sifuentes Zorrilla, F. U.	Hilario Alvarez, D. A., y Sifuentes Zorrilla, F. U. (2021). Influencia de la fibra seca de agave amarillo en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Huari, Ancash – 2021 (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de: <a href="https://hdl.handle.net/20.500.12692/64877">https://hdl.handle.net/20.500.12692/64877</a>

N°	Título - español	Título - inglés/portugués	Autor	Referencia (cita)
14	EVALUACIÓN DE LA TRABAJABILIDAD Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210° REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA	EVALUATION OF WORKABILITY AND COMPRESSION RESISTANCE OF 210° CONCRETE REINFORCED WITH LECHUGUILLA FIBER	Huánuco Albornoz, K. Y.	Huánuco Albornoz, K. Y. (2017). EVALUACIÓN DE LA TRABAJABILIDAD Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210° REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA (tesis de pregrado). Recuperado de: <a href="http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/672">http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/672</a>
15	Concreto reforzado con fibras Sisel.	Sisel Fiber Reinforced Concrete.	KunamineniVijay, K., y Umamaheswar, C.	KunamineniVijay, K., y Umamaheswar, C. (2016). Sisel Fiber Reinforced Concrete. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, 3(3). Recuperado de: <a href="http://www.academia.edu/download/43707375/4_IJAERS-MAR-2016-5-Sisel_Fiber_Reinforced_Concrete.pdf">http://www.academia.edu/download/43707375/4_IJAERS-MAR-2016-5-Sisel_Fiber_Reinforced_Concrete.pdf</a>
16	Concreto Reforzado con Fibra de Sisal Natural con Estudios Experimentales. Revista Internacional de Investigación de Ingeniería y Tecnología (IRJET).	Natural Sisal Fibre Reinforced Concrete with Experimental Studies. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET).	Latha, V., y Beeraiah, B.	Latha, V., y Beeraiah, B. (2019). Natural Sisal Fibre Reinforced Concrete with Experimental Studies. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Vol. 6, pp. 1419-1423. Recuperado de: <a href="http://www.academia.edu/download/60639954/IRJET-V6I825920190918-44186-1oc4i6o.pdf">http://www.academia.edu/download/60639954/IRJET-V6I825920190918-44186-1oc4i6o.pdf</a>
17	UNA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL SOBRE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRA DE SISAL CON	AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON SISAL FIBRE REINFORCED CONCRETE WITH	Loganathan, P., y Thirugnanam, G. S.	Loganathan, P., y Thirugnanam, G. S. (2018). AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON SISAL FIBRE REINFORCED CONCRETE WITH DIFFERENT MIX PROPORTIONS. Recuperado de:

N°	Título - español	Título - inglés/portugués	Autor	Referencia (cita)
	DIFERENTES PROPORCIONES DE MEZCLA.	DIFFERENT MIX PROPORTIONS.		<a href="http://ijaser.in/common_src/journal_file/1557916763_b739d6048a_3_ijaser.pdf">http://ijaser.in/common_src/journal_file/1557916763_b739d6048a_3_ijaser.pdf</a>
18	El efecto de la forma del espécimen en las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras de sisal.	The Effect of specimen shape on the mechanical properties of sisal fiber-reinforced concrete.	Okeola, A. A., Abuodha, S. O., y Mwero, J.	Okeola, A. A., Abuodha, S. O., y Mwero, J. (2018). The Effect of specimen shape on the mechanical properties of sisal fiber-reinforced concrete. <i>The Open Civil Engineering Journal</i> , 12(1). Recuperado de: <a href="https://doi.org/10.3390/fib6030053">https://doi.org/10.3390/fib6030053</a>
19	Análisis del incremento de la resistencia mecánica del hormigón con la adición de fibra vegetal	Analysis of the increase in the mechanical resistance of concrete with the addition of vegetable fiber	Pajares, E.	Pajares, E. (2015). Análisis del incremento de la resistencia mecánica del concreto con la adición de fibra vegetal (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. Recuperado de: <a href="http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/637">http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/637</a>
20	Estudio Experimental de las Propiedades Mecánicas y de Durabilidad del Concreto Elaborado con Fibras Naturales y Artificiales.	An Experimental Study on Mechanical and Durability Properties of Concrete Made with Natural and Artificial Fiber.	Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S., Parmar, H., y Patel, V.	Patel, Y., Chhasatia, Y., Gohil, S., Parmar, H., y Patel, V. (2015). An Experimental Study on Mechanical and Durability Properties of Concrete Made with Natural and Artificial Fiber. <i>International Journal for Innovative Research in Science y Technology</i> , 2(5). Recuperado de: <a href="https://www.academia.edu/download/40869778/IJIRSTV2I5031.pdf">https://www.academia.edu/download/40869778/IJIRSTV2I5031.pdf</a>
21	Estudio Experimental de la Influencia del Refuerzo con Fibras	Experimental Study on the Influence of Sisal Fiber	Pradeep, C., Puttabasavegowd	Pradeep, C., Puttabasavegowda, H. y Divyashree, M. (2019). Experimental Study on the Influence of Sisal Fiber Reinforcement on

N°	Título - español	Título - inglés/portugués	Autor	Referencia (cita)
	de Sisal en las Propiedades del Concreto Autocompactante.	Reinforcement on the Properties of Self Compacting Concrete.	a, H. y Divyashree, M.	the Properties of Self Compacting Concrete. International Journal of Civil Engineering and Technology, 10(05), pp. 1014-1025. <a href="http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIETyVType=10yIType=05">http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIETyVType=10yIType=05</a>
22	Estudio Experimental sobre los Efectos del Concreto Reforzado con Fibra de Sisal.	Experimental Study on Effects of Sisal Fiber Reinforced Concrete.	Priyankarani, G., y Srichandana, D.	Priyankarani, G., y Srichandana, D., (2015). Experimental Study on Effects of Sisal Fiber Reinforced Concrete. Recuperado de: <a href="https://scholar.google.es/scholar?hl=esyas_sdt=0%2C5yq=%E2%80%9CExperimental+Study+on+Effects+of+Sisal+Fiber+Reinforced+Concrete%E2%80%9DybtnG=">https://scholar.google.es/scholar?hl=esyas_sdt=0%2C5yq=%E2%80%9CExperimental+Study+on+Effects+of+Sisal+Fiber+Reinforced+Concrete%E2%80%9DybtnG=</a>
23	Una Interpretación de las Propiedades del Concreto Reforzado con Fibra de Sisal con Distintas Proporciones de Adición de Fibra.	An Interpretation on the Properties of Sisal Fiber Reinforced Concrete with Distinct Proportions of Fiber Addition	Ritesh, J., Tech, M., y Gopi, G.	Ritesh, J., Tech, M., y Gopi, G. (2017). An Interpretation on the Properties of Sisal Fiber Reinforced Concrete with Distinct Proportions of Fiber Addition. Recuperado de: <a href="https://pdfs.semanticscholar.org/b684/4f2066d194c1958aee0a22f121051221a460.pdf">https://pdfs.semanticscholar.org/b684/4f2066d194c1958aee0a22f121051221a460.pdf</a>
24	Investigación Experimental sobre la Resistencia del Concreto Reforzado con Fibra de Sisal.	Experimental Investigation on the Strength of Sisal Fibre Reinforced Concrete.	Sabapathy, Y. K., Rekha, J., y Sajeevanm, R.	Sabapathy, Y. K., Rekha, J., y Sajeevanm, R. (2017). Experimental Investigation on the Strength of Sisal Fibre Reinforced Concrete. Inter. Journal of Science Technology y Engineering, Vol 4(4), pp. 21-25. Recuperado de: <a href="https://www.academia.edu/download/55375287/IJSTEV4I4013.pdf">https://www.academia.edu/download/55375287/IJSTEV4I4013.pdf</a>

N°	Título - español	Título - inglés/portugués	Autor	Referencia (cita)
25	Evaluación de la resistencia y durabilidad del concreto reforzado con fibras de sisal.	Strength and durability evaluation of sisal fibre reinforced concrete.	Sabarish, K.	Sabarish, K. (2017). Strength and durability evaluation of sisal fibre reinforced concrete. International Journal of Civil Engineering and Technology, Vol 8(9), pp. 741-748. Recuperado de: <a href="https://www.researchgate.net/profile/Sabarish_Kv/publication/320189749_Strength_and_durability_evaluation_of_sisal_fibre_reinforced_concrete/links/5d80e53f92851c22d5dec21f/Strength-and-durability-evaluation-of-sisal-fibre-reinforced-concrete.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Sabarish_Kv/publication/320189749_Strength_and_durability_evaluation_of_sisal_fibre_reinforced_concrete/links/5d80e53f92851c22d5dec21f/Strength-and-durability-evaluation-of-sisal-fibre-reinforced-concrete.pdf</a>
26	Utilización de fibra de sisal en elementos de hormigón de cemento portland.	Utilization of sisal fiber in portland cement concrete elements.	Sabarish, K., y Paul, P.	Sabarish, K., y Paul, P. (2018). Utilization of sisal fiber in portland cement concrete elements. International Journal of Civil Engineering y Technology (IJCIET), Vol 9, pp. 1682-1686. Recuperado de: <a href="https://www.researchgate.net/profile/Sabarish_Kv/publication/328552780_Utilization_of_Sisal_fiber_in_portland_cement_concrete_elements/links/5d37fb0aa6fdcc370a5a3d84/Utilization-of-Sisal-fiber-in-portland-cement-concrete-elements.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Sabarish_Kv/publication/328552780_Utilization_of_Sisal_fiber_in_portland_cement_concrete_elements/links/5d37fb0aa6fdcc370a5a3d84/Utilization-of-Sisal-fiber-in-portland-cement-concrete-elements.pdf</a>
27	Hormigón Autocompactante Reforzado con Fibras de Sisal.	Self-Compacting Concrete Reinforced with Sisal Fibres.	Sugathan, A.	Sugathan, A. (2017). Self-Compacting Concrete Reinforced with Sisal Fibres. International Journal of Latest Technology in

N°	Título - español	Título - inglés/portugués	Autor	Referencia (cita)
				Engineering, Management y Applied Science, 4, 180-187. Recuperado de: <a href="http://www.academia.edu/download/54638938/180-187.pdf">http://www.academia.edu/download/54638938/180-187.pdf</a>
28	Propiedades de resistencia del concreto de fibra de sisal con 30% de reemplazo parcial de escoria de alto horno granulada molida.	Strength Properties of Sisal Fiber Concrete with 30% Partial Replacement of Ground Granulated Blast Furnace Slag.	Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T., y Akhilesh, K.	Supraja, A., Rao, V. S., Avinash, T., y Akhilesh, K. (2017). Strength Properties of Sisal Fiber Concrete with 30% Partial Replacement of Ground Granulated Blast Furnace Slag. Recuperado de: <a href="https://www.academia.edu/download/59475948/strength-properties-of-sisal-fiber-concrete-with-30-partial-replacement-of-ground-IJERTV6IS11020520190601-94371-1xp665a.pdf">https://www.academia.edu/download/59475948/strength-properties-of-sisal-fiber-concrete-with-30-partial-replacement-of-ground-IJERTV6IS11020520190601-94371-1xp665a.pdf</a>
29	ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN CON FIBRAS NATURALES Y REEMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO POR METAKAOLIN.	STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH NATURAL FIBERS AND PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT BY METAKAOLIN.	Teja <sup>1</sup> , M., y Karthiga, S.	Teja <sup>1</sup> , M., y Karthiga, S. (2018). STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH NATURAL FIBERS AND PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT BY METAKAOLIN. International Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol 119(14), pp. 159-166. Recuperado de: <a href="https://acadpubl.eu/hub/2018-119-14/articles/1/20.pdf">https://acadpubl.eu/hub/2018-119-14/articles/1/20.pdf</a>
30	Influencia de la fibra de maguey en las propiedades mecánicas del	Influence of maguey fiber on the mechanical properties of	Zevallos Salvatierra, M.	Zevallos Salvatierra, M. (2021). Influencia de la fibra de maguey en las propiedades mecánicas del concreto de $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> en el

N°	Título - español	Título - inglés/portugués	Autor	Referencia (cita)
	concreto $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> en el distrito de Huancavelica, 2021.	$f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> concrete in the district of Huancavelica, 2021.		distrito de Huancavelica, 2021. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Recuperado de: <a href="https://hdl.handle.net/20.500.12692/75792">https://hdl.handle.net/20.500.12692/75792</a>

*Nota.* Elaboración Propia

### Anexo D: Matriz de Referencia

Fuente	Título	Ideas Principales	Método	Subtemas	Conclusiones	Revista	Año
1	Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=175$ kg/cm <sup>2</sup> con la incorporación de fibra de agave lechuguilla Moyobamba 2021.	Realizar un análisis del comportamiento que va tener el concreto al incorporar 1%, 3% y 5% fibra de agave lechuguilla sustituyendo de forma parcial al agregado fino.	Experimental	Asentamiento y Resistencia a la Compresión	Según los investigadores se concluye que, se obtuvo como resultados obtenidos a los 28 días se tuvo para el concreto patrón 187.90 kg/cm <sup>2</sup> y para el 1%, 3% y 5% de fibra de agave lechuguilla una resistencia de 198.90 kg/cm <sup>2</sup> , 187.53 kg/cm <sup>2</sup> y 158.72 kg/cm <sup>2</sup> respectivamente. De acuerdo a estos resultados se concluye que a mayor incorporación de proporción de fibra de agave lechuguilla disminuye su resistencia a compresión del concreto en estado endurecido, asimismo su asentamiento disminuye haciendo que el concreto pierda su trabajabilidad. Finalmente, los ensayos de la resistencia a compresión indican que el 3% de fibra de	Universidad Cesar Vallejo	2021



Fuente	Título	Ideas Principales	Método	Subtemas	Conclusiones	Revista	Año
					agave lechuguilla es el óptimo trabajable para mejorar el concreto, ya que esta cumplió con lo propuesto.		
2	Mechanical Properties of Self Compacting Concrete Containing Crushed Sand and Sisal Fiber.	Medir la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción dividida y el módulo de elasticidad del hormigón utilizando arena triturada como reemplazo parcial de la arena de río y fibra de sisal como refuerzo,	Experimental	Resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción dividida	Según los investigadores se concluye que la adición de fibra de sisal disminuye la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y módulo de elasticidad del hormigón, sin embargo, hay un ligero aumento en la adición de 0,6%. y a medida que aumenta el porcentaje de arena triturada, aumenta la resistencia a la compresión. Pero la adición de fibra de sisal disminuye la resistencia del hormigón.	International Journal of Applied Environmental Sciences	2018
3	Experimental investigation of natural fiber reinforced concrete in construction industry.	Medir la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción dividida y la resistencia a la flexión, usando fibra de sisal en diferentes aspectos, longitudes y en porcentajes de 0%; 0,5%; 1%; 2%.	Experimental	Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción dividida y resistencia a la flexión	De la presente investigación se dice que la adición de fibra de sisal afecta la composición del concreto después de que se ha agrietado, mejorando así su tenacidad y el contenido óptimo de dosificación es el 1% de fibra de sisal.	International Research Journal of Engineering and Technology	2015

<b>Fuente</b>	<b>Título</b>	<b>Ideas Principales</b>	<b>Método</b>	<b>Subtemas</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>Revista</b>	<b>Año</b>
4	Control del fisuramiento por retracción plástica mediante el uso de fibra de maguey como adición del concreto para su aplicación en losas aligeradas	Evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado fresco como el asentamiento del concreto y endurecido como la resistencia a la compresión y flexión, utilizando fibra de Maguey o Agave en longitudes entre 4 y 5 mm, con dosificaciones del 0.25%, 0.50% y 0.75% respecto al volumen del concreto	Experimental	Asentamiento, Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción dividida y resistencia a la flexión	Según los investigadores se concluye que, la dosificación volumétrica del 0.25% de fibra de maguey generó una resistencia creciente al esfuerzo de compresión, tracción y flexión a los 28 días y representa una variación creciente del esfuerzo respecto al concreto patrón.	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	2022
5	Strength characteristics of banana and sisal fiber reinforced composites.	Evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado endurecido como la resistencia a la compresión, tracción y flexión con fibra de plátano y agave sisal, con dosificaciones del	Experimental	Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción dividida y resistencia a la flexión	Según los investigadores se comprobó que el compuesto reforzado con fibra de sisal tiene mejor resistencia a la tracción, compresión y flexión en comparación con la fibra de banano e indican que el porcentaje optimo es entre el 1% y 1.5% para mejorar el concreto,	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,	2021

<b>Fuente</b>	<b>Título</b>	<b>Ideas Principales</b>	<b>Método</b>	<b>Subtemas</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>Revista</b>	<b>Año</b>
		0.5%, 1%, 1.5% y 2% de fibra			ya que cumplió con lo propuesto.		
6	Análisis del comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya	Realizar un análisis comparativo entre el concreto convencional, Concreto con Fibra de Cabuya Longitudinal y Concreto con Fibra de Cabuya Dispersa para medir la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión, usando 1.5% fibra de sisal.	Experimental	Resistencia a la compresión y resistencia a la flexión	Según los investigadores se concluye que el concreto reforzado con fibra de cabuya dispersa son las que mejor se comportaron ante los diferentes ensayos en comparación al concreto con fibra longitudinal	Universidad Técnica de Ambato	2016
7	Adición de 5% y 10% de fibra de agave en la resistencia a la tracción de un concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ -2017	Evaluar experimentalmente la resistencia a tracción y el asentamiento del concreto con fibra de agave lechuguilla en diferentes porcentajes de 5%; y 10%	Experimental	Resistencia a la tracción y asentamiento	Según los investigadores se concluye que, para el diseño experimental con adición de 10% de fibra de agave no cubrió las expectativas requeridas porque disminuyó la resistencia comparando con el patrón y adición de 5%, que tuvo mejor resistencia a los 14 y 28 días de curado.	Universidad San Pedro	2018
8	Adición de fibras de agave	Evaluar experimentalmente las	Experimental	Resistencia a la compresión,	Según los investigadores se concluye que, la adición de 0.5 y	Universidad Cesar Vallejo	2020

<b>Fuente</b>	<b>Título</b>	<b>Ideas Principales</b>	<b>Método</b>	<b>Subtemas</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>Revista</b>	<b>Año</b>
	para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> , La Libertad – 2020	propiedades del concreto en estado fresco como el asentamiento del concreto y endurecido como la resistencia a la compresión, tracción y flexión con dosificaciones del 0.50% y 1.00% y 1.5%, respecto al volumen del concreto.		resistencia a la tracción dividida, resistencia a la flexión y asentamiento	1 % influye de manera positiva y la adición de 1.5 % influye de manera negativa con respecto a la resistencia a la compresión y tracción, con respecto a la resistencia a flexión influye de manera positiva. Por otro lado, en cuanto a las propiedades físicas, se determinó que, a más porcentaje incorporado, el concreto es menos trabajable.		
9	Fibra natural de lechuguilla para el curado interno de concretos de alto comportamiento	Mejorar el rendimiento al hormigón autocompactante con fibra de agave lechuguilla en dosificaciones de 0.5; 1.0; 1.5 y 2.0%, en comparación con el hormigón convencional.	Experimental	Resistencia a la compresión	Según los investigadores se concluye que, las diferencias de fibra sin lavar y fibra lavada fue de un 9.0%, notando un incremento en la fibra lavada, puesto que, debido a que al lavar la fibra el tiempo de fraguado se corrigió, pero a edades posteriores la diferencia no fue considerable.	Universidad Autónoma de Nuevo León	2016
10	INFLUENCIA DEL MAGUEY EN LAS PROPIEDAD	Evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado	Experimental	Resistencia a la compresión, resistencia a la	Según los investigadores se concluye que, respecto a la fibra de maguey en las propiedades del concreto en estado fresco y	Universidad Peruana Los Andes	2019

<b>Fuente</b>	<b>Título</b>	<b>Ideas Principales</b>	<b>Método</b>	<b>Subtemas</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>Revista</b>	<b>Año</b>
	S DEL CONCRETO Y EN EL FISURAMIENTO DE LOSAS ALIGERADAS EN HUANCAYO	fresco como el asentamiento del concreto y en estado endurecido como la resistencia a la compresión y flexión		flexión y asentamiento	endurecido, se tiene que la adición hasta un 1.5 % el asentamiento se incrementa y luego se reduce.		
11	Análisis Del Comportamiento Mecánico De Concreto Reforzado Con Fibras De Cabuya En La Región Ancash	Evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión con la adición del 1,0 y 3.0% de fibra de cabuya	Experimental	Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión	Según los investigadores se concluye que, respecto a la comparación entre el diseño patrón y el diseño con fibra de Cabuya, se observa una mejoría máxima a un 1,0% de dosificación; logrando aumentar en 14% la resistencia a la compresión, tracción y flexión del concreto.	Universidad Cesar Vallejo	2018
12	Fibra de agave lechuguilla como agente de curado interno y aditivo reductor de la contracción para disminuir la contracción	Evaluar la resistencia a la compresión con dosificación de fibra, dosificación de fibra lavada, dosificación con aditivos reductor de la contracción (SRA) y	Experimental	Resistencia a la compresión	Según los investigadores se concluye que, la incorporación de fibra de agave lechuguilla puede reducir significativamente la resistencia a la compresión.	Universidad Autónoma de Nuevo León.	2018

Fuente	Título	Ideas Principales	Método	Subtemas	Conclusiones	Revista	Año
	autógena en concreto de alto comportamiento	dosificación combinada fibra lavada-SRA.					
13	Influencia de la fibra seca de agave amarillo en las propiedades físico-mecánicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Huari, Ancash – 2021	Evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado fresco como medir el asentamiento, propiedades del concreto en estado endurecido como la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción con fibra de agave amarillo en porcentajes de 0.5%, 0.8% y 1%	Experimental	Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y asentamiento	Según los investigadores se concluye que, la incorporación de fibra seca de agave amarillo en porcentaje de 0.5%. 0.8% y 1% el asentamiento disminuyó, sin embargo, se tuvo la máxima resistencia a la compresión y resistencia a la tracción indirecta del concreto en el menor porcentaje elegido 0.5%.	Universidad Cesar Vallejo	2021
14	EVALUACIÓN DE LA TRABAJABILIDAD Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL	Evaluar experimentalmente la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto reforzado con la fibra de agave lechuguilla en un 0.5%.	Experimental	Resistencia a la compresión y asentamiento	Según los investigadores se concluye que, la resistencia a la compresión y el asentamiento del concreto crece con la adición de fibra de agave lechuguilla	Universidad de Huánuco	2017

Fuente	Título	Ideas Principales	Método	Subtemas	Conclusiones	Revista	Año
	CONCRETO DE 210° REFORZADO CON FIBRA DE LECHUGUILLA						
15	Sisal Fiber Reinforced Concrete.	Evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción con la adición de fibra de Agave Sisal en trozos pequeños de 3 a 5 cm. longitud con porcentajes de fibra de 0,5%; 1%; 1,5% y 2%;	Experimental	Resistencia a la compresión y resistencia a la tracción	Según los investigadores se concluye que el porcentaje óptimo de fibra es al 1% ya que cuando el porcentaje de fibra aumenta en más del 1% se observa una reducción de las propiedades mecánicas dando lugar a una estructura porosa por la aglomeración de fibra.	International Journal of Advanced Engineering Research and Science	2016
16	Natural Sisal Fibre Reinforced Concrete with Experimental Studies. International Research Journal of	Evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión con adición de fibra de sisal como	Experimental	Resistencia a la compresión y resistencia a la tracción	Según los investigadores se concluye que, el porcentaje óptimo de fibra es al 1%, puesto que, la adición de la fibra en pequeñas cantidades aumenta la resistencia a la tracción y también aumenta la resistencia	International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)	2019

<b>Fuente</b>	<b>Título</b>	<b>Ideas Principales</b>	<b>Método</b>	<b>Subtemas</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>Revista</b>	<b>Año</b>
	Engineering and Technology (IRJET).	refuerzo del concreto en diferentes proporciones en pequeños trozos de 3 a 5 cm			de la unión, aumenta la dureza y disminuye la permeabilidad.		
17	AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON SISAL FIBRE REINFORCED CONCRETE WITH DIFFERENT MIX PROPORTIONS.	Comprobar las propiedades de trabajabilidad y resistencia del hormigón reforzado con fibra de sisal con diferentes proporciones de mezcla y diferentes dosificaciones de adición de fibra. (0,5%, 1% y 1,5%)	Experimental	Resistencia a la compresión y resistencia a la tracción	Según los investigadores se concluye que la trabajabilidad del hormigón se vio afectada considerablemente con la adición de fibra de sisal. Solo después de la adición del 0,2% de súper plastificante y la relación agua/cemento de 0,45 a la mezcla, se logró la trabajabilidad adecuada. Asimismo, la adición de fibra al 1.5% fue más óptima en la resistencia a la compresión y tracción tanto para el diseño de mezcla M20 como para M25.	International Journal of Advanced Science and Engineering Research.	2018
18	The Effect of specimen shape on the mechanical properties of sisal fiber-	Evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión y resistencia a la tracción con adición de fibra de Agave Sisal	Experimental	Resistencia a la compresión y resistencia a la tracción	Según los investigadores se concluye que, la fibra de sisal tiene la tendencia a reducir la trabajabilidad del hormigón y requiere un mayor esfuerzo de compactación, lo que resulta en el riesgo de reducción de la	The Open Civil Engineering Journal.	2018



Fuente	Título	Ideas Principales	Método	Subtemas	Conclusiones	Revista	Año
	reinforced concrete.	en porcentajes de 0,5%, 1,0%, 1,5% y 2,0%.			resistencia a la compresión del hormigón a medida que se reduce el peso del hormigón endurecido, sin embargo, la incorporación de sisal aumenta la resistencia a la tracción del hormigón para todos los porcentajes hasta un 2,0%.		
19	Análisis del incremento de la resistencia mecánica del concreto con la adición de fibra vegetal	Evaluar experimentalmente las propiedades del concreto en estado fresco como el asentamiento y las propiedades del concreto en estado endurecido como la compresión, la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión.	Experimental	Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión y asentamiento	Según los investigadores se concluye que la trabajabilidad de la mezcla de concreto disminuye con el aumento de los porcentajes de fibra, la resistencia a compresión del concreto al adicionar fibra en porcentajes de 0,50% y 1,00% va aumentando, pero al llegar al 2,00% la resistencia a compresión cae; la resistencia a la tracción alcanza la máxima resistencia a una adición de 1,00% de fibra y la resistencia a la flexión alcanza una mejoría máxima a un 2,0% de dosificación. Por lo tanto, el 1,0% es la dosificación óptima	Universidad Nacional de Cajamarca.	2015

Fuente	Título	Ideas Principales	Método	Subtemas	Conclusiones	Revista	Año
					para los diseños de mezcla con fibra Agave Cordillerensis (Cabuya) aumentando las propiedades a la compresión, tracción y flexión del concreto.		
20	An Experimental Study on Mechanical and Durability Properties of Concrete Made with Natural and Artificial Fiber.	Evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción para mejorar el rendimiento del concreto, usando 1% de fibra de sisal y 1% de fibra de acero en un hormigón de grado M20	Experimental	Resistencia a la compresión y resistencia a la tracción	Según los investigadores se concluye que, mezcla de hormigón con fibra de sisal tiene el mayor rendimiento de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y prueba de ataque ácido en todas las edades.	International Journal for Innovative Research in Science and Technology	2015
21	Experimental Study on the Influence of Sisal Fiber Reinforcement on the Properties of Self Compacting Concrete.	Evaluar experimentalmente la trabajabilidad, la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión del concreto con fibra de agave sisal	Experimental	Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión y asentamiento	Según los investigadores se concluye que la resistencia a la compresión, a la tracción, y a la flexión aumentaron en un 407 kg/cm <sup>2</sup> (10%), 73 kg/cm <sup>2</sup> (30%) y 32 kg/cm <sup>2</sup> (33,45%) respectivamente después de la adición de 0,75% de fibra agave sisalana; sin embargo, el asentamiento disminuye con el	International Journal of Civil Engineering and Technology	2019

Fuente	Título	Ideas Principales	Método	Subtemas	Conclusiones	Revista	Año
					aumento del porcentaje de fibra empleado.		
22	Experimental Study on Effects of Sisal Fiber Reinforced Concrete.	Evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del concreto con dosificaciones de 0,5%, 1%, 1,5%; 2% y 3% de fibra de agave sisal.	Experimental	Resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión	Según los investigadores, se concluye que, el porcentaje más óptimo de fibra de agave sisal fue de 1,5% observados en los ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión del concreto	International Journal and Magazine of Engineering, Technology, Management and Research	2015
23	An Interpretation on the Properties of Sisal Fiber Reinforced Concrete with Distinct Proportions of Fiber Addition	Evaluar experimentalmente la trabajabilidad y la resistencia a la compresión con fibras de Agave Sisalana, a través del uso de distintos porcentajes de fibra de 0,5%; 1% y 1,5% y longitud de fibra de 4 cm. a los 3, 7 y 28 días de curado	Experimental	Resistencia a la compresión y asentamiento.	Según los investigadores, se concluye que agregar 1% de fibra de sisal al hormigón es efectivo y económico porque tiene buena resistencia a la compresión.	Materials Science, Engineering	2017
24	Experimental Investigation on the Strength of	Mejorar el rendimiento del concreto con la adición de fibras de	Experimental	Resistencia a la compresión, resistencia a la	Según los investigadores, se concluye que la adición de fibras aumenta la resistencia a la	Journal of Science	2017

Fuente	Título	Ideas Principales	Método	Subtemas	Conclusiones	Revista	Año
	Sisal Fibre Reinforced Concrete. Inter.	agave sisalana en dosificaciones de 0%, 0,5%, 1%, 1,5% y 2%, para evaluar la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión.		tracción y la resistencia a la flexión	compresión, tracción y flexión del concreto y el máximo fue para la dosificación de fibra del 1% en los tres grados de concreto ensayados	Technology y Engineering,	
25	Strength and durability evaluation of sisal fibre reinforced concrete.	Mejorar el rendimiento del concreto con la adición de fibras de agave sisalana en concreto de fibra de sisal modificado con polímero de latex y sin modificar, para evaluar la trabajabilidad, la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión.	Experimental	Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión y asentamiento	Según los investigadores, se concluye que, cuando el porcentaje de fibra aumenta en más del 1%, se observa una reducción en las propiedades físico-mecánicas del concreto.	International Journal of Civil Engineering and Technology	2017
26	Utilization of sisal fiber in portland cement	Evaluar experimentalmente la resistencia a la compresión y la	Experimental	Resistencia a la compresión y resistencia a la tracción	Según los investigadores, se concluye que la reducción de resistencia se debe a dosificaciones mayores de 1%,	International Journal of Civil Engineering y	2018

<b>Fuente</b>	<b>Título</b>	<b>Ideas Principales</b>	<b>Método</b>	<b>Subtemas</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>Revista</b>	<b>Año</b>
	concrete elements.	resistencia a la tracción del concreto con porcentajes de fibra de agave sisal de 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2%.			siendo esta la más óptima, la adición de fibra de sisal en pequeñas cantidades aumenta la resistencia.	Technology (IJCIET)	
27	Self-Compacting Concrete Reinforced with Sisal Fibres.	Evaluar experimentalmente la trabajabilidad, resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción del concreto con adición de fibra de 0,5%, 1%, 1,5% y 2%	Experimental	Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y asentamiento	Según los investigadores, se concluye que la resistencia a los 28 días era máxima cuando el porcentaje de fibra utilizado era del 1,5%, sin embargo, después de ese porcentaje existe una disminución en la resistencia con la adición de fibras.	International Journal of Latest Technology in Engineering, Management and Applied Science	2017
28	Strength Properties of Sisal Fiber Concrete with 30% Partial Replacement of Ground Granulated Blast Furnace Slag.	En este trabajo se utiliza fibra de sisal en diferentes porcentajes en peso de concreto como refuerzo para incrementar las propiedades del concreto con reemplazo parcial de cemento en un 30% de escoria de alto horno granulada molida. El estudio experimental	Experimental	Resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión	Según los investigadores, se concluye que la mezcla de hormigón con reemplazo de cemento por GGBS y adición de fibra mejora las propiedades de resistencia, la resistencia al agrietamiento y es ecológica.	International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)	2017

Fuente	Título	Ideas Principales	Método	Subtemas	Conclusiones	Revista	Año
		consiste en la comparación de la resistencia del hormigón de fibra con el concreto convencional					
29	STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH NATURAL FIBERS AND PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT BY METAKAOLIN	Mejorar el rendimiento al hormigón autocompactante con fibra de agave sisal y cáñamo en dosificaciones de 0,5%; 1%; 1,5%; 2% y Metacaolín con el hormigón convencional.	Experimental	Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión	Según los investigadores, se concluye que, las combinaciones de concreto con fibra de cáñamo (0,5%) y mezcla de caolín (15%) aumenta un 61,08% al concreto normal, también las combinaciones de fibra de sisal (1%) con metacaolín (15%) da un 58,14% en comparación con el concreto normal. Entonces el reemplazo parcial de cemento con metacaolín hasta 15% y adición de fibras naturales al hormigón hasta 0,5% y 1% son las dosificaciones más óptimas.	International Journal of Pure and Applied Mathematics	2018
30	Influencia de la fibra de maguey en las propiedades mecánicas del	Mejorar el rendimiento del concreto con adición de fibras de agave o maguey con 0.60%, 0.70%, 0.80%, para	Experimental	Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y la	Según los investigadores, se concluye que, la influencia de las fibras de maguey en las propiedades mecánicas del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y se	Universidad Cesar Vallejo	2021

<b>Fuente</b>	<b>Título</b>	<b>Ideas Principales</b>	<b>Método</b>	<b>Subtemas</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>Revista</b>	<b>Año</b>
	concreto de $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en el distrito de Huancavelica, 2021.	evaluar experimentalmente el asentamiento del concreto y la resistencia a la compresión, tracción y flexión.		resistencia a la flexión	tuvo como resultados que al adicionar la fibra de maguey de 0.50% y 0.70% la resistencia del concreto a los esfuerzos a tracción, compresión y flexión mejora respecto a la muestra patrón.		

*Nota.* Elaboración Propia