



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar las propiedades físico-
mecánicas del concreto estructural

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Civil

AUTORES:

Espinoza Huapaya, Victor Roger Andre

ORCID: 0000-0002-2055-8795

Lazaro Olano, Katherine Veronica

ORCID: 0000-0003-4209-7130

ASESORA:

Chavarría Reyes, Liliana Janet

ORCID: 0000-0002-1759-2132

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Espinoza Huapaya, Victor Roger Andre

DNI: 71996749

Lazaro Olano, Katherine Veronica

DNI: 74084676

Datos de asesor

Ing. Chavarría Reyes, Liliana Janet

DNI: 25481792

Datos del jurado

JURADO 1

Torres Chung, César Roberto

DNI: 41182279

ORCID: 0000-0002-3212-2817

JURADO 2

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

JURADO 3

Donayre Córdova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-5142-3789

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mis padres y abuelos, por su apoyo incondicional y la fe puesta en mi persona.

Victor Roger Andre Espinoza Huapaya

Dedico esta tesis a mis padres, quienes me han formado y apoyado en cumplir mis metas. A mis abuelos que están en el cielo, este logro es para ustedes.

Katherine Veronica Lazaro Olano

AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta carrera, contribuyeron con su asesoría, a la Mg. Ing. Chavarría Reyes, Liliana Janet y Dr. Ing. Chavarry Vallejos Carlos Magno que con sus conocimientos y apoyo nos guiaron a través de cada etapa de investigación para alcanzar los resultados que se buscaba.

Victor Espinoza y Katherine Lazaro

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCION	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.1.1 Árbol del problema	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Delimitación de la investigación	3
1.4.1 Geográfica.....	3
1.4.2 Temporal	3
1.4.3 Temática.....	3
1.4.4 Muestral	3
1.5 Justificación del estudio	4
1.5.1 Conveniencia.....	4
1.5.2 Relevancia Social.....	4
1.5.3 Aplicaciones prácticas.....	4
1.5.4 Utilidad metodológica.....	4
1.5.5 Valor teórico	4
1.6 Importancia del Estudio.....	4
1.6.1 Nuevos Conocimientos	4
1.6.2 Aporte	5
1.7 Limitaciones	5
1.7.1 Falta de Estudios Previos de Investigación.....	5
1.7.2 Metodológicos o Prácticos	5

1.7.3 Medidas para la Recolección de Datos	5
1.7.4 Obstáculos en la Investigación.....	5
1.8 Alcance.....	5
1.9 Viabilidad	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 Marco Histórico.....	7
2.2 Investigaciones Relacionadas con el tema	7
2.2.1 Investigaciones Internacionales	7
2.2.2 Investigaciones Nacionales	10
2.2.3 Artículos Relacionados con el tema.....	13
2.3 Estructura Teórica y científica que sustenta el Estudio.....	16
2.3.1 Concreto.....	16
2.3.2 Propiedades del concreto en estado fresco.....	16
Asentamiento (ASTM C143):	16
Contenido de aire (ASTM C231 y C173):	18
Segregación	18
Exudación:.....	19
2.3.3 Propiedades del concreto en estado endurecido.....	20
Resistencia a la compresión (ASTM C 31)	20
Resistencia a la flexión (ASTM C 78)	20
Durabilidad:.....	21
Módulo de elasticidad:	21
2.3.4 Cemento Portland.....	22
2.3.5 Tipos básicos del Cemento Pórtland.....	22
2.3.6 Características físicas del Cemento Pórtland	23
2.3.7 Características químicas del Cemento Pórtland.....	23
2.3.8 Fabricación del cemento portland	24
2.3.9 Emisión de partículas y gases	25
2.3.10 Agregado fino	25
2.3.11 Agregado grueso.....	26
2.3.12 Agua.....	26
2.3.13 Aditivos	26

2.3.14	Diseño de mezcla.....	26
2.3.15	Relación Agua – cemento.....	27
2.3.16	Norma ACI 318S-14.....	27
2.3.17	Puzolanas	27
2.3.18	Caña de azúcar	28
2.3.19	Ceniza de Bagazo de caña de Azúcar	28
2.3.20	Proceso de producción de la ceniza de bagazo.....	29
2.3.21	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar	30
2.3.22	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar	30
2.4	Definición de términos básicos	31
	Diseño de mezcla.....	31
	Relación Agua – cemento.....	31
	Ceniza de bagazo de caña de azúcar.....	31
	Asentamiento.....	31
	Resistencia a la compresión.....	31
	Resistencia a la flexión.....	32
2.5	Fundamentos teóricos que sustentan la Hipótesis	32
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS		33
3.1	Hipótesis.....	33
	3.1.1 Hipótesis general.....	33
	3.1.2 Hipótesis específicas	33
3.2	Variables.....	33
	3.2.1 Variables dependientes	33
	3.2.2 Variables independientes	33
3.3	Sistema de variables	33
	3.3.1 Definición conceptual	33
	3.3.2 Definición operacional.....	34
	3.3.3 Operacionalización de variables	34
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA.....		36
4.1	Método de la investigación.....	36
4.2	Tipo de Investigación	37

4.3 Nivel de Investigación.....	37
4.4 Diseño de la investigación.....	38
4.5 Población y muestra	40
4.5.1 Población.....	40
4.5.2 Muestra	41
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
4.6.1 Instrumento de recolección de datos.....	43
4.6.2 Métodos y técnicas.....	43
4.7 Descripción del procesamiento de análisis.....	43
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	44
5.1 Resultados de la investigación.....	44
5.2 Análisis e interpretación de los resultados	71
5.3 Contratación de hipótesis.....	79
DISCUSION.....	82
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
Anexo 01: Matriz de consistencia: Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural	92
Anexo 02: Matriz de Referencias bibliográficas.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.....	16
Tabla 2.	Causa y prevención debido a la segregación	19
Tabla 3.	Características físicas del Cemento Portland	23
Tabla 4.	Características químicas de los cementos (% en masa)	244
Tabla 5.	Composición de los gases emitidos por el horno	25
Tabla 6.	Variación de la ceniza conforme a la temperatura de calcinación.....	299
Tabla 7.	Rango de las características físicas de la CBCA.....	30
Tabla 8.	Composición química de la ceniza de bagazo de la caña de azúcar en el Perú. .	30
Tabla 9.	Operacionalización de las Variables	35
Tabla 10.	Procedimiento de Muestreo	39
Tabla 11.	Población.....	41
Tabla 12.	Muestra	42
Tabla 13.	Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	44
Tabla 14.	Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.....	45
Tabla 15.	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña.....	47
Tabla 16.	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	47
Tabla 17.	Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.....	48
Tabla 18.	Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado.....	49
Tabla 19.	Resistencia a la flexión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.	50
Tabla 20.	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	51
Tabla 21.	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	51
Tabla 22.	Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.....	52
Tabla 23.	Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.....	53
Tabla 24.	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	54
Tabla 25.	Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.....	55
Tabla 26.	Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado.....	56
Tabla 27.	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	57

Tabla 28.	Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.....	57
Tabla 29.	Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado.....	58
Tabla 30.	Resistencia a la flexión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado.....	59
Tabla 31.	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	60
Tabla 32.	Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.....	61
Tabla 33.	Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado.....	62
Tabla 34.	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	63
Tabla 35.	Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado.	64
Tabla 36.	Resistencia a la flexión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado.....	65
Tabla 37.	Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.....	65
Tabla 38.	Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14, 21 y 28 días de curado.....	66
Tabla 39.	Composición química de la CBCA.....	68
Tabla 40.	Resultados del asentamiento en estado fresco.	68
Tabla 41.	Resultados de la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días.	69
Tabla 42.	Resultados de la resistencia a la flexión con CBCA a los 7, 14, 21 y 28 días....	70
Tabla 43.	Análisis comparativo de asentamiento alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 280 kg/cm ²	71
Tabla 44.	Análisis comparativo de asentamiento alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 210 kg/cm ²	72
Tabla 45.	Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 280 kg/cm ² a los 7 días.	74
Tabla 46.	Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 280 kg/cm ² a los 28 días.	75
Tabla 47.	Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 210 kg/cm ² a los 7 días.	76
Tabla 48.	Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 210 kg/cm ² a los 28 días.	77

Tabla 49.	Análisis comparativo de resistencia a la flexión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto a los 28 días.	78
-----------	--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Árbol del problema	2
Figura 2.	Medición del asentamiento del concreto fresco.....	17
Figura 3.	Proceso de fabricación del cemento.....	24
Figura 4.	Estados de material: Caña de azúcar, bagazo de caña y CBCA.	29
Figura 5.	Fundamentos teóricos de la investigación	32
Figura 6.	Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	45
Figura 7.	Resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.	46
Figura 8.	Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar	47
Figura 9.	Asentamiento para el diseño de mezcla de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	48
Figura 10.	Resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado, para $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	49
Figura 11.	Resultados a la resistencia a la flexión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.....	50
Figura 12.	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	52
Figura 13.	Asentamiento para el diseño de mezcla de $f'c=210 \text{ kg/cm}$	52
Figura 14.	Resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.....	53
Figura 15.	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el Perú ..	54
Figura 16.	Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.....	55
Figura 17.	Resultados a la resistencia a la compresión de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	56
Figura 18.	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	57
Figura 19.	Resultados del asentamiento para los 7, 14 y 28 días.	58
Figura 20.	Resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.....	59
Figura 21.	Resistencia a la flexión a los 28 días.	60
Figura 22.	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	61
Figura 23.	Resultados del asentamiento para los 28 días.	61
Figura 24.	Resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.....	62
Figura 25.	Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar	63

Figura 26.	Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado.	64
Figura 27.	Resultados del asentamiento en estado fresco.	66
Figura 28.	Resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14, 21 y 28 días de curado.....	67
Figura 29.	Composición química de la CBCA.....	68
Figura 30.	Resultados del asentamiento en estado fresco.	69
Figura 31.	Resultados de la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días.	69
Figura 32.	Resultados de la resistencia a la flexión con CBCA a los 7, 14, 21 y 28 días. ...	71
Figura 33.	Análisis comparativo de asentamiento alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 280 kg/cm ²	72
Figura 34.	Análisis comparativo de asentamiento alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 210 kg/cm ²	73
Figura 35.	Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 280 kg/cm ² a los 7 días.	74
Figura 36.	Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 280 kg/cm ² a los 28 días.	75
Figura 37.	Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 210 kg/cm ² a los 7 días.	76
Figura 38.	Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 210 kg/cm ² a los 28 días.	77
Figura 39.	Análisis comparativo de resistencia a la flexión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto a los 28 días.	78

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal determinar el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.

El concreto se ha vuelto uno de los materiales con mayor demanda lo que en consecuencia provoca que aumente la degradación del ambiente, actualmente debido a la alta generación de gases producidos por la fabricación de cementos, se viene proponiendo el uso de residuos industriales con alta capacidad puzolánica que mejoren las propiedades del concreto.

Esta investigación emplea el método deductivo, con una orientación aplicada, enfoque cuantitativo, basándose en la intención de obtener resultados que permitan hacer generalizaciones.

El porcentaje óptimo para reemplazar el cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar resulta ser al 5%, teniendo en consideración sus características físicas y químicas, las resistencias obtenidas resultan ser superiores a la muestra patrón. Por el contrario, utilizar al 10% de sustitución llega a aproximarse a la muestra patrón, pero disminuye conforme aumenta la dosificación. La temperatura de calcinación arriba de 800 C° es esencial para la presencia rica de sílice en la ceniza. En el Perú el contenido de sílice se aproxima al 67% lo cual resulta ser lo ideal para realización el diseño de mezcla. Para obtener resultados mayores a 280 kg/cm² se necesitan usar las proporciones en peso de 1: 2.86: 2.25 / 0.52 y un contenido de sílice mayor a 50%.

Palabras Claves: ceniza de bagazo de caña de azúcar, trabajabilidad, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y diseño de mezcla.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to determine the optimal percentage of sugarcane bagasse ash to improve the physical-mechanical properties of structural concrete.

Concrete has become one of the materials with the highest demand, which consequently causes the degradation of the environment to increase, currently due to the high generation of gases produced by the manufacture of cements, the use of industrial waste with high pozzolanic capacity that improves the properties of concrete has been proposed.

This research uses the deductive method, with an applied orientation, quantitative approach, based on the intention of obtaining results that allow generalizations.

The optimal percentage to replace cement with sugarcane bagasse ash turns out to be 5%, taking into account its physical and chemical characteristics, the resistances obtained turn out to be higher than the standard sample. On the contrary, using 10% substitution comes close to the standard sample, but decreases as the dosage increases. The calcination temperature above 800 C° is essential for the rich presence of silica in the ash. In Peru, the silica content is close to 67%, which is ideal for mixing design. To obtain results greater than 280 kg/cm² you need to use the weight ratios of 1: 2.86: 2.25 / 0.52 and a silica content greater than 50%.

Keywords: Sugarcane bagasse ash, workability, compressive strength, bending strength and mixing design.

INTRODUCCION

Esta tesis está enfocada en mejorar las propiedades físico-mecánico del concreto estructural, para obtener un óptimo porcentaje de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Esta investigación servirá como aporte para futuras investigaciones de ingeniería donde se requiera un óptimo porcentaje de ceniza de bagazo de caña de azúcar. La investigación nos dará una metodología de recolección de datos basándose en la recopilación de datos de diversos artículos científicos, tesis de investigaciones internacionales, investigaciones nacionales, así se demuestra que la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora las propiedades físico - mecánicas del concreto estructural que puede emplearse en el sector de la construcción

Las propiedades físico – mecánicas del concreto estructural, son esenciales para lograr un concreto estructural de calidad en obras civiles, lo cual en este estudio queremos lograr construcciones resistentes y con durabilidad a agentes externos.

El objetivo de la investigación es dar a conocer el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.

Planteándose los cuatro objetivos específicos:

- Determinar las características físicas y químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar el diseño del concreto estructural.
- Determinar el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la trabajabilidad del concreto estructural.
- Determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a la compresión del concreto estructural.
- Determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a la flexión del concreto estructural.

La presente investigación se desarrolla en seis capítulos, el capítulo I viene a ser el planteamiento del problema donde se describen la realidad problemática, formulación del problema, los objetivos, delimitación, la justificación del estudio , importancia, limitaciones, alcance y viabilidad de la investigación; en el capítulo II vemos el marco teórico donde se encontrará las investigaciones relacionadas con el tema, estructura teóricas y científicas, definición de términos básicos, fundamentos teóricos; en el capítulo III identificamos el sistema de hipótesis, las variables a estudiar; sistema de variable en el capítulo IV encontramos la metodología de la investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, variables, población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de

datos; descripción del procesamiento de análisis, en el capítulo V se desarrollan los presentación y análisis de resultados, interpretación de resultados y contrastación de hipótesis de la investigación; finalmente tenemos en el capítulo VI tenemos el desarrollo de la discusión, conclusiones y recomendaciones de la investigación. Todos estos capítulos implican el correcto desarrollo de esta investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En el ámbito de la construcción, el concreto actualmente es uno de los materiales de mayor demanda debido a la diversidad que presenta. De acuerdo a Rendón et AL (2019), citado en Coronel ,R., Muñoz, S & Rodríguez (2021) señala que es debido a sus buenas propiedades estructurales, de fácil fabricación y bajos costos, pero también es el que necesita como producto principal al cemento el cual tiene una producción mundial de 1.6 millones de toneladas y se estima que para el año 2050 se incremente hasta en un 225% con respecto a sus valores actuales, esta producción representa aproximadamente el 7% de la generación de dióxido de carbono en la atmósfera, lo que en consecuencia provoca que aumente la degradación del ambiente, hoy en día debido a la alta generación de gases producidos por la fabricación de cementos, se viene proponiendo el uso de residuos industriales con alta capacidad puzolánica que mejoren las propiedades del concreto.

Entre los materiales más desechables por la agricultura tenemos a la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), siendo un subproducto agrícola industrial con propiedades puzolánicas de alto contenido de óxido de sílice y óxido de aluminio, que generan un material cementante similar al cemento Portland.

Según Acuña, C. & Caballero, H. (2018) mencionan que usando la CBCA en sustitución del cemento Portland nos ayuda a reducir parte de la generación de CO₂ y por ende contribuye a disminuir los gases de efecto invernadero la cual provoca el calentamiento global, también disminuye la explotación minera necesaria para la producción de cemento Portland evitando la depredación de recursos naturales, y se evitaría la eliminación de la ceniza en botaderos.

Ante esta realidad problemática, la presente investigación centra su estudio en las cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar y evaluar las propiedades físico-mecánicas del concreto, reducir el impacto ambiental y generar un producto de calidad.

1.1.1 Árbol del problema

Para entender el tema se elaboró el árbol del problema que se muestra es la Figura 1 con la relación entre las causas – consecuencias de la cual la ceniza de bagazo

de la caña de azúcar se utilizará como un reemplazo del cemento para la mejora del concreto estructural.

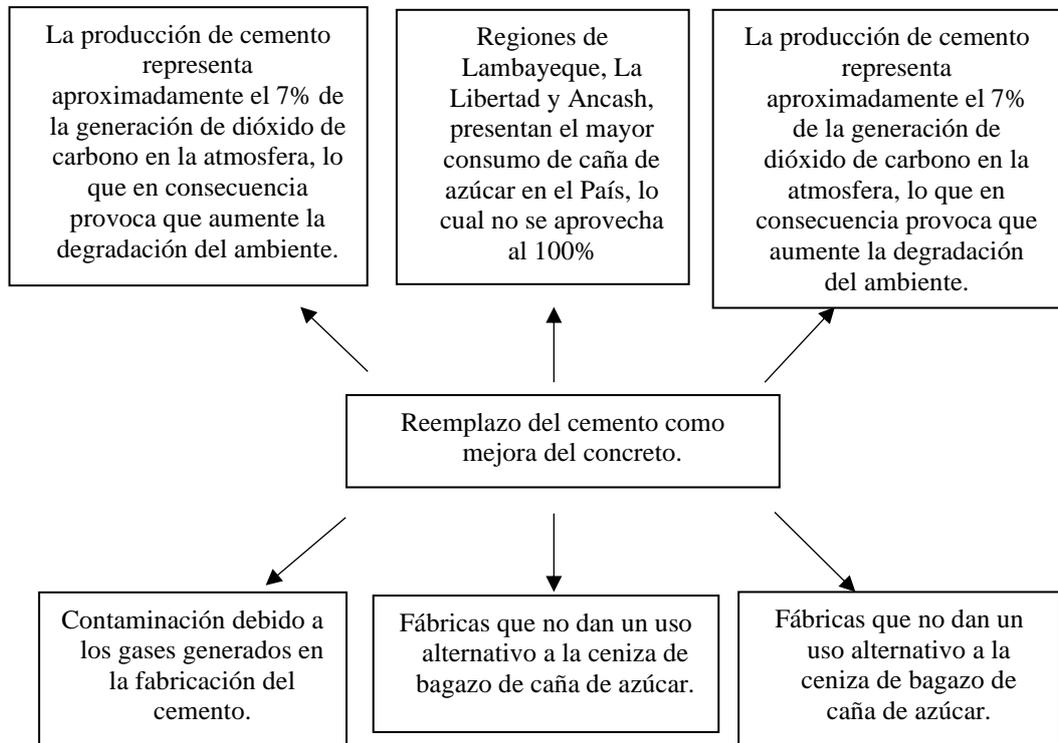


Figura 1. Árbol del problema
Fuente: Elaboración Propia

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿De qué manera las características físicas y químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejoran el diseño de mezcla del concreto estructural?
- b) ¿De qué manera el porcentaje de la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la trabajabilidad del concreto estructural?
- c) ¿De qué manera el porcentaje la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la compresión del concreto estructural?
- d) ¿De qué manera el porcentaje de la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye la resistencia a la flexión del concreto estructural?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general.

Determinar el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Determinar las características físicas y químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar el diseño del concreto estructural.
- b) Determinar el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la trabajabilidad del concreto estructural.
- c) Determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a la compresión del concreto estructural.
- d) Determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a la flexión del concreto estructural.

1.4 Delimitación de la investigación

1.4.1 Geográfica

La presente investigación se delimita en zonas de la costa con una condición climática cálida.

1.4.2 Temporal

La investigación se realizó entre los meses de mayo y noviembre del 2022.

1.4.3 Temática

Campo : Tecnología del concreto

Área Académica : Adiciones

Línea de investigación : Diseño de mezcla

1.4.4 Muestral

La muestra está compuesta por la recolección de resultados de ensayos, los cuales incluyen los porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar que reemplazan al cemento.

1.5 Justificación del estudio

1.5.1 Conveniencia

La investigación tiene como propósito dar una alternativa diferente al método usual con el uso de nuevos materiales en el concreto, el cual ofrecerá una mejora para las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.

1.5.2 Relevancia Social

La investigación se realizó para zonas de clima cálido, donde se busca beneficiar a la población brindando una alternativa diferente con un menor impacto ambiental.

1.5.3 Aplicaciones prácticas

La investigación aportará a los futuros proyectos de ingeniería donde se busque implementar un concreto sustentable y aprovechar el uso de un desecho de industria como la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

1.5.4 Utilidad metodológica

La investigación tiene como instrumento de estudio, la recolección de datos con muestras de ensayos y pruebas, lo cual demuestran que la ceniza de bagazo de caña de azúcar incrementa las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural y pueden utilizarse en el sector de la construcción.

1.5.5 Valor teórico

Esta investigación va a contribuir al concreto con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar las propiedades físico-mecánicas, con la cual se obtiene un concreto mejorado con un incremento en su resistencia mecánica, y reducción de la permeabilidad del concreto, para poder llegar a los resultados esperados.

1.6 Importancia del Estudio

1.6.1 Nuevos Conocimientos

La investigación nos da una nueva alternativa de diseño de mezcla del concreto utilizando la ceniza de bagazo de caña de azúcar como material puzolánico y reemplazo porcentual del cemento.

1.6.2 Aporte

Esta investigación aporta un beneficio al nuevo diseño de concreto con ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural e implementarlo en proyectos de construcción; así mismo ayudará a reducir la contaminación ambiental generada por el campo de ingeniería civil y agroindustrial.

1.7 Limitaciones

1.7.1 Falta de Estudios Previos de Investigación

En la presente investigación, se dispuso de material de información como recopilaciones de investigaciones nacionales e internacionales, revistas, artículos y libros que guarden relación con la investigación. Por tanto, no presenta limitaciones.

1.7.2 Metodológicos o Prácticos

En el estado de emergencia frente a la pandemia COVID 19 y viruela del mono actual en que nos encontramos, no nos permitió realizar los ensayos en los laboratorios de la Universidad Ricardo Palma

1.7.3 Medidas para la Recolección de Datos

La recolección de datos se realizó estadísticamente, obteniendo de los proyectos que están descritos para obtener datos de estudios preliminares.

1.7.4 Obstáculos en la Investigación

La situación actual tras el brote de la enfermedad COVID19 al nivel mundial es una emergencia de salud pública por lo cual las empresas no lograron apoyar con la entrega de la ceniza de bagazo de caña de azúcar, obstaculizando la realización de pruebas.

Los diversos artículos en idioma inglés, dificultaron la búsqueda y recolección de datos.

1.8 Alcance

La investigación se basa en un diseño de mezcla con la ceniza de bagazo de caña de azúcar analizando las propiedades físico-mecánicas. Este estudio también puede ser realizado en zonas donde posean una alta producción de caña de azúcar y así reducir la contaminación ambiental.

1.9 Viabilidad

La investigación es viable ya que existen diversas fuentes de artículos científicos, noticias, revistas y tesis nacionales e internacionales, con investigaciones de la ceniza de bagazo de caña de azúcar a un concreto estructural.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Histórico

Durante el Imperio Romano el uso del hormigón como elemento constructivo tanto en grandes como en pequeñas estructuras e infraestructuras alcanzó un grado de tal satisfacción que no se volvió a lograr hasta el siglo XIX. Esto se debió posiblemente a la gran habilidad constructiva de los romanos y a la facilidad de conseguir cerca de Roma arenas volcánicas con propiedades cementicias, con las que preparaban un mortero mezclando dichas arenas con piedras naturales (habitualmente cal y guijarros). Este mortero poseía unas propiedades físico-mecánicas prácticamente idénticas a las que posee el hormigón utilizado en las construcciones erigidas en la actualidad, y era utilizado en la construcción de estructuras enormes que han probado ser muy duraderas con el paso de los siglos. Nistal et al. (2012), citado en Chumán, K & Rivas, Y (2020).

A poco de la invasión europea al Perú llegó la caña de azúcar gracias a la visión del conquistador y primer gobernador de Trujillo don Diego de Mora quien la trajo de México y la sembró en su hacienda del valle de Chicama. De acuerdo al historiador Romero Pintado, en el año 1549 el pacificador Pedro de La Gasca, anotó en un informe que para esa fecha ya había en el Perú cuatro trapiches que molían caña y producían azúcar. (Dargent, 2017). Este fue el inicio de una actividad que con altas y bajas ha estado presente permanentemente la agricultura peruana y en especial en los valles de lo que hoy son la costa de las regiones de Lambayeque, La Libertad y Ancash. (Dargent, 2017).

Uno de los desechos agrícolas principales es el residuo o ceniza de bagazo de caña de azúcar ya que su disponibilidad es alta y es botado en lugares apartados de la ciudad, pocas son las empresas que ocupan estas cenizas para la obtención de energía. (Vélez, 2019).

2.2 Investigaciones Relacionadas con el tema

2.2.1 Investigaciones Internacionales

Muthukumar, S. et al. (2021) en su investigación sobre las propiedades mecánicas del concreto permeable ecológico. Asegura que en esta investigación el desarrollo sostenible en el campo de las estructuras de concreto puede lograrse minimizando el uso de cemento en el concreto, la CBCA (ceniza de bagazo de caña de azúcar) se recolecta de los ingenios azucareros en Sakthi Bhavani y se prueban sus propiedades químicas en el cual se hace la retención en el tamiz de 90mm, para

poder diseñar seis mezclas de concreto con reemplazo de CBCA de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, y 25%. La adición de un porcentaje mayor de cenizas de bagazo da como resultado un alto requisito de agua, que da como resultado una mala unión entre los materiales.

Esta investigación es relevante porque ayudó al concreto resultante a satisfacer el empaquetamiento denso de materiales, así como también vacíos adecuados para formar una matriz abierta estructural. Y que la adición de un porcentaje mayor de cenizas de bagazo da como resultado un alto requisito de agua, que da como resultado una mala unión entre los materiales.

Safayat, M. et al. (2018) en su investigación sobre trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto mediante el uso de cenizas de bagazo de azúcar, afirman que el objetivo de este estudio es calcular la resistencia a la compresión, el valor de asentamiento o la trabajabilidad del concreto, utilizando la ceniza de bagazo de caña de azúcar en lugar de una cierta cantidad de cemento. Realizo pruebas donde SCBA reemplaza el cemento como un peso de 5%, 10% y 15% que se considera. Esta tesis es relevante porque se concluye que el porcentaje hasta 0 a 5 de SCBA con la sustitución del cemento se obtiene la mejor resistencia del concreto. Pero cuando aumentó por encima del 5% de SCBA con el reemplazo de cemento luego el compresivo disminuye la resistencia del concreto.

Juela, D. et al. (2019) en su investigación tiene como objetivo analizar el efecto que produce la sustitución de cemento portland por ceniza de bagazo de caña (CBC), en la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto. Las mezclas de concreto se prepararon según el método ACI 211.1 con una relación de agua/material cementicio de 0.43. Se ensayaron tres porcentajes de reemplazo de CBC al 5, 10 y 20%; donde las muestras cilíndricas se probaron la resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días, y se compararon frente a un concreto convencional donde se observó que la adición de CBC al 10% incrementó la resistencia en 2.14% demostrando que la CBC, mejora la resistencia, por lo que serían adecuados para la aplicación en la industria de la construcción.

Esta tesis es relevante porque se concluye que la ceniza de bagazo de caña (CBC) debido a sus propiedades puzolánicas mejora la resistencia a la compresión y la resistividad eléctrica, siendo el 10% el porcentaje óptimo de reemplazo. concreto.

Izquierdo, P. (2019) en su tesis investigó sobre el uso de la ceniza de bagazo de caña (CBC) como reemplazo del cemento portland; esta posee un alto contenido de sílice, en promedio 70%. Afirma que el uso de este material ayuda a que la resistencia del concreto aumenta superando incluso las resistencias de un concreto tradicional. Este artículo es relevante ya que los morteros con adiciones de ceniza de bagazo de caña aumentan su resistencia a los 56 días entre 2.5% y 5.0%, además la resistencia a flexión aumenta significativamente en aproximadamente 40%. Por su parte, concluyen que las disminuciones en emisiones de CO₂ disminuyen sustancialmente si se empieza a utilizar este tipo de desechos industriales.

Ali, N. et al (2016) en su investigación describe que la fabricación de 1 tonelada de cemento produciría aproximadamente 1 tonelada liberada de CO₂. Por lo tanto, la necesidad de buscar otro material que pueda reemplazar un cemento con las mismas propiedades y respetuoso con el medio ambiente es crucial. El material adecuado para reemplazar el cemento tiene que ser un material puzolánico debido a que los materiales puzolánicos tienen propiedades cementicias y un alto contenido de sílice. La SCBA tiene un valor de gravedad específica que es tres veces más alto en comparación con el cemento portland ordinario debido a que es más fino. Por lo tanto, requirió más agua en producción de concreto, el volumen de polvo necesario es mayor y conduce a un mayor requerimiento de agua para alcanzar la misma trabajabilidad que el concreto normal. También cuando el cemento se reemplaza con SCBA, el peso volumétrico del concreto disminuirá debido a la baja densidad de la ceniza. Cuando se reemplaza un 20% de cemento con SCBA en concreto, la resistencia a la compresión del concreto muestra un aumento del 10% en comparación con el concreto normal. Sin embargo, la fuerza muestra una reducción cuando el cemento es reemplazado por 15-25% de SCBA. Para la resistencia de tracción, 20% de reemplazo de cenizas de bagazo muestra un aumento de la resistencia. Sin embargo, con un reemplazo del 25% al 30%, los valores disminuyen.

Esta tesis es relevante porque se concluye que SCBA tiene potencial de mezclarse para obtener una óptima mezcla que tendría propiedades bastante similares o que

se acerquen al cemento Portland. En consecuencia, se podría realizar la producción de hormigón sostenible y verde.

2.2.2 Investigaciones Nacionales

Adrian, J & Bartolo, R. (2021) en su investigación de cenizas de bagazo de caña de azúcar como sustitución del cemento portland en elaboración de concreto hidráulico, su objetivo es elaborar un concreto hidráulico sustituyendo porcentualmente al cemento portland por las cenizas de bagazo de caña de azúcar al 5%, 10%, 15% y 20% con la metodología del ACI-211 para un diseño de mezcla de 210 kg/cm^2 y una relación de agua-cemento de 0.58. La CBCA fue calcinada a una temperatura de 800 a 1000 °C y utilizada para una metodología de diseño del ACI-211. La ceniza se obtuvo en estado húmedo, lo cual se realizó el secado en hornos a temperatura de 100°C y un tamizado por la malla #325. Su asentamiento disminuye según el porcentaje de sustitución de CBCA. El porcentaje más cercano es al 5%, con una disminución en -12.5% respecto a la muestra patrón. Se realizaron ensayos a la resistencia a la compresión en un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días, donde se aprecia que al 5% de sustitución de CBCA resulta ser el más óptimo con una resistencia a la compresión de 292 kg/cm^2 , con +1.38% sobre la muestra patrón de 288 kg/cm^2 a los 28 días.

Guerrero, S. (2020) en su tesis Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la concreta exploración preliminar del potencial de uso de la ceniza del valle del Chira, el objetivo fue brindar conocimiento preliminar del estado actual de la ceniza de bagazo de caña de azúcar producida en el Valle del Chira de la región Piura para el posible desarrollo de investigaciones futuras implementación como materia prima en el sector de la construcción.

El autor resalta que concluida esta etapa se procedió a determinar los ensayos necesarios para tener una caracterización a nivel exploratorio de la ceniza.

Esta tesis es relevante porque se concluye que, si bien se han obtenido resultados favorables en los estudios previos relacionados a la utilización de CBCA como arena o puzolana revisados en esta investigación, la ceniza con la que se cuenta no presenta condiciones iniciales adecuadas para su uso como material a incorporar en concretos y morteros.

Chávez, J. (2019) en su tesis Influencia de la ceniza del bagazo de caña de azúcar con la finalidad de mejorar la resistencia del concreto, usando los agregados de la cantera Figueroa, tuvo como objetivo analizar la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar al concreto para determinar si esta produce un incremento en la resistencia a la compresión.

El autor resalta que esta investigación se basó en la elaboración de probetas de concreto, los cuales se elaboraron con cemento Portland Tipo I de la marca Andino, agregado fino y agregado grueso de la cantera de Figueroa, la ceniza de bagazo de caña de azúcar fue extraído del Fundo Pacán, de la ciudad de Huánuco. La sustitución del 5%, 10%, 15% y 20% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en peso de cemento ensayado a los 28 días para la resistencia a la compresión, se obtuvo un incremento del 7.96%, y una disminución de -7.45%, -19.86% y -21.51%, respectivamente con respecto al concreto patrón.

Esta tesis es relevante porque concluye que porcentaje óptimo para el uso de la CBCA fue el de 5%, donde la resistencia es mayor en un 7.96% en comparación con el concreto patrón y pudiendo llegar a incrementar dicho porcentaje en el transcurso del tiempo.

Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020) mencionan en su tesis sobre un diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión en Tarapoto. Se plantea diferentes proporciones adicionando las cenizas de bagazo de caña de azúcar para la elaboración del concreto para mejorar la resistencia a compresión y llegar a un diseño óptimo de resistencia $f_c=210$ kg/cm². El autor resalta el óptimo diseño de mezcla ocurre con la adición del 5% de cenizas de caña de azúcar obteniendo una resistencia a compresión mayor a los demás diseños en los 7, 14 y 28 días de edad, el presente diseño fue realizado con grava chancada <1 ½” cantera rio Huallaga, de arena natural zarandeada < 3/8 del rio Cumbaza, agua que cumple con los requerimientos establecidos en las normas técnicas peruanas y cemento portland tipo Ico (Pacasmayo); sobrepasando la resistencia a compresión $f'_c= 210$ kg/cm² se determinó que la adición de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de CBCA ayudará a las propiedades mecánicas del concreto. La pérdida de asentamiento se da 1.5 hora de lo que se haya preparado el concreto este es el periodo donde el concreto no pierde trabajabilidad y puede ser colocado en cualquier estructura.

Arana, S. (2019) en su tesis ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial de cemento portland en la elaboración de concreto $f'_c=210$ kg/cm², sustituye el 6%, 8% y 10% en peso de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar, realizando posteriormente ensayos en el estado fresco y endurecido del concreto con el objetivo de determinar el mejor comportamiento de este material, identificando las diferencias y el nivel de significancia de las mismas, haciendo uso de la prueba de Tukey a través de métodos de comparación múltiple. El autor resalta que las sustituciones de ceniza de bagazo de caña de azúcar (6%, 8% y 10%) a los 7 días alcanzan una resistencia relativamente igual, evidenciando que en este periodo no se perciben variaciones notorias, mientras que en las edades finales de evaluación de 14 y 28 días, se obtuvo valores de resistencia mayor para las aplicaciones de 6% y 8% en comparación con los resultados obtenidos de la evaluación de probetas de las muestras patrón, evidenciando las mejoras en la resistencia a la compresión con cantidades menores de ceniza de bagazo de caña de azúcar. Siendo el que más significativamente responde, la sustitución de cemento portland al 8% de CBCA, debido a que se presenta un mayor incremento de los valores de resistencia a la compresión, en base a las probetas patrón.

Acuña, C & Caballero, H. (2018) en su investigación su objetivo es determinar la resistencia a la compresión y flexión de un concreto estructural mediante la sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar al 5%, 10% y 15 % para un diseño de mezcla de 210 kg/cm² y una relación de agua-cemento de 0.57. Para hallar las características mecánicas del concreto se realizaron ensayos a la compresión de acuerdo a la norma ASTM C39 para las 4 proporciones estipuladas, en probetas cilíndricas de diámetro 6 in (15 cm) por 12 in (30 cm) de altura en un tiempo de curado a los 7, 14 y 28 días. Los ensayos del concreto en estado fresco tomando como referencia la Norma Internacional ASTM C-143, 2010 para el ensayo del asentamiento con sus respectivas adiciones de concreto donde disminuye en función al mayor porcentaje de sustitución por CBCA del cemento. Los resultados a la Resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado. La muestra patrón es de 261 kg/cm² a los 28 días. Los resultados con las adiciones son menores a la muestra patrón, por el contrario 231 kg/cm² corresponde al 10%, fue

el porcentaje más óptimo para sustituir la ceniza de bagazo de caña de azúcar por cemento.

Huaraca, C. (2019) en su tesis Evaluación de la resistencia a la compresión y flexo tracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en Abancay, explica que la CBCA ha demostrado que tiene propiedades químicas similares a las del cemento. Es así que se requiere buscar nuevas alternativas al cemento, empleando residuos de otras industrias para la elaboración de concreto. Para probar su objetivo de evaluar la influencia de la CBCA se elaboraron testigos de concreto con sustituciones del 10%, 15% y 20% de cemento por CBCA, que fueron sometidos a ensayos de rotura a los 7, 14, 21 y 28 días, para evaluar los resultados frente a un concreto patrón de diseño $f'c=210$ kg/cm².

El autor concluye que la sustitución del 10% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la resistencia a la compresión y flexo tracción del concreto, mientras que los porcentajes de sustitución del 15% y 20% si influyen en dichas resistencias; por lo tanto, podemos decir que mientras más porcentaje de sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar se emplea, la resistencia disminuye proporcionalmente en comparación con una muestra de concreto patrón.

2.2.3 Artículos Relacionados con el tema

Coronel, R.et al. (2021) señalan en su artículo de investigación Efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en las propiedades del concreto tuvo como objetivo principal evaluar el efecto que produce la ceniza del bagazo de la caña de azúcar (CBCA) en las propiedades del concreto al reemplazarlo como cemento. Realizó diseños de mezcla para resistencia $f'c =280$ kg/cm² y $f'c =350$ kg/cm², con dosificaciones Patrón, 5%, 10%, 15 % y 20% de sustitución. Se realizó ensayos en estado fresco y endurecido al concreto. Los resultados mostraron que la adición de CBCA no mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto empero la dosificación con 5% de sustitución proporciona valores cercanos a la muestra patrón en el ensayo a compresión, para la resistencia a flexión la dosificación de 10% mejora sustancialmente con respecto a la mezcla patrón a los 28 días de curado.

Chulim, D. et al. (2019) señalan en su artículo de investigación Propiedades físico-mecánicas del concreto con sustitución parcial de ceniza de bagazo de caña de azúcar proveniente del Ingenio Azucarero San Rafael de Pucté, perteneciente al estado de Quintana Roo como material alternativo del Cemento Portland para un concreto con una relación agua/cemento de 0.5. Para los concretos adicionados con CBCA se seleccionó un tamaño de partícula de 0.058 mm y se realizaron ensayos de resistencia mecánica a la compresión y caracterización física (absorción, porosidad y volumen de vacíos). Se elaboraron muestras de concreto convencional (de referencia) y con sustitución parcial de CBCA del 10% en peso de cemento. El autor llega a la conclusión que las características de la ceniza de bagazo de caña (composición química, morfología y tamaño de partícula) son determinantes para el adecuado desempeño de la sustitución de ésta en el concreto.

Susmitha¹, P. & M. Kanta, M. (2022) mencionan en su investigación que plantean una sustitución del cemento al 5%, 10%, 15% y 20% por la ceniza de bagazo de caña de azúcar para un diseño de mezcla de 280 kg/cm² y una relación agua-cemento de 0.40. Para la prueba de resistencia a la compresión se utilizó cubos de 150 mm según especificaciones de IS 516:1959 y para la prueba a la flexión se utilizó prismas de tamaño 100x100x500mm según la especificación de IS 516:2002. Este artículo es relevante porque se obtuvo un porcentaje de sílice por 78.60%; los resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado. La muestra patrón es de 465 kg/cm² a los 28 días y la muestra más óptima es al 15% con 621 kg/cm².

Farfán, M. & Pastor, H (2018) señalan en su artículo de investigación Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto, el efecto de la ceniza de caña de azúcar (CBCA) en la resistencia del concreto de 210 kg/cm², reemplazando parcialmente CBCA por el cemento, en proporciones de 20 y 40%. Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión del concreto disminuyó con el incremento de la proporción de ceniza, por debajo de la mezcla de diseño. El concreto con 20% de CBCA tuvo mejor comportamiento a compresión a los 7 y 28 días de curado, aunque ambas estuvieron 59% por

debajo del concreto estándar (control). Esto sugiere no recomendar la CBCA para el uso estructural por su disminuida resistencia a la compresión.

Nazir, S. et al. (2016) señalan en su artículo de investigación Efectos de la ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre las propiedades del concreto como reemplazo parcial del cemento en las propiedades del concreto fresco y endurecido. El estudio verificó que SCBA muestra resultados prometedores de su uso como material de reemplazo de cemento (CRM). El potencial de SCBA como CRM se encontró debido a su composición química, finura y proceso de incineración bien controlado. La disponibilidad de bagazo también es un indicador positivo para el suministro sostenible de SCBA como CRM. Los resultados mostraron que la adición de SCBA (5-50% de contenido) aumentó el valor de caída del concreto fresco. Las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, resistencia a la tracción a la división y resistencia a la unión) del hormigón hecho de 5-30% SCBA mostraron una mejora razonable en los resultados en comparación con el concreto patrón.

Solanke, S. et al. (2021) en su artículo Un estudio de la resistencia a la compresión del hormigón mediante el uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar menciona lo siguiente: La CBCA es uno de esos materiales que tiene un alto contenido de sílice (SiO_2) que resulta en la formación de unión C-S-H cuando se opera con cal libre. La idea básica detrás de la utilización de residuos industriales es reducir su abundancia en la naturaleza y también minimizar el costo del concreto. El presente estudio se centra en la fabricación de un concreto sostenible y la evaluación de su rendimiento mediante el uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar (SCBA) como reemplazo del cemento con diferentes porcentajes (0%, 5%, 10%, 15% y 20%). Para el mismo grado M25 y M30 de concreto con una relación de cemento de agua de 0.45 se preparó utilizando este cubo de composición fundido para fines de prueba. El curado de estos especímenes se realizó en diferentes ambientes y la resistencia se analizó en varias edades 7, 28, 56 y 90 días. El estudio proporcionó la evidencia de que la utilización de SCBA como reemplazo con cemento es altamente ventajosa hasta un límite óptimo sin causar ninguna reducción en la resistencia. Además, reveló que el concreto SCBA funciona mejor cuando se

somete a un entorno agresivo en comparación con OPC incluso en etapas posteriores.

2.3 Estructura Teórica y científica que sustenta el Estudio

2.3.1 Concreto

ACI 318S-14 define al concreto como una mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivo que cumple con lo especificado en ASTM C330M.

El concreto es el material compuesto con más demanda en el sector de construcción debido a sus buenas propiedades estructurales, de fácil fabricación y bajos costos. Coronel, R. et al. (2021)

El concreto es un material con propiedades semejantes a la de una roca, que mediante una mezcla en proporciones logra endurecerse progresivamente conforme pasan los días, esta mezcla puede adaptarse a distintas formas y dimensiones. Apaza, D. (2018)

En la Tabla 2 se muestran las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto, donde el cemento es el que posee una menor proporción, pero es considerado como el material que más define la tendencia del concreto.

Tabla 1. Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.

Componente	Proporción (%)
Agregados	60-75
Agua	15-22
Cemento	7-15
Aire	1-3

Fuente: Apaza, D. (2018).

2.3.2 Propiedades del concreto en estado fresco

Asentamiento (ASTM C143):

El ensayo del asentamiento se utiliza para medir la consistencia del concreto. El asentamiento da una indicación de la manejabilidad, plasticidad y capacidad de flujo del concreto. Se utiliza especialmente como indicador de la uniformidad del

concreto fresco entre tandas, tal como se prepara. (ASCC y el American Concrete Institute, 2011). El ensayo del asentamiento debe ser realizado de acuerdo con la norma ASTM C 143 (Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete).

En la figura 2 se muestran los pasos para realizar el ensayo: El cono se llena con concreto en tres capas de igual volumen (pasos 1,2 y 3) y cada capa se apisona con una barra de acero 25 veces. Una vez la superficie superior es alisada (paso 4) el cono de asentamiento se retira verticalmente de forma lenta (paso 5) y se coloca boca abajo al lado. El asentamiento se mide (paso 6) como la altura que el centro de la superficie superior de la muestra haya descendido.

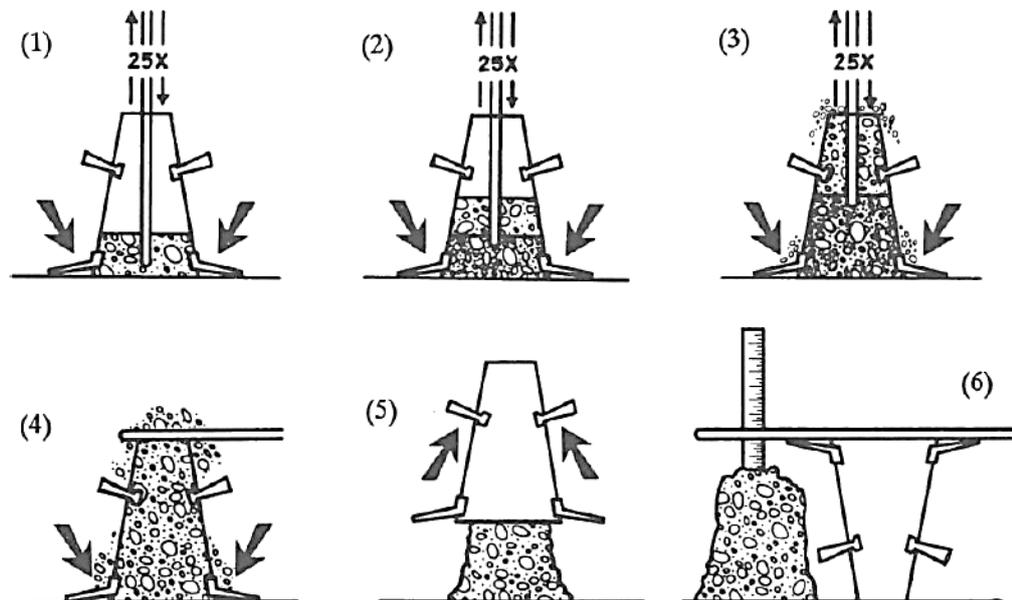


Figura 2. Medición del asentamiento del concreto fresco.

Fuente: ASCC y el American Concrete Institute, 2011.

El concreto deberá ser lo suficientemente trabajable para que, con los encofrados, cantidad y espaciamiento del refuerzo, procedimiento de colocación, y técnicas de consolidación utilizados, se pueda completar todos los espacios alrededor del refuerzo y permita que la masa fluya en las esquinas y las superficies de los encofrados a fin de lograr una masa homogénea sin una inconveniente como cangrejeras, separación de agregados. (Riva López, 1998, citado en Acuña, C. & Caballero, H., 2018).

Contenido de aire (ASTM C231 y C173):

El concreto con aire incorporado contiene numerosas burbujas microscópicas de aire distribuidas uniformemente y producidas por un aditivo incorporador de aire. La consecuencia más importante del aire incorporado es aumentar la resistencia del concreto a los ciclos de congelación y deshielo y a la presencia de químicos descongelantes. Los vacíos creados por las burbujas microscópicas de aire incorporado disminuyen la presión interna en el concreto causada por la formación de cristales de hielo en los poros y celdas capilares del concreto. Sin un contenido de aire adecuado el concreto normal al ser expuesto a ciclos de congelación y deshielo se descascarará, reduciendo la durabilidad del concreto. Por esta razón, aun siguiendo los mejores procedimientos de construcción es imposible producir un concreto durable sin la presencia de aire incorporado. (ASCC y el American Concrete Institute, 2011)

Las variaciones en el contenido de aire afectan la durabilidad, la facilidad de colocación, la calidad del acabado y el rendimiento volumétrico. Muchas condiciones afectan la cantidad de aire que efectivamente queda incorporado en el concreto. Dentro de éstas se cuentan: las características de los agregados, la naturaleza de los componentes y la dosificación de los aditivos utilizados en el concreto, el tipo y duración del mezclado, la consistencia, temperatura, módulo de finura y composición química del cemento y el uso de otros materiales cementantes y aditivos químicos. (ASCC y el American Concrete Institute, 2011).

Segregación

La segregación (el agregado grueso separándose de la mezcla) es un problema causado por la mezcla del concreto en combinación con el procedimiento constructivo. Las mezclas con mucha agua se segregan más fácilmente que las mezclas secas. (ASCC y el American Concrete Institute, 2011)

La segregación es definida como la descomposición mecánica de concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero. (Adrian, J. & Bartolo, R., 2021)

El concreto debe colocarse tan cerca como sea posible de la posición final dentro del encofrado. No se debe apilar para después moverlo a su posición con el vibrador. El excesivo movimiento del concreto dentro del encofrado produce segregación y mala consolidación (la pasta de arena y cemento se mueve más

fácilmente que el agregado grueso). No se debe permitir que cuando el flujo de concreto esté llenando el encofrado de columnas, muros y vigas éste caiga libremente de tal manera que se segregue la pasta de cemento de los agregados debido a los amarres, separadores o espaciadores, refuerzo y otros elementos embebidos. (ASCC y el American Concrete Institute, 2011)

Tabla 2. Causa y prevención debido a la segregación

Problema	Causa	Prevención o corrección
Segregación	Asentamiento alto (exceso de agua)	Reducir el contenido de agua Utilizar superplastificantes para obtener el asentamiento deseado
	Vibración excesiva	No vibrar el concreto si ya es fluido (excepto cuando se usan superplastificantes).
	Vibrado inadecuado	Insertar el vibrador a distancias de espaciamiento más pequeñas. Vibrar hasta que el concreto este fluido.
	Excesiva distancia de caída en la colocación	Reducir la caída libre
	Falta de homogeneidad en la mezcla	Utilizar aire incorporado Reducir la proporción de agregado grueso en la mezcla.

Fuente: (ASCC y el American Concrete Institute, 2011)

Exudación:

La exudación es definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. El proceso se inicia momento después de concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continúa hasta que se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene más en la consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas. (Adrian, J. & Bartolo, R., 2021)

La principal causa para que durante la colocación del concreto aflore una cantidad excesiva de agua a la superficie tiene su origen en la mezcla de concreto. Primero se debe verificar el contenido de aire. Un contenido de aire bajo puede causar una exudación excesiva. Si el aire incorporado está dentro del rango designado entonces se debe investigar si hay pérdida de finos como resultado de un bajo contenido de cemento. (ASCC y el American Concrete Institute, 2011)

Hay varias maneras para lograr aliviar las causas de una exudación excesiva:

- Aumentar la proporción de arena en la mezcla y disminuir la proporción del agregado grueso
- Agregar solo arena fina.

- Introducir un incorporador de aire. El aire incorporado retarda el paso del agua a través de la mezcla y ayuda a prevenir la segregación (asentamiento del agregado grueso) en la mezcla. También aumenta la trabajabilidad disminuyendo la demanda de agua.
- Aumentar el contenido de cemento (25 a 50 lb./yd.³ [15 a 30 kg/m³]).
- Añadir ceniza volante.

El exceso de agua en la superficie demora los trabajos de acabado en trabajos sobre el terreno y puede llevar a tener que realizar los trabajos de acabado con palustre prematuramente. El resultado puede ser que la superficie del concreto se tome polvorosa, muchas fisuras finas o una superficie débil que no resiste la abrasión. La exudación en concretos colocados en encofrados verticales puede dejar marcas en la superficie del concreto endurecido causadas por el paso del agua a lo largo de la superficie del encofrado contra el concreto. (ASCC y el American Concrete Institute, 2011)

2.3.3 Propiedades del concreto en estado endurecido

Resistencia a la compresión (ASTM C 31)

La resistencia a la compresión del concreto se mide ensayando cilindros de concreto (usualmente 6 pulg. [150 mm] de diámetro y 12 pulg. [300 mm] de altura) en el laboratorio. Los cilindros se ensayan con dos propósitos: para aceptación del concreto (determinación de si el concreto enviado a la obra cumple con la resistencia especificada) y para estimar la resistencia del concreto a una edad determinada. (ASCC y el American Concrete Institute, 2011)

Resistencia a la flexión (ASTM C 78)

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. 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 6 x 6 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 libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio). El Módulo de Rotura es cerca del 10%

al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de la mezcla. (ASCC y el American Concrete Institute, 2011)

Durabilidad:

La durabilidad del concreto se ve afectada por la resistencia del concreto a la penetración de fluidos. Esta se ve principalmente afectada por la relación a/mc y la composición de los materiales cementantes utilizados en el concreto. Para una relación a/mc dada, el uso de ceniza volante, cemento de escoria, humo de sílice, o una combinación de estos materiales usualmente aumenta la resistencia del concreto a la penetración de fluidos y mejora la durabilidad del concreto. (ACI 318S-14)

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie. Los agentes químicos, como ácidos inorgánicos, ácidos acético y carbónico y los sulfatos de calcio, sodio, magnesio, potasio, aluminio y hierro desintegran o dañan el concreto. Cuando puede ocurrir contacto entre estos agentes y el concreto, se debe proteger el concreto con un revestimiento resistente; para lograr resistencia a los sulfatos, se debe usar cemento Portland tipo V. La resistencia al desgaste, por lo general, se logra con un concreto denso, de alta resistencia, hecho con agregados duros. (Abanto. F, 2009 citado en Adrian, J. & Bartolo, R., 2021).

Módulo de elasticidad:

Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. (ACI 318S-14)

Rivva, E. (2010), citado en Cachi, Ch & Espinoza, E. (2019) afirma que el módulo de elasticidad es una propiedad mecánica del concreto para deformarse elásticamente siendo un parámetro que mide la variación de esfuerzo en relación a la deformación en el rango elástico.

La norma ASTM C469M da un método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad para el concreto en compresión. (ACI 318S-14)

2.3.4 Cemento Portland

Los ingredientes básicos del cemento Portland son piedra caliza y arcilla o pizarra. Estas materias primas contienen elementos como calcio, sílice, hierro y alúmina, que constituyen los componentes químicos del cemento. (ACI, 2011)

Las materias primas se dosifican para controlar la composición química y se hornean para formar el clinker. Una vez se enfría el clinker es molido adicionando un pequeño porcentaje de yeso. El producto final es el cemento Portland, el cual cuando se mezcla con agua produce la reacción química de hidratación que forma la pasta de cemento endurecida. El yeso actúa como regulador del tiempo de fraguado. (ACI, 2011)

En la norma Técnica Peruana NTP 334.001 define al cemento Portland como: Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda. Adrian, J y Bartolo, R. (2021).

2.3.5 Tipos básicos del Cemento Portland

(ACI, 2011) Existen cinco tipos básicos de cemento Portland, denominados por su tipo:

- Tipo I— Es el cemento de uso general que se utiliza en la mayoría de los concretos que no requieran propiedades especiales.
- Tipo II — Se usa generalmente cuando se necesita reducir el calor de la hidratación (en cimentaciones masivas) o cuando se desea una moderada resistencia a los sulfatos. El cemento Tipo II tiene usualmente una menor resistencia inicial.
- Tipo III— Es un cemento de alta resistencia inicial.

- Tipo IV — Es un cemento de bajo calor de hidratación, limitando su uso a estructuras masivas como las presas.
- Tipo V — Es un cemento resistente a sulfatos, limitando su uso a suelos altamente sulfatados o cuando hay sulfatos presentes en forma de solución o en el agua freática. El cemento Tipo V puede tener menor resistencia inicial que los Tipo I, II y III.

2.3.6 Características físicas del Cemento Pórtland

Se expresa como propiedades cemento que cumplen con los requisitos de la norma NTP 334.090 según como indica la Tabla 3.

Tabla 3. Características físicas del Cemento Portland

Propiedades Físicas	Cemento
Contenido de aire	4%
Expansión en autoclave	0.07%
Superficie específica	5640 cm ² /gr
Retenido M 325	4.20%
Densidad	2.92 gr/ml

Fuente: Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia y permeabilidad del hormigón. Vélez, E. (2019).

2.3.7 Características químicas del Cemento Pórtland

Se expresan mediante contenido de óxidos y en porcentajes. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de éstos del 95% al 97%. (Acuña, C. & Caballero, H. 2018). Asimismo, se presentan en menos cantidades otros óxidos como la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia según rangos de la Tabla 4.

Tabla 4. Características químicas de los cementos (% en masa)

Parámetro	Rango Aproximado
Residuo insoluble	0.1-1.4
Óxido de Calcio (CaO)	58.2-65.6
Sílice (SiO ₂)	19.8- 26.45
Alúmina (Al ₂ O ₃)	4.1-9.5
Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	2.1-4.5
Magnesia (MgO)	Trazas- 2.9
Álcalis (K ₂ O, Na ₂ O)	0.1-2.8
Sulfatos (SO ₃)	0.1-2.2
Pérdida por calcinación	0.2-2.8

Fuente: SanJuan, M. & Chinchon, S. (2016)

2.3.8 Fabricación del cemento portland

El Clinker es el resultado de una sinterización de una mezcla homogénea que se constituye de materiales como lo son: caliza, arcilla, arena, compuestos de hierro y otros componentes en cantidades establecidas, en su mayoría son óxidos, CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ y otras sustancias en pequeñas medidas. Esta mezcla es finamente molida y posteriormente calentada a 1500 °C formando así nuevos compuestos que adicionando yeso dan lugar al cemento Portland. (Hernández, 2011 citado en Vélez, E. 2019).

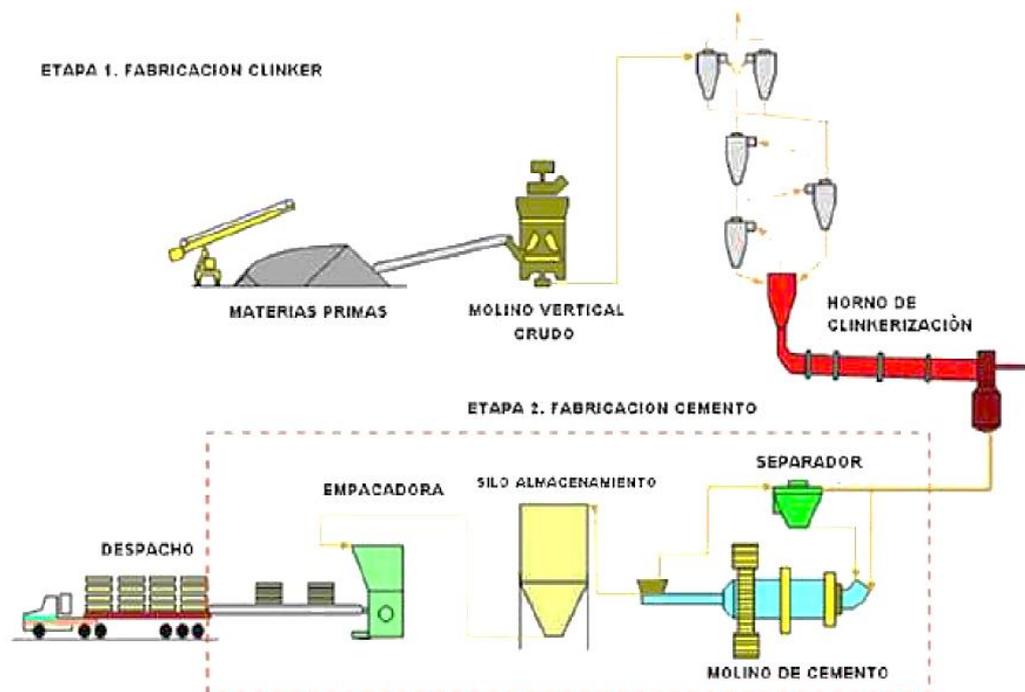


Figura 3. Proceso de fabricación del cemento

Fuente: Hernández, 2011 citado en Vélez, E. 2019

Sanjuan, M. & Chinchón (2014) describen que la fabricación del cemento es un proceso industrial que se realiza en instalaciones de gran escala. En la Figura 3 describe el proceso de fabricación del cemento con los siguientes pasos:

- Obtención, almacenamiento y preparación de materias primas (caliza, marga, arcilla) que son finamente molidas para obtener el crudo.
- Almacenamiento y preparación de combustibles
- Cocción del crudo en un horno rotatorio hasta temperaturas de 1.450°C (2.000°C de temperatura de llama) para la obtención de Clinker de cemento.
- Molienda conjunta del Clinker con otros componentes (cenizas volantes, escoria, puzolana natural, yeso, etc.) para obtener el cemento.
- Almacenamiento, ensacado y expedición de cemento.

2.3.9 Emisión de partículas y gases

El foco más importante de emisión a la atmósfera por chimenea es el horno de Clinker. Estas emisiones provienen de las materias primas y de los combustibles. Los principales constituyentes de los gases de salida de un horno de cemento son como muestra la Tabla 5, nitrógeno del aire de combustión; CO₂ de la descarbonatación del CaCO₃ y de la combustión. Los volúmenes habituales de gases emitidos por el horno de clíinker varían normalmente entre 1700 y 2500 m³ por tonelada de clíinker (gas seco, 101,3 kPa, 273 K) para todos los tipos de hornos (horno con precalentador y precalenador: alrededor de 2.000 m³ / tonelada de clíinker). (Sanjuan, M. & Chinchón, S. 2014)

Tabla 5. Composición de los gases emitidos por el horno

Compuesto	% en Volumen
Nitrógeno (N ₂)	45-66
Dióxido de carbono (CO ₂)	11-29
Agua (H ₂ O)	10-39
Oxígeno (O ₂)	4-12
Resto (incluidos contaminantes)	<1

Fuente: Sanjuan, M. & Chinchón, S. (2014)

2.3.10 Agregado fino

Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm (3/8") y queda retenido en el

tamiz 0.074 mm (N°200); además de cumplir con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33.

2.3.11 Agregado grueso

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N ° 4) y cumple los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33. El agregado grueso podrá consistir de grava o piedra partida de origen natural o artificial. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial.

2.3.12 Agua

El principal componente en el concreto es el agua potable el cual actúa como reactor químico dentro de la unión con los demás componentes, lo cual permite una mejor trabajabilidad en su estado fresco, por ende, prescindir de ese componente es difícil fabricar el concreto convencional, cómo lo menciona Coronel, R. et al. (2021).

2.3.13 Aditivos

Los aditivos son componentes no contemplados en los apartados anteriores, que se añaden para mejorar la fabricación o las propiedades del cemento. Estos aditivos no deberán perjudicar las propiedades del cemento, de los morteros u hormigones fabricados con él, ni causar la corrosión de las armaduras o metales embebidos en ellos. La cantidad total de aditivos en los cementos no excederá del 1% en masa del cemento (a excepción de los pigmentos); mientras que la cantidad de aditivos orgánicos no excederá del 0,2 % en masa del cemento, medida sobre el residuo seco. (Sanjuan, M. & Chinchón, S. 2014)

2.3.14 Diseño de mezcla

Para realizar el diseño de mezcla se considera los ensayos del agregado grueso y agregado fino para saber sus características físicas y posteriormente plantear el método más conveniente a usar.

2.3.15 Relación Agua – cemento

El cemento y el agua producen una pasta que une los agregados entre sí en el concreto endurecido. Mientras más fuerte y menos porosa sea la pasta de cemento, más fuerte y más durable será el concreto. Cualquier cantidad de agua que no se requiera para lograr la manejabilidad simplemente diluye la pasta de cemento debilitándose y haciéndola más porosa. Con este principio en mente, la relación agua-materiales cementantes se abrevia como a/m_e y se usa como base para establecer la dosificación adecuada de la mezcla de concreto.

2.3.16 Norma ACI 318S-14

Esta regulación contiene requisitos mínimos para establecer el diseño y construcción del concreto estructural, así como para la aceptación del diseño 33 y edificación de estructuras de concreto por parte de autoridades competentes (American Concrete Institute 318S-14, 2015).

2.3.17 Puzolanas

De las adiciones que pueden incorporarse al cemento para mejorar alguna de sus propiedades destaca la puzolana natural, que confiere al cemento mayor durabilidad química ya que ofrece una mayor resistencia a los ataques por aguas puras, carbónicas, agresivas o con débil acidez. Los materiales puzolánicos son sustancias naturales de composición silíceo o sílico-aluminosa o combinación de ambas que, incorporadas al cemento, se obtienen hormigones con mayor compacidad e impermeabilidad, menor calor de hidratación y también inhibe o contrarresta las expansiones producidas por la presencia de cal libre, magnesia libre, etc. Su principal campo de aplicación son las obras marítimas, bases y subbases de carreteras, obras de hormigón en masa en grandes volúmenes (presas, cimentaciones masivas, muros de contención, etc.), y morteros en general, donde la agresividad química del entorno pueda ser muy importante. (Sanjuan, M. & Chinchón, S. 2014).

2.3.18 Caña de azúcar

Es un fruto de índole tropical persistente de craso tallo y abundante fibra que alcanza alturas de entre 2 y 6 metros, posee disacáridos como la sacarosa la cual es procesada para la obtención del azúcar. (Coronel, R. 2020).

La caña de azúcar empieza su proceso de germinación a partir de la siembra de su tallo, el cual se desarrolla formándose en una planta alta de alargadas hojas alcanzando su edad de cosecha a los 18 meses, este cultivo es quemado antes de su cosecha generando problemas ambientales, luego son transportados a los ingenios donde pasan por un molino que extrae su jugo y deja residuos de su fibra las cuales son utilizadas como fuente de energía que al ser calcinadas a altas temperaturas generan la ceniza la cual se asientan en el fondo de caldera. (Coronel, R. 2020)

2.3.19 Ceniza de Bagazo de caña de Azúcar

La ceniza de bagazo de caña de azúcar es un subproducto industrial, generado del proceso de la elaboración de azúcar y derivados, cuando es incinerado convenientemente, se obtiene un residuo mineral rico en “sílice y alúmina”, cuyas propiedades puzolánicas depende principalmente de la temperatura de combustión, que debe oscilar entre 400° C – 1000° C. Las cenizas que se producen bajo estas condiciones son consideradas de buena calidad. La actividad puzolánica de un material es su resistencia, combinada con su durabilidad (Jara & Palacios, 2015. citado en Chávez, J. 2019). La Tabla 6 explica que a partir de 400 C° la CBCA empieza a ser rica en sílice.

La CBCA puede ser clasificada como un probable material puzolánico, donde los principales factores que afectan su reactividad son la cristalinidad de la sílice presente en la ceniza, la presencia de impurezas como carbón y material sin quemar. (Guerrero, S. 2020).

Tabla 6. Variación de la ceniza conforme a la temperatura de calcinación.

Temperatura (C°)	Descripción de variación de la ceniza
100	Presenta una pérdida inicial de masa, resultante de la evaporación de agua absorbida.
350	Inicia una ignición del material más volátil, aquí es donde inicia la quema del bagazo.
400-500	El carbón residual y los óxidos se forman, se observa una pérdida más importante de masa, después de esta etapa de ceniza se convierte en amorfa, rica en sílice.
Arriba de 700	El uso de temperaturas por arriba de los 700 C° puede llevar a la formación de cuarzo, y niveles aún más elevados de temperatura, puede crear otras formas cristalinas.
Arriba de 800	Encima de los 800 C°, la sílice presente en la ceniza de bagazo de caña de azúcar es esencialmente cristalino.

Fuente: Guerrero, S. (2020).

2.3.20 Proceso de producción de la ceniza de bagazo

La ceniza de bagazo de la caña de azúcar se obtiene luego de un proceso de producción que viene a ser la preparación y la molienda de la caña, donde se le extrae todo el jugo de la caña formándose de esta manera el bagazo de la caña. Este producto ira a parar a las calderas usadas como combustible para generar vapores que favorecen en el proceso industrial, así toda la ceniza que emana las calderas será derivada mediante ductos a una piscina sedimentadora, para captar toda partícula volátil y así evitar que estas se expandan en el ambiente. Posteriormente pasan a ser extraídas en fajas transportadoras y llevadas a un lugar de almacenamiento para su posterior eliminación.



Figura 4. Estados de material: Caña de azúcar, bagazo de caña y CBCA.

Fuente: Prusty et al. (2016) citado en Guerrero, S. (2020)

2.3.21 Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar

La granulometría de la ceniza sometida a calcinación adicional es menor que la granulometría de las muestras segregadas. Esto indica que bajo condiciones de quema controlada la ceniza es más fina y por lo tanto favorece la reactividad puzolánica de la misma. (Guerrero, S. 2020). En la Tabla 7, Guerrero (2020) hace un estudio de recolección de datos, en la cual se obtiene un rango de las características físicas de la CBCA.

Tabla 7. Rango de las características físicas de la CBCA

Módulo de Finura (Numero)	Densidad (g/cm ³)	Gravedad Especifica (g/cm ³)	Contenido de Humedad (%)
0.52-6.84	1.2-2.24	1.25-2.80	<5

Fuente: Guerrero, 2020.

2.3.22 Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar

La composición de la ceniza varía según la variedad de la caña y su edad, el tipo de suelo y la cantidad de fertilizantes. La cantidad de ceniza en el bagazo depende de las condiciones atmosféricas, es decir, el tiempo es seco o húmedo. Las cantidades normales de ceniza en condiciones de poca lluvia son entre 2% y el 4% del bagazo total. Un contenido al cinco por ciento se hace común para el uso de CBCA. (Hernández. J, Uriel, 2011 citado en Adrian y Bartolo, 2021)

La norma ASTM C618-19 para Ceniza volante de carbón y puzolana natural cruda o calcinada para su uso en concreto tiene como requisito mínimo que la suma del porcentaje del Dióxido de silicio (SiO₂) más óxido de aluminio (Al₂O₃) más óxido de hierro (Fe₂O₃) debe ser mayor o igual al 70% para clase N.

Investigaciones correspondientes a la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el Perú evaluaron a la composición mineralógica de las cenizas a través del análisis de Difracción de Rayos X (DRX), como se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Composición química de la ceniza de bagazo de la caña de azúcar en el Perú.

Componente químico	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
%	67.52	3.50	7.60	3.50	8.95	3.75	2.17	1.70	0.03

Fuente: Hernández. J, Uriel, 2011 citado en Adrian y Bartolo, 2021.

2.4 Definición de términos básicos

Diseño de mezcla

Este es un proceso el cual tiene como finalidad calcular las proporciones de los elementos que se emplean para obtener el concreto, cuya finalidad es tener los resultados óptimos. (Adrian, J y Bartolo, R. 2021).

Relación Agua – cemento

El cemento y el agua producen una pasta que une los agregados entre sí en el concreto endurecido. Mientras más fuerte y menos porosa sea la pasta de cemento, más fuerte y más durable será el concreto. La relación agua-materiales cementantes se abrevia como a/me y se usa como base para establecer la dosificación adecuada de la mezcla de concreto.

Ceniza de bagazo de caña de azúcar

Las CBCA es un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar. Se utiliza como combustible que sirve para calentar las calderas para obtener el azúcar. Su propiedad como material cementante para utilizarlo como cemento puzolánico. (Adrian, J y Bartolo, R. 2021).

Asentamiento

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de al menos ¼” sobre el agregado grueso. (Rivva López, 1998, p.131).

El método tradicional de medir la trabajabilidad es el “Slump” o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, pero es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, ya que hay concretos con igual Slump, pero con diferente trabajabilidad con las mismas condiciones de trabajo. (Acuña, C. & Caballero, H. 2018)

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. El parámetro obtenido es una propiedad

principalmente física y es frecuentemente usado en el diseño de estructuras, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) o en megapascuales (MPa). (Acuña, C. & Caballero, H. 2018)

Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. 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 6 x 6 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 libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio). (Acuña, C. & Caballero, H. 2018)

2.5 Fundamentos teóricos que sustentan la Hipótesis

La Figura 5. Representa el proceso en base a los fundamentos teóricos que determinan la hipótesis de la investigación.

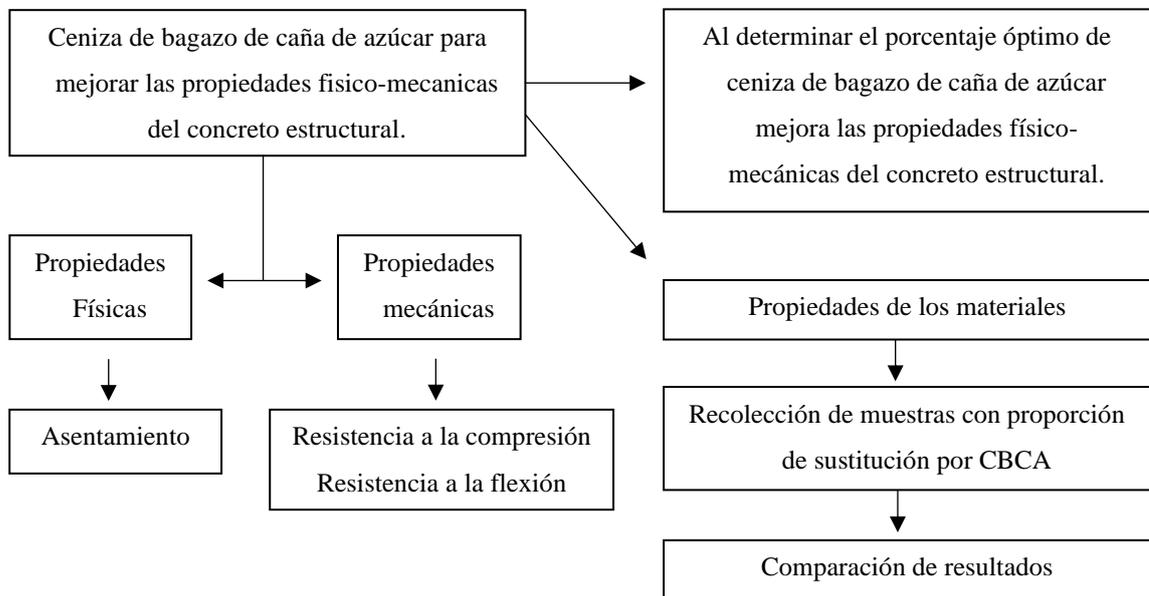


Figura 5. Fundamentos teóricos de la investigación

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

Al determinar el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Al determinar las características físicas y químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora el diseño de mezcla del concreto estructural.
- b) Al determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la trabajabilidad del concreto estructural.
- c) Al determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural.
- d) Al determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural.

3.2 Variables

3.2.1 Variables dependientes

Propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.

3.2.2 Variables independientes

Ceniza de bagazo de caña de azúcar.

3.3 Sistema de variables

3.3.1 Definición conceptual

a) Ceniza de bagazo de caña de azúcar

De acuerdo con Guerrero, S. (2020), es el producto de la quema de bagazo de caña de azúcar en las calderas de altas temperaturas como proceso de cogeneración, implementado en las fábricas de azúcar.

b) Propiedades Físicas del concreto

Las propiedades físicas se enfocan más en el concreto fresco, ya que cuando el concreto está fresco se puede realizar la prueba de SLUMP, que se usa para medir la trabajabilidad; a su vez se puede medir la temperatura y su tiempo de fraguado, como lo mencionan Terreros, L.& Carvajal, I. (2016)

c) Propiedades Mecánicas del concreto

Espinoza, G. & Trinidad, D. (2021) menciona que las propiedades mecánicas se enfocan más en el concreto endurecido, en el cual tenemos presente como propiedades mecánicas a la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad, la ductilidad, la resistencia a la tracción, resistencia al corte, flujo plástico, entre otros.

3.3.2 Definición operacional

a) Ceniza de bagazo de caña de azúcar

Muñoz, S. (citados en Trí Hatmoko & Suryadharma,2019) menciona que es un subproducto del proceso de cogeneración energética. Se comporta como material puzolánico, que se implementa en las fábricas de azúcar y etanol, que tiene una gravedad específica más pequeña que la del suelo normal.

b) Propiedades Físicas del concreto

Las propiedades están determinadas por sus características físicas de los materiales que lo integran.

Esta investigación determinará las propiedades con los respectivos ensayos y comprobar su resistencia a la compresión, tracción y asentamiento, como lo menciona Vílchez, G. & Vílchez, R. (2019)

c) Propiedades Mecánicas del concreto

Muñoz, S. (citados en Loh, S. & Das 2013) mencionan que la Propiedad mecánica mejora la resistencia a la tracción, resistencia a la flexión, módulo de flexión, dureza, y resistencia al impacto, siendo ideal, el uso de fibra procesada, entre 5 y 15 cm de longitud de fibra.

3.3.3 Operacionalización de variables

Tabla 9. Operacionalización de las Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramienta
Ceniza de bagazo de caña de azúcar	De acuerdo con Guerrero, S. (2020), la ceniza de bagazo de caña de azúcar es el producto de la quema del bagazo de caña de azúcar en las calderas de altas temperaturas como proceso de cogeneración implementado en las fábricas de azúcar.	Es un subproducto del proceso de cogeneración energética. Se comporta como material puzolánico, que se implementa en las fábricas de azúcar y etanol, que tiene una gravedad específica más pequeña que la del suelo normal. Muñoz, S. (2020)	Técnicas	Características físicas y químicas	Porcentaje	%	Cuantitativa continua	Recolección de datos	Norma ACI 318S-14
Propiedades físicas del concreto.	Las propiedades físicas se enfocan más en el concreto fresco, ya que cuando el concreto está fresco y se puede realizar la prueba de SLUMP, que se usa para medir la trabajabilidad, a su vez se puede medir la temperatura y su tiempo de fraguado. Terreros, L.& Carvajal, I. (2016)	Se determinará las propiedades con los respectivos ensayos y comprobar su resistencia a la compresión, tracción y asentamiento. Vilchez, G. (2019)	Estado fresco	Asentamiento	Slump	Pulgadas	Cuantitativa nominal	Recolección de datos	NTC 3493/4018 4637
Propiedades mecánicas del concreto.	Las propiedades mecánicas se enfocan más en el concreto endurecido, en el cual tenemos presente como propiedades mecánicas a la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad, la ductilidad, la resistencia a la tracción, resistencia al corte, flujo plástico entre otros. Espinoza, G. & Trinidad, D. (2021)	Las propiedades mecánicas mejoran la resistencia a la tracción, resistencia a la flexión, módulo de flexión, dureza y resistencia al impacto, siendo ideal, el uso de fibra procesada. Muñoz, S. (2020)	Estado endurecido	Resistencia a la flexión	Resistencia a la compresión	Kg/cm ² Kg/cm ²	Cuantitativa nominal	Recolección de datos	NTC 3493/4018 4637

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 Método de la investigación

La presente investigación emplea el método deductivo, con una orientación aplicada, enfoque cuantitativo, basándose en la intención de obtener resultados que permitan hacer generalizaciones.

El instrumento de recolección de datos será prolectivo, para dar respuesta al problema de la investigación y probar la hipótesis por lo que se recogerá los datos que ensayaron los tesisistas en los laboratorios de tecnología de concreto de cada institución para poder compararlos. El tipo de investigación descriptivo y explicativo, con un nivel de investigación descriptivo y explicativo. Es una investigación causal (causa – efecto) dado que estudia la relación entre la variable independiente ceniza de bagazo de caña de azúcar (causa) y variable dependiente propiedades físico-mecánicas del concreto estructural (efecto). Su objetivo es determinar el diseño de mezcla de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.

Adrian, J & Bartolo, R. (2021) asegura que el método de investigación fue experimental, ya que los investigadores recolectaron datos y experiencias de tesisistas, para el estudio de la investigación. Teniendo el enfoque de la investigación cuantitativo al determinar porcentajes de cenizas del bagazo de la caña de azúcar en la elaboración de un concreto simple o armado, luego medir los resultados por medio de los ensayos realizados en el laboratorio.

Vélez, E. (2019) menciona que el método de investigación fue tipo exploratorio y experimental, ya que el investigador estudia e indaga la naturaleza de los hormigones, sus materiales, procesos y consideraciones al momento de realizarlos. Teniendo el enfoque de investigación cuantitativo y de tipo descriptivo, relacionando las características con el hormigón que es el producto final.

Chávez (2019) asegura que el método de investigación fue experimental, ya que el investigador administra estímulos o tratamientos, calificando este con la realización de experimentos puros. Teniendo un enfoque de investigación cuantitativo, porque recolectamos los datos obtenidos de los ensayos de los agregados y del concreto. La investigación tiene orientación aplicada ya que busca conocer el problema y a partir del conocimiento mejorar la resistencia del concreto añadiendo porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020) asegura que el método de investigación fue experimental, ya que el investigador pudo comprobar la hipótesis planteada mediante la interpretación de los datos obtenidos. Teniendo el enfoque de investigación cuantitativo ya que los resultados que se obtendrán en el laboratorio serán valores numéricos cuantificables y medibles. Esta investigación es de tipo aplicada, puesto que aspira efectuar un estudio que, a través de la incorporación de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en una mezcla de concreto, se pueda diseñar un concreto que tenga una resistencia similar a la del concreto convencional; buscando mejorar e innovar un material de construcción sostenible.

4.2 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva, explicativa. Es descriptivo porque detalla cómo la adición de la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye directamente a las propiedades físico - mecánicas del concreto estructural, explicativa porque se explicó el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto, con la adición de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Adrian, J & Bartolo, R. (2021) en su investigación de tesis el enfoque cuantitativo toda vez que los resultados se midieron por medio de los ensayos realizados en el laboratorio, mostrando el proceso que se ha seguido para la elaboración del concreto.

Vélez, E. (2019) en su investigación de tesis el enfoque cuantitativo, ya que los resultados se midieron por medio de ensayos de la resistencia a la compresión y absorción de agua, para probar la hipótesis.

Chávez, J. (2019) en su investigación de tesis el enfoque fue cuantitativo, para demostrar la hipótesis, con la recolección de datos de los ensayos.

Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020) en su investigación de tesis de tipo aplicada y enfoque cuantitativo, ya que utilizó la recolección de datos para probar la hipótesis, con base a la medición numérica cuantificables y medibles.

4.3 Nivel de Investigación

El nivel de la investigación es descriptivo porque se describen los datos recolectados de diferentes investigaciones, tesis internacionales, tesis nacionales, artículos científicos, revistas científicas, libros y tesis relacionados al tema de investigación para poder ver el comportamiento de la variable dependiente.

Adrian, J & Bartolo, R. (2021) asegura que el método de investigación fue experimental descriptivo, ya que los investigadores realizaron ensayos de resistencia en los laboratorios con el fin de obtener resultados producto de la mezcla de hormigón.

Vélez, E. (2019) menciona que el método de investigación fue experimental, ya que el investigador realizó ensayos para comparar el hormigón normal y hormigón adicionando, como material alternativo que podría sustituir parcialmente el cemento Portland.

Chávez, J. (2019) asegura que el método de investigación fue experimental, ya que el investigador aplicará diferentes niveles de aplicación de la variable independiente para verificar y medir el efecto que provoca en la variable dependiente.

Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020) menciona que el método de investigación fue experimental, ya que el investigador realizó diversos ensayos de resistencia a la compresión con proporciones diferentes de adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en los ensayos propios de elaboración de la mezcla de concreto.

4.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental, ya que la recolección de datos, de las fuentes utilizadas en la presente investigación fueron obtenidos de forma experimental, implica mantener bajo control la investigación.

Adrian, J & Bartolo, R. (2021) menciona que la investigación fue experimental al utilizar la ceniza de bagazo de caña de azúcar como materia prima para el reemplazo de un concreto simple o un concreto armado.

Vélez, E. (2019) menciona que la investigación fue experimental al realizar ensayos de laboratorio, para elaborar hormigón adicionando un material de carácter puzolánico.

Chávez, J. (2019) menciona que la investigación fue experimental al realizarse experimentos puros el cuál se realizó con la manipulación intencional de variables, la medición de variables de control y validez grupos de comparación.

Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020) asegura que la investigación fue experimental ya que los datos se obtuvieron mediante la ejecución de ensayos de laboratorio, los cuales fueron debidamente controlados, para poder concluir los resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión.

Tabla 10. Procedimiento de Muestreo

AUTOR	TÍTULO	TIPO	ENFOQUE	TIPOLOGIA		
				TIPO	NIVEL	DISEÑO
Adrian, J & Bartolo, R. (2021)	Cenizas de bagazo de caña de azúcar como sustitución del cemento portland en elaboración de concreto hidráulico	TESIS	Cuantitativo	Exploratorio	Exploratorio	Experimental
Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020)	Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto 2020	TESIS	Cuantitativo	Explicativo	Explicativo	Experimental
Chávez, J. (2019)	Influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar con la finalidad de mejorar la resistencia del concreto, usando los agregados de la cantera Figueroa	TESIS	Cuantitativo	Explicativo	Explicativo	Experimental
Vélez, E. (2019)	Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia y permeabilidad del hormigón	TESIS	Cuantitativo	Exploratorio y Descriptivo	Exploratorio	Experimental

Fuente: Elaboración propia

4.5 Población y muestra

4.5.1 Población

La presente investigación es de nivel descriptivo explicativo, por lo tanto, se considera como población a las investigaciones recopiladas en el estudio de la aplicación de las cenizas de bagazo de caña de azúcar al concreto y la cantidad de resultados de ensayos de laboratorios obtenidos en las tesis, artículos y revistas de investigación.

Adrian, J & Bartolo, R. (2021) mencionan una población de un conjunto de probetas con un diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm².

Vélez, E. (2019) considera una población de 66 probetas de hormigón, para ensayar la resistencia a la compresión y absorción de agua.

Chávez, J. (2019) menciona una población de estudio de concreto fabricado con los agregados de la cantera Figueroa, adicionado con ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020) considera una población de estudio de un conjunto de testigos, utilizando un diseño de mezcla para realizar la unión de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Tabla 11. Población

AUTOR	TÍTULO	TIPO	TIPOLOGÍA POBLACIÓN
Adrian, J & Bartolo, R. (2021)	Cenizas de bagazo de caña de azúcar como sustitución del cemento portland en elaboración de concreto hidráulico	TESIS	Conjunto de probetas con un diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm ²
Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020)	Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto 2020	TESIS	Conjunto de testigos
Chávez, J. (2019)	Influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar con la finalidad de mejorar la resistencia del concreto, usando los agregados de la cantera Figueroa,	TESIS	Concreto fabricado con los agregados de la cantera Figueroa, adicionado con ceniza de bagazo de caña de azúcar.
Vélez, E. (2019)	Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia y permeabilidad del hormigón	TESIS	66 probetas de hormigón

Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Muestra

La muestra de estudio en la presente investigación son los ensayos de flexión, compresión y asentamiento realizados en las tesis, artículos de referencia.

Adrian, J & Bartolo, R. (2021) menciona que la muestra está formada por probetas de concreto de forma cilíndrica, cuyas medidas fueron de 15cm de diámetro y 30 cm de altura, dichos testigos fueron utilizados para realizar el ensayo a la compresión a los 7 días, 14 días y 28 días. Esto se hizo apoyándonos con las normas ASTM, MTC, NTP.

Vélez, E. (2019) menciona que la muestra está formada por la cantidad de cilindros para moldeo de hormigón que se realizó utilizando cenizas de bagazo de caña de azúcar y mezclas tradicionales,

Chávez, J. (2019) menciona que la muestra está formada por el concreto fabricado con agregados de la cantera Figueroa, adicionado con ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020) menciona que está formada por 24 muestras; 8 conjuntos de muestras estarán bajo 7 días de curado, 8 muestras a los 14 días y así sucesivamente para completar las 24 muestras, 8 muestras más serán analizadas a los 28 días, asimismo 6 testigos estarán como patrón al 0% de cenizas, 6 testigos con el 5% de cenizas, 6 testigos con el 10% y finalmente para completar las 24 muestras analizadas, 6 testigos con el 15% de ceniza de bagazo de caña de azúcar, completando las muestras.

Tabla 12. Muestra

AUTOR	TÍTULO	MUESTRA	TIPO MUESTREO
Adrian, J & Bartolo, R. (2021)	Cenizas de bagazo de caña de azúcar como sustitución del cemento portland en elaboración de concreto hidráulico.	Se ensayaron probetas de concreto de forma cilíndrica, cuyas medidas fueron de 15cm de diámetro y 30 cm de altura, dichos testigos fueron utilizados para realizar el ensayo a la compresión a los 7 días, 14 días y 28 días. Esto se hizo apoyándonos con las normas ASTM, MTC, NTP.	No probabilística
Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020)	Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto 2020.	Se ensayaron 24 muestras, las cuales 6 fueron al 0%, 6 al 5%, 6 al 10% y por último 6 al 15% en sustitución al cemento con la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	No probabilístico
Chávez, J. (2019)	Influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar con la finalidad de mejorar la resistencia del concreto, usando los agregados de la cantera Figueroa.	Estuvo conformada por el concreto fabricado con agregados de la cantera Figueroa, adicionado con ceniza de bagazo de caña de azúcar	No aleatorios
Vélez, E. (2019)	Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia y permeabilidad del hormigón.	la cantidad de cilindros para moldeo de hormigón que se realizó utilizando cenizas de bagazo de caña de azúcar y mezclas tradicionales	Intencional

Fuente: Elaboración propia

4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica elegida para la presente investigación cuantitativa, se basa en la recolección de datos de artículos científicos y de otros informes, análisis bibliográfico requeridas para la investigación. Los instrumentos utilizados son los formatos de control de calidad de concreto, Granulometría, reporte de resistencia, trabajabilidad, peso específico para lograr el objetivo de la investigación.

4.6.1 Instrumento de recolección de datos

Los instrumentos de recolección son prolectivos aplicados para los datos utilizados en la investigación con los formatos que recogemos de las encuestas realizadas por los autores citados.

4.6.2 Métodos y técnicas

Los métodos y técnicas para el estudio de la presente investigación son los resultados de los ensayos utilizados en las investigaciones citadas, así se mide la mejora de las propiedades física y mecánica del concreto utilizando normas ASTM.

4.7 Descripción del procesamiento de análisis

En la presente investigación se recolectó de ensayos de laboratorio realizados anteriormente de los autores tesistas y se tomaron como muestra para la investigación, con la finalidad de obtener resistencia a la compresión del concreto.

Para el procesamiento de los datos recolectados, se utilizó como herramienta el software Microsoft Office 365, se usará herramienta Microsoft Excel para la elaboración de los gráficos y cuadros comparativos que nos muestran la relación de los indicadores, las cuales estarán acordes con las normas antes utilizadas para mostrar los resultados de las diferentes proporciones con las propiedades físico mecánicas analizadas.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Resultados de la investigación

La ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) es un residuo considerado por varios autores como un material puzolánico, debido a su composición físico-química similar a la del cemento. Entre las nuevas alternativas ambientales está la sustitución porcentual del cemento por CBCA con su respectivo diseño de mezcla y propiedades físico-mecánicas del concreto en comparación del concreto patrón.

Los ensayos usados en los estudios son internacionales y nacionales donde muestra los diferentes comportamientos de la CBCA como sustituto porcentual del cemento.

Artículo 1: Estudio de la resistencia a la compresión del hormigón utilizando ceniza de bagazo de caña de azúcar. Solanke y Pawade (2021).

- Sustitución del cemento al 5%, 10%, 15% y 20% por la ceniza de bagazo de caña de azúcar para un diseño de mezcla de 280 kg/cm² y una relación agua-cemento de 0.45 según la norma IS-10262-2009 Método Estándar India.
- Método de ensayo con un total de 108 números de especímenes de concreto con dimensiones de 150x150x150 para la resistencia a la compresión según la norma IS: 516-1959 con pruebas de compresión después de 7 y 28 días de curado.
- Características físicas: Gravedad específica de 3.15 y una ceniza de bagazo que pasa de un tamiz de 150 μ y retenida en 75 μ .
- En Tabla 13 se observa las características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar con un alto porcentaje de sílice al 76.67%.

Tabla 13. Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Comp.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO ₂	SO ₃	K ₂ O	TiO ₂	LOI	Na ₂ O	P ₂ O ₅
%	76.67	1.097	1.315	3.496	2.905	0.13	0.118	7.52	0.123	3.15	0.162	3.115

Fuente: Solanke y Pawade (2021).

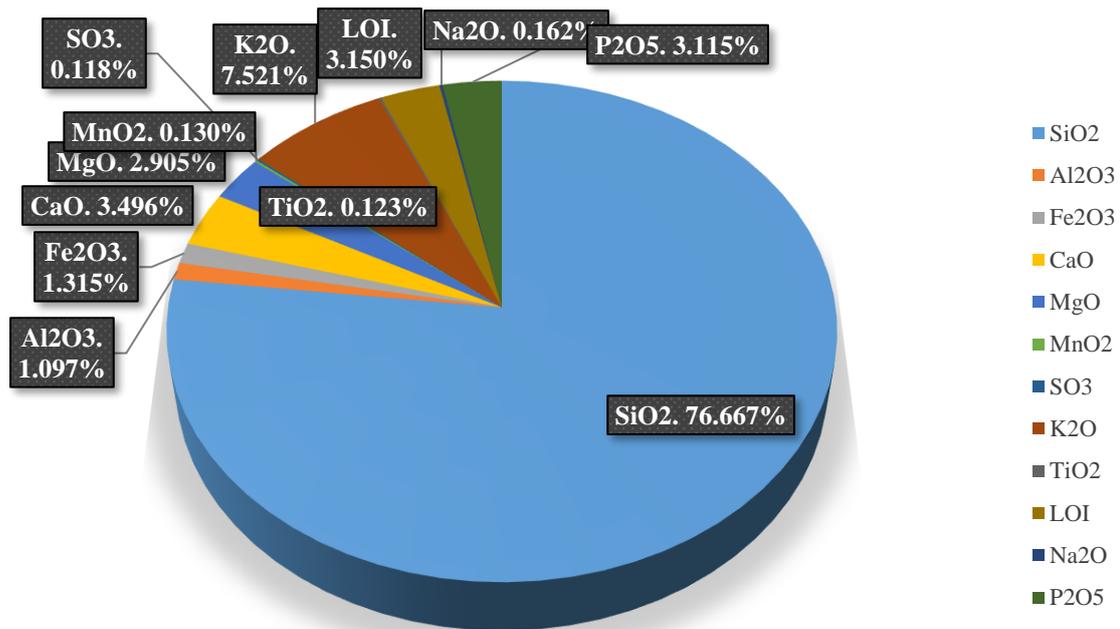


Figura 6. Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Fuente: Solanke y Pawade (2021).

- En la Tabla 14 se observa los resultados a la Resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado. La muestra patrón es de 281 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 14. Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.

Contenido de sílice (%)	Porcentaje de ceniza de Bagazo de caña de azúcar (%)	Resistencia a los 7 días (MPa)	Resistencia a los 28 días (MPa)	Resistencia a los 7 días (kg/cm ²)	Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)
76.67	0	20.12	27.55	205	281
	5	15.54	28.53	158	291
	10	19.22	27.42	196	280
	15	16.30	27.57	166	281
	20	14.48	28.72	148	293

Fuente: Solanke y Pawade (2021).

- En la Figura 7 se observa que 291 kg/cm² y 293 kg/cm² correspondientes al 5% y 20% respectivamente son los porcentajes más óptimos para sustituir la ceniza de bagazo de caña de azúcar por cemento.

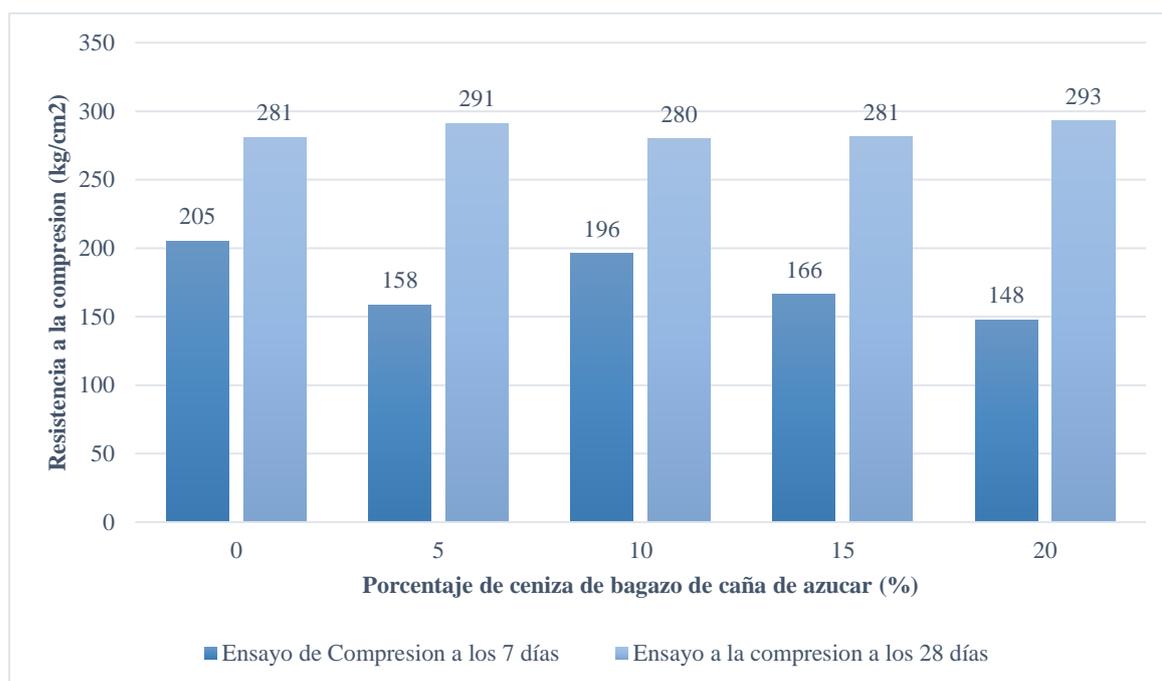


Figura 7. Resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.

Fuente: Solanke y Pawade (2021).

- El contenido de sílice en SCBA varía ampliamente según las condiciones de combustión de la caña de azúcar, lo cual produce la generación del Clinker, a más fino sea mejor será la reacción de hidratación. El alto contenido de sílice tiene a aumentar las propiedades del concreto. La CBCA al 76.67% de sílice logró mejorar un 3.56% y 4.25% correspondiente al 5% y 20% de sustitución por ceniza de bagazo de caña de azúcar, siendo los porcentajes más óptimos.

Artículo/Tesis 2: Efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en las propiedades del concreto. Coronel, R. et al. (2021)

- Sustitución del cemento al 5%, 10%, 15 % y 20% por la ceniza de bagazo de caña de azúcar para un diseño de mezcla de 280 kg/cm² y una relación de agua-cemento de 0.50.
- Para hallar las características mecánicas del concreto se realizaron ensayos a la compresión de acuerdo a la norma ASTM C39 para las 4 proporciones estipuladas, en probetas cilíndricas de diámetro 6 in (15 cm) por 12 in (30 cm) de altura en un tiempo de curado a los 7, 14 y 28 días, para el ensayo a flexión se realizaron probetas de tipo prismático en moldes de madera de dimensiones (6 in x 6 in)15x15cm y una longitud de (20 in)50 cm a los 7 y 28 días , de acuerdo al ensayo

ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio).

- La ceniza de bagazo de caña de azúcar usada en el proceso de producción proviene de la quema controlada a 718.33°C de la CBCA.
- En la Tabla 15 se muestra las características físicas de la ceniza de bagazo de caña: Densidad de 2.19 g/cm³, una actividad puzolánica de 75.88% según la norma ASTM C109, con una finura de 33.28% según la norma ASTM C-430, 2008 y una humedad de 1.10% según la norma ASTM C-311, 2018.

Tabla 15. Características físicas de la ceniza de bagazo de caña

Características físicas	Unidad	Cantidad	Normas
Densidad	g/cm ³	2.19	(ASTM C-188-95, 2007)
Actividad puzolánica	%	75.88	(ASTM C109)
Finura	%	33.28	(ASTM C-430, 2008)
Humedad	%	1.1	(ASTM C-311, 2018)

Fuente: Coronel, R. et al. (2021)

- En la Tabla 16 se observa las características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar con un alto porcentaje de sílice al 49.97% analizada con un ensayo químico de Fluorescencia de Rayos X.

Tabla 16. Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Comp.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	F ₂ O ₃	CaO	MnO	SO ₃	KO ₂	LOI	Elemento Liv
%	47.97	8.92	9.46	7.58	7.73	1.03	9.67	3.50	4.19

Fuente: Coronel, R. et al. (2021)

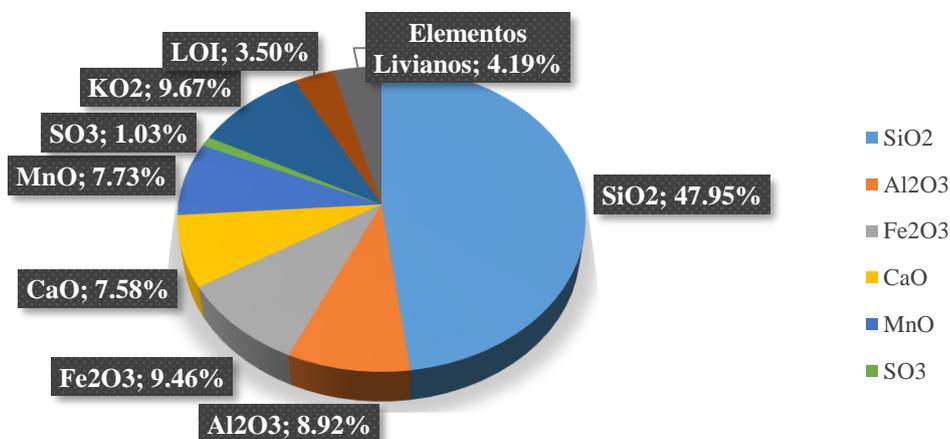


Figura 8. Composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar

Fuente: Coronel, R. et al. (2021)

- En Tabla 17 muestran los resultados a los ensayos del concreto en estado fresco tomando como referencia la Norma Internacional ASTM C-143, 2010 para el ensayo del asentamiento con sus respectivas adiciones de concreto.

Tabla 17. Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar

Contenido de sílice (%)	Resistencia kg/cm ²	Porcentaje de CBCA (%)	Asentamiento (Pulgadas)	Asentamiento (Pulgadas)	Asentamiento Promedio (Pulgadas)
47.97	280	0	4	4.2	4.1
		5	3.8	4	3.9
		10	3.5	3.6	3.55
		15	3	2.9	2.95
		20	2	1.8	1.9

Fuente: Coronel, R. et al. (2021)

- En la Figura 9 muestran que el asentamiento disminuye en función al mayor porcentaje de sustitución por CBCA del cemento, sin embargo, los resultados al 5% contienen valores cercanos a la dosificación patrón con una variación de -4.87%.

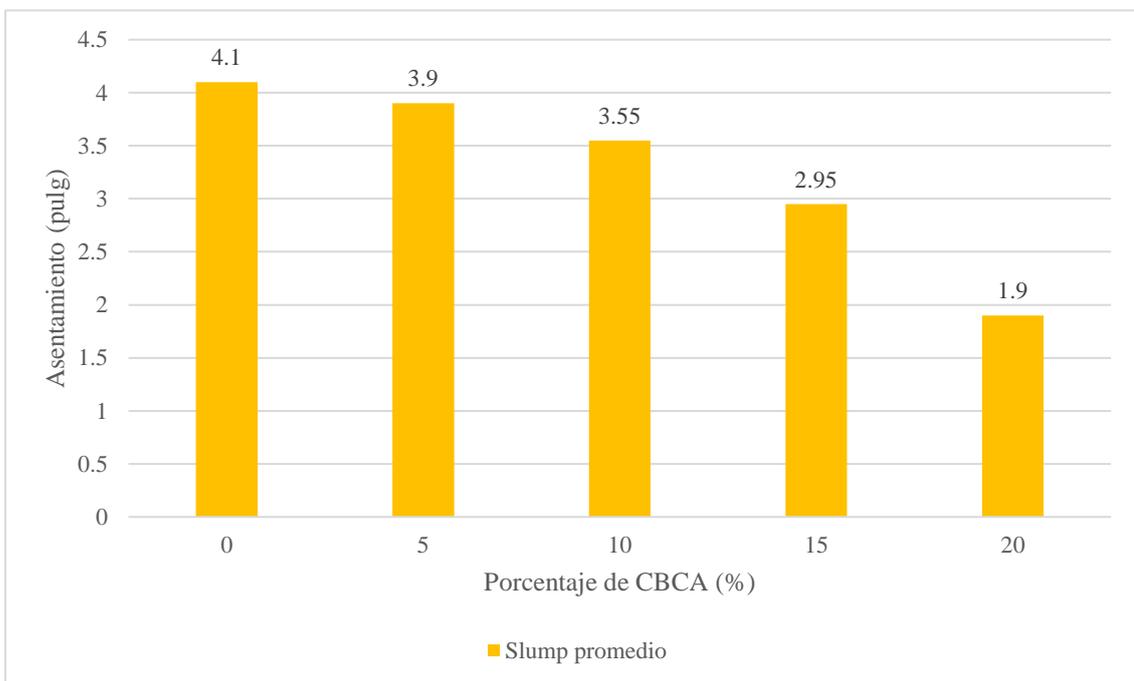


Figura 9. Asentamiento para el diseño de mezcla de $f'c=280$ kg/cm²

Fuente: Coronel, R. et al. (2021)

- En la Tabla 18 se observan los resultados de la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado para

un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. El resultado de la muestra patrón fue de 293 kg/cm^2 a los 28 días.

Tabla 18. Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado.

Contenido de sílice (%)	Porcentaje de CBCA (%)	$f'c$ (280 kg/cm^2)		
		7 días	14 días	28 días
47.97	0	197	228	293
	5	188	224	291
	10	194	190	191
	15	185	186	182
	20	136	156	123

Fuente: Coronel, R. et al. (2021)

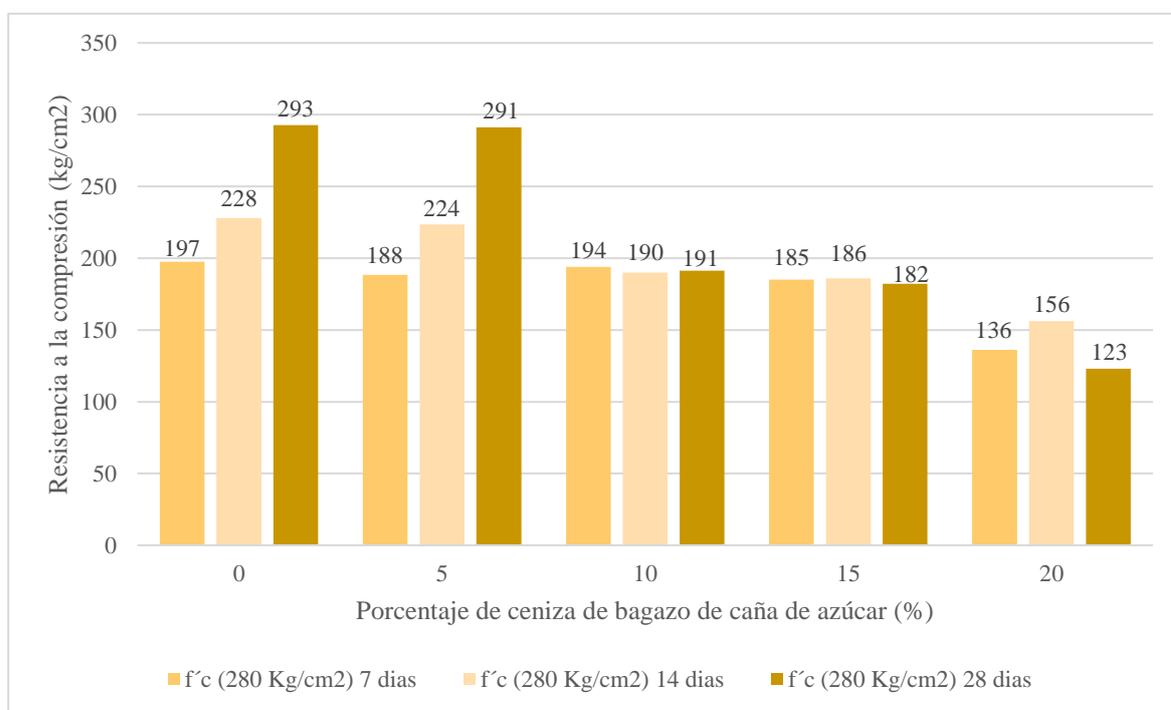


Figura 10. Resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado, para $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Coronel, R. et al. (2021)

- En la Figura 10 se observa una muestra patrón por 293 kg/cm^2 y su resistencia con CBCA más cercana al 5% por 291 kg/cm^2 que presento una disminución al -0.68% de la muestra patrón, siendo considerado como el porcentaje más óptimo para sustituir la ceniza de bagazo de caña de azúcar por cemento, además que supero la resistencia de la muestra de diseño.

- En la Tabla 19 se observa los valores obtenidos del ensayo a Flexión con $f'c$ 280 kg/cm^2 con porcentajes de CBCA de 5%, 10%, 15 % y 20% de sustitución del cemento.

Tabla 19. Resistencia a la flexión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.

Contenido de sílice (%)	Porcentaje de CBCA (%)	$f'c$ MPa		$f'c$ (kg/cm ²)	
		7 días	28 días	7 días	28 días
47.97	0	6.02	6.61	61	67
	5	4.4	4.37	45	45
	10	4.24	4.14	43	42
	15	4.01	3.86	41	39
	20	3.58	3.2	37	33

Fuente: Coronel, R. et al. (2021)

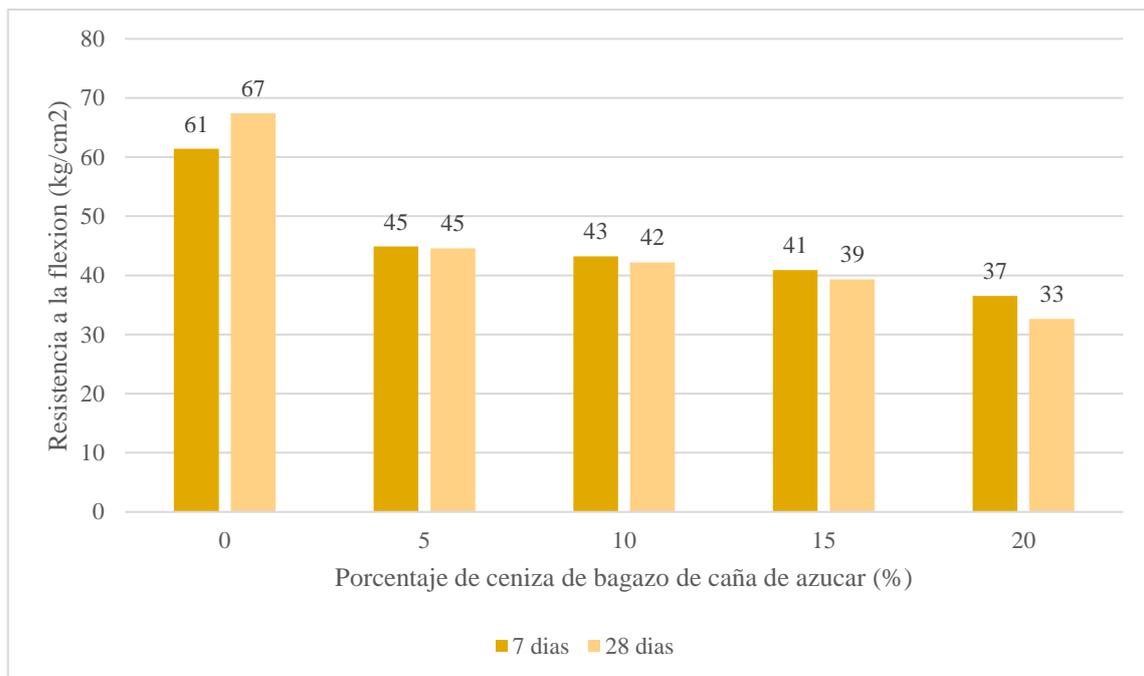


Figura 11. Resultados a la resistencia a la flexión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.

Fuente: Coronel, R. et al. (2021)

- En la Figura 11 se observa que los valores obtenidos a los 28 días no superan los valores a los 7 días. El resultado más próximo fue 45 kg/cm^2 al 5% de CBCA con una disminución de -33.89% con respecto a la muestra patrón, lo cual no se considera óptimo añadir la ceniza a elementos que tengan que resistir a la flexión.

Artículo/Tesis 3: Investigación sobre la trabajabilidad y compresión en resistencia del concreto del concreto mediante el uso de ceniza de bagazo del ingenio azucarero. Safayat, M. et al. (2018)

- Sustitución del cemento al 5%, 10% y 15 % por la ceniza de bagazo de caña de azúcar para un diseño de mezcla de 210 kg/cm² y una relación de agua-cemento de 0.52.
- Para hallar las características mecánicas del concreto se realizaron ensayos a la compresión de acuerdo a la norma ASTM C39 para las 4 proporciones estipuladas, en probetas cilíndricas de diámetro 6 in (15 cm) por 12 in (30 cm) de altura en un tiempo de curado a los 7 y 28 días.
- En la Tabla 20 se muestra las características físicas de la ceniza de bagazo de caña: Densidad de 0.575 g/cm³, una gravedad específica de 2.20 gr/cm³, con un tamizado de 0.1 a 0.2 % y una superficie específica de 2500 m²/kg.

Tabla 20. Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Características físicas	Unidad	Cantidad
Gravedad Específica	g/cm ³	2.20
Densidad	g/cm ³	0.575
Tamizado	%	0.1-0.2
Superficie Específica	m ² /Kg	2500

Fuente: Safayat, M. et al. (2018)

- En la Tabla 21 se observa las características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar con un alto porcentaje de sílice al 63%.

Tabla 21. Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Componente químico	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	LOI
%	63%	31.50%	1.79%	0.48%	0.39%	0.004%	0.71%

Fuente: Safayat, M. et al. (2018)

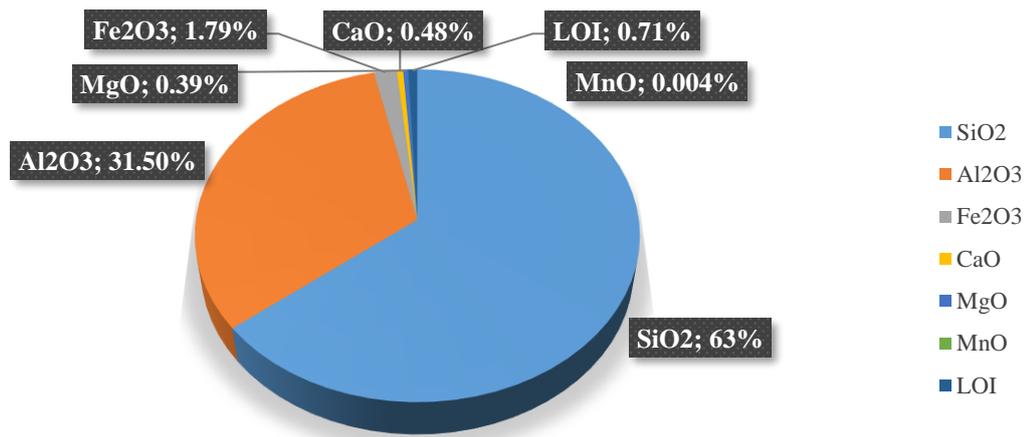


Figura 12. Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Fuente: Safayat, M. et al. (2018).

Tabla 22. Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Contenido de sílice (%)	Resistencia kg/cm ²	Porcentaje de CBCA	Asentamiento (Pulgadas)
63	210	0	0.59
		5	0.75
		10	1.46
		15	1.93

Fuente: Safayat, M. et al. (2018).

- En la Figura 13 se muestran los resultados a los ensayos del concreto en estado fresco donde su asentamiento aumenta según el porcentaje de sustitución de CBCA.

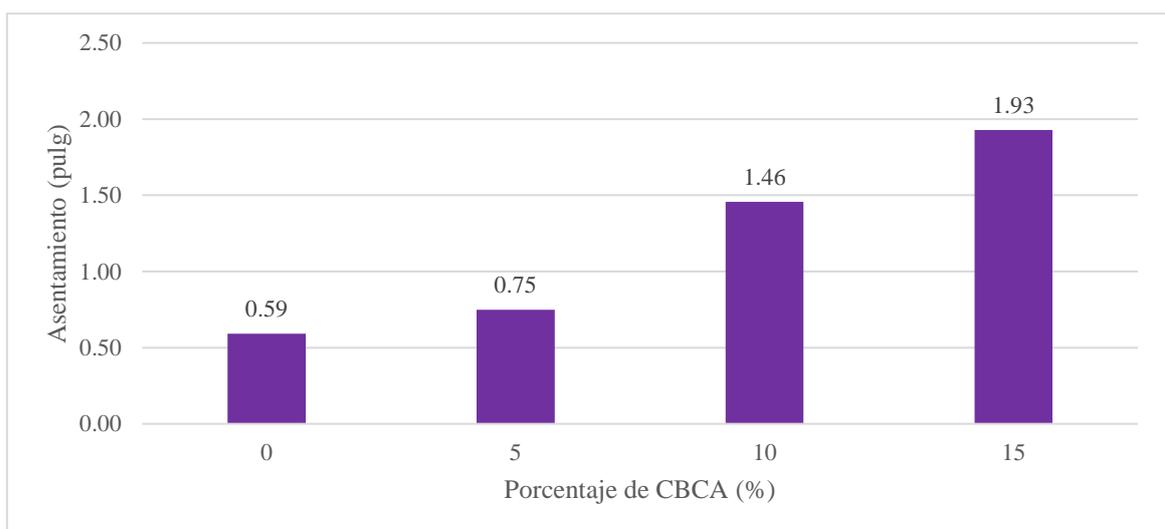


Figura 13. Asentamiento para el diseño de mezcla de $f'c=210$ kg/cm.

Fuente: Safayat, M. et al. (2018).

- En Tabla 23 se observa los resultados a la Resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado. Con el porcentaje de CBCA al 5% se tiene un aumento al 19.18% de la muestra patrón a los 28 días.

Tabla 23. Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.

Contenido de sílice (%)	Porcentaje de CBCA	f'c MPa		f'c (kg/cm2)	
		7 días	28 días	7 días	28 días
63%	0%	16.85	24	172	245
	5%	20.05	28.6	204	292
	10%	15.32	22.63	156	231
	15%	13.93	20.54	142	209

Fuente: Safayat, M. et al. (2018).

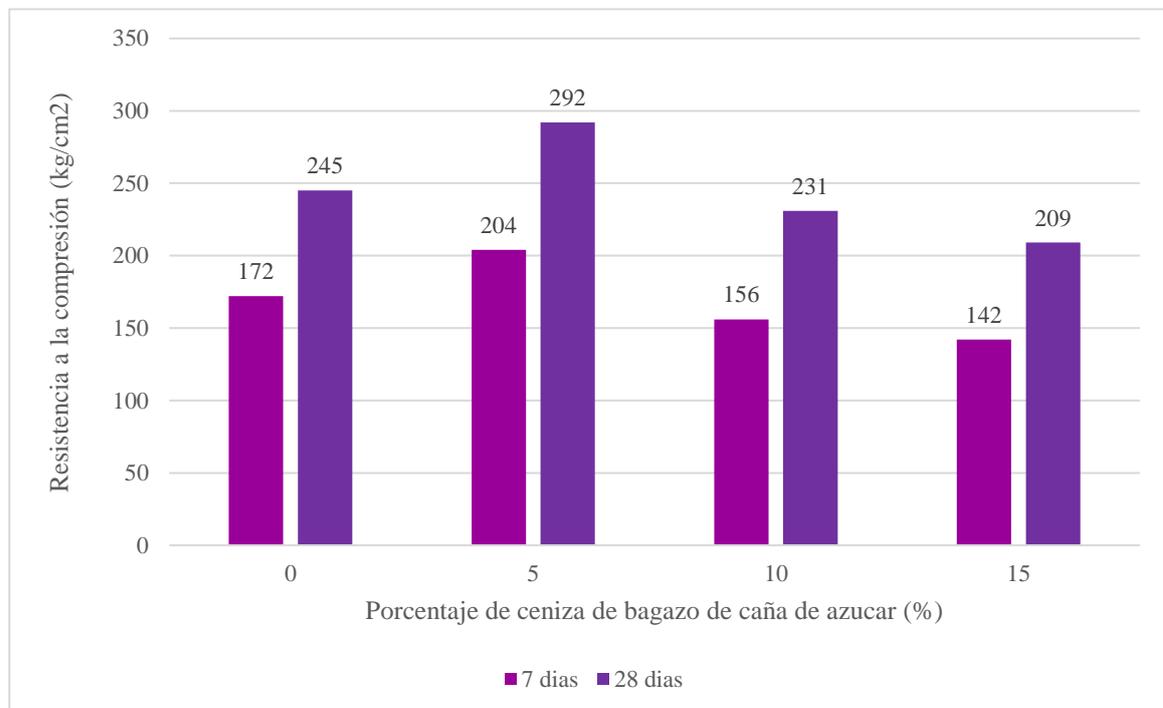


Figura 14. Resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.

Fuente: Safayat, M. et al. (2018).

- En la Figura 14 se observa que el porcentaje de 5% de SCBA con el reemplazo de cemento brinda la mejor resistencia del concreto, pero en el momento de aumentar por encima del 5% de SCBA con el reemplazo de cemento, la resistencia a la compresión del concreto disminuye. La relación entre el aumento porcentual de SCBA y la trabajabilidad es buena.

Artículo/Tesis 4: Cenizas de bagazo de caña de azúcar como sustitución del cemento portland en elaboración de concreto hidráulico. J. Adrian & R. Bartolo (2021).

- Sustitución del cemento al 5%, 10%, 15% y 20% por la ceniza de bagazo de caña de azúcar con la metodología del ACI-211 para un diseño de mezcla de 210 kg/cm² y una relación de agua-cemento de 0.58.
- La CBCA fue calcinada a una temperatura de 800 a 1000 °C y utilizada para una metodología de diseño del ACI-211. La ceniza se obtuvo en estado húmedo, lo cual se realizó el secado en hornos a temperatura de 100°C y un tamizado por la malla #325.
- En la Tabla 24 se muestra la composición química de la CBCA en el Perú evaluada a través del análisis de Difracción de Rayos X (DRX).

Tabla 24. Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Componente químico	SiO ₂	Elem. Livianos	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂
%	44.75	44.00	4.12	0.98	0.23	2.70	1.15	2.06	0.01

Fuente: J. Adrian & R. Bartolo (2021).

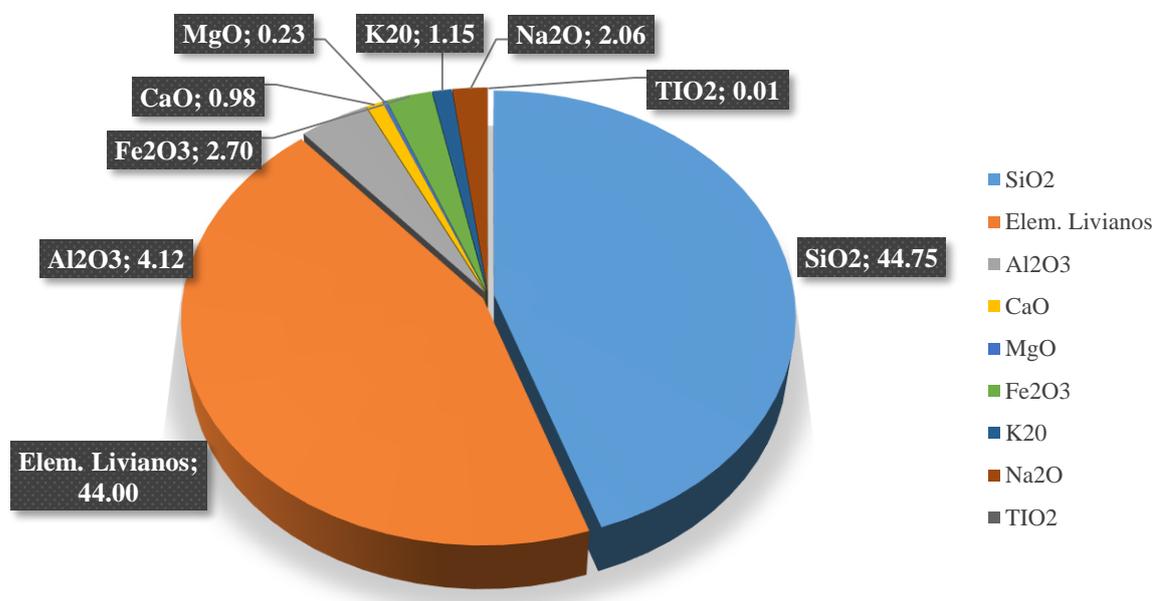


Figura 15. Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el Perú

Fuente: J. Adrian & R. Bartolo (2021).

Tabla 25. Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Contenido de sílice (%)	Porcentaje de CBCA (%)	Asentamiento (Pulgadas)
44.75	0	4
	5	3.5
	10	1.8
	15	1.4
	20	1

Fuente: J. Adrian & R. Bartolo (2021).

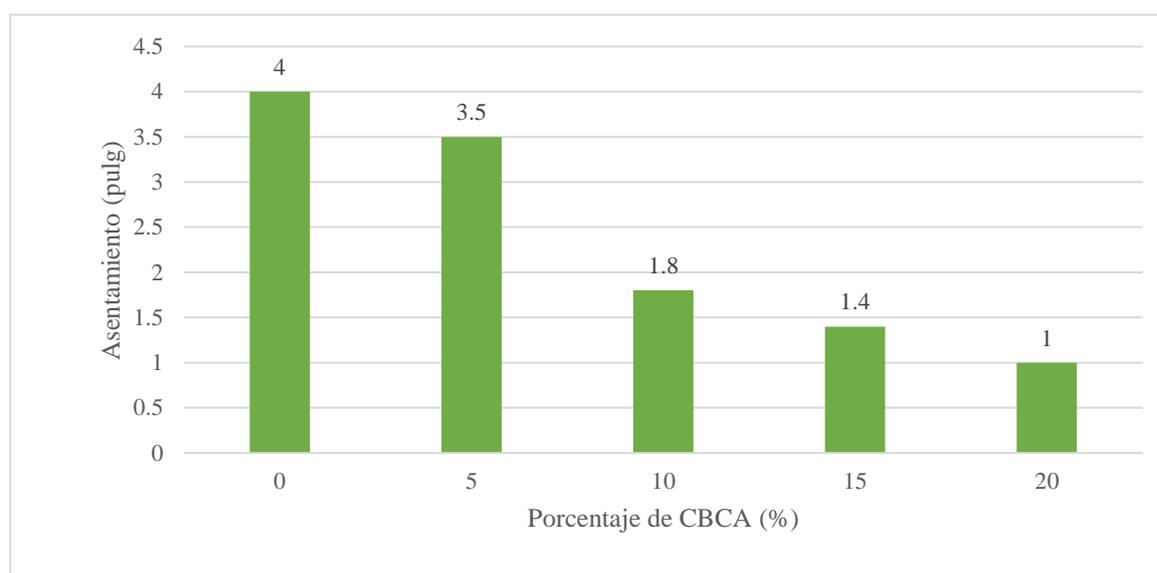


Figura 16. Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Fuente: J. Adrian & R. Bartolo (2021).

- En la Figura 16 se muestran los resultados a los ensayos del concreto en estado fresco donde su asentamiento disminuye según el porcentaje de sustitución de CBCA. El porcentaje más cercano es al 5%, con una disminución en -12.5% respecto a la muestra patrón.
- Para hallar las características mecánicas del concreto, la Tabla 26 muestra los resultados a los ensayos a compresión en un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días, donde se aprecia que al 5% de sustitución de CBCA resulta ser el más óptimo aumentando su resistencia en +1.38% sobre la muestra patrón.

Tabla 26. Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado.

Contenido de sílice (%)	Porcentaje de CBCA (%)	f'c (210 Kg/cm ²)		
		7 días	14 días	28 días
44.75	0	207	251	288
	5	217	251	292
	10	192	235	252
	15	174	211	230
	20	147	181	202

Fuente: J. Adrian & R. Bartolo (2021).

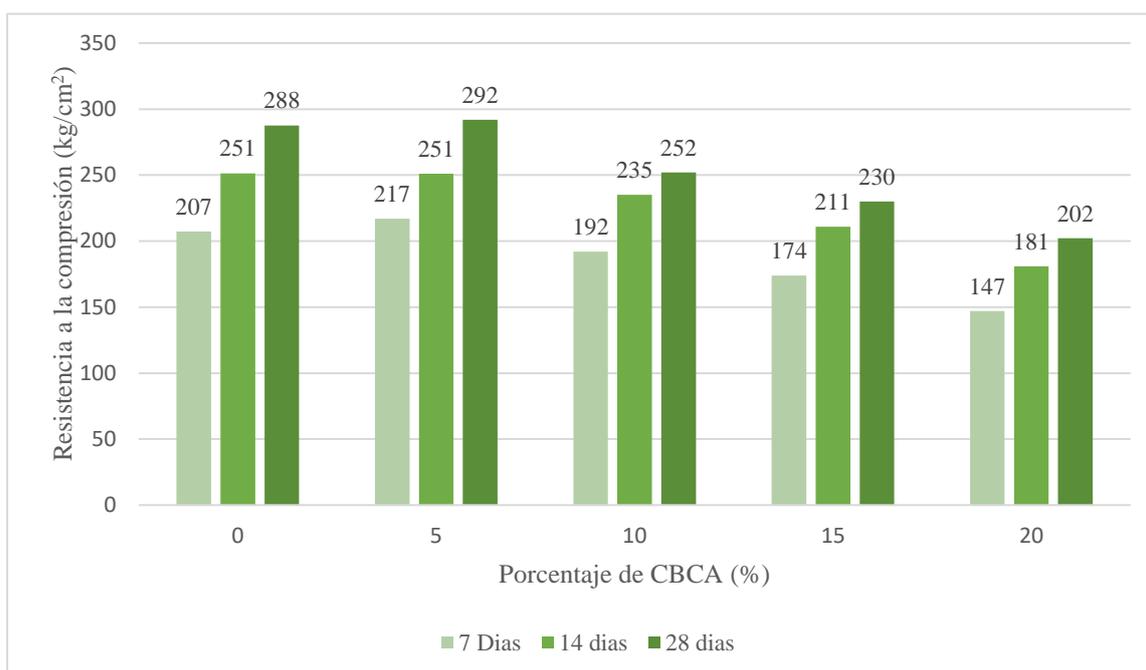


Figura 17. Resultados a la resistencia a la compresión de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Fuente: J. Adrian & R. Bartolo (2021).

Artículo/Tesis 5: Resistencia a la compresión y flexión de un concreto estructural mediante la sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). Acuña, G (2018).

- Sustitución del cemento al 5%, 10% y 15 % por la ceniza de bagazo de caña de azúcar para un diseño de mezcla de 210 kg/cm² y una relación de agua-cemento de 0.57.
- Para hallar las características mecánicas del concreto se realizaron ensayos a la compresión de acuerdo a la norma ASTM C39 para las 4 proporciones estipuladas,

en probetas cilíndricas de diámetro 6 in (15 cm) por 12 in (30 cm) de altura en un tiempo de curado a los 7, 14 y 28 días.

- En la Tabla 27 se observa las características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar con un alto porcentaje de sílice al 38.99%.

Tabla 27. Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Comp.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	CuO	MnO	SrO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	ZnO	El.Liv
%	38.99	7.95	5.40	4.86	0.010	0.034	0.011	1.84	0.905	0.552	0.008	39.32

Fuente: Acuña, G (2018).

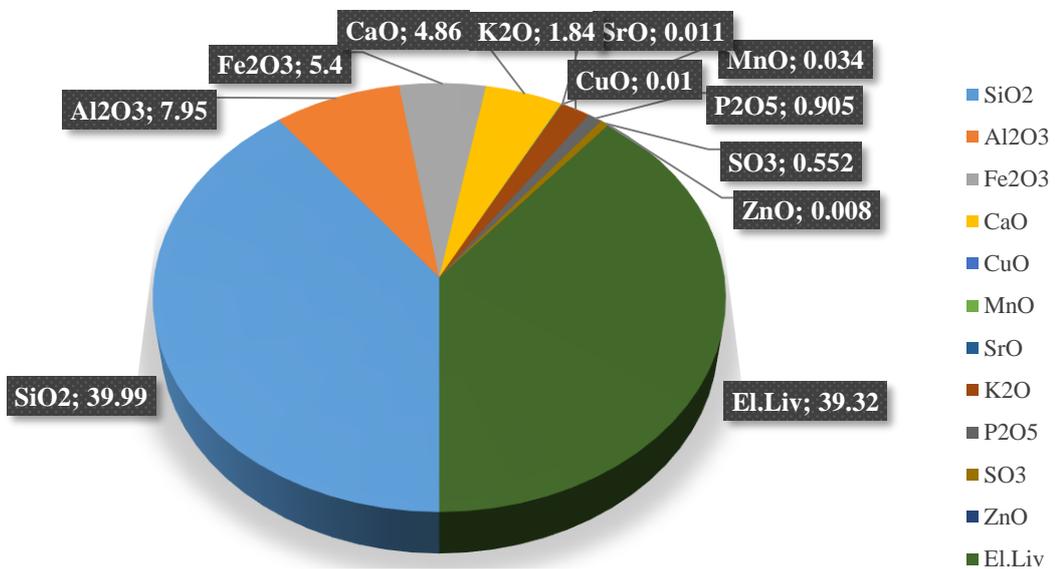


Figura 18. Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Fuente: Acuña, G (2018).

Tabla 28. Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Contenido de sílice (%)	Porcentaje de CBCA (%)	Asentamiento (Pulg)		
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
67.52	0	4	4	4
	5	3.33	3.67	3.83
	10	3.17	3	3
	15	2.67	2.67	2.67

Fuente: Acuña, G (2018).

- En la Figura 19 muestran los resultados a los ensayos del concreto en estado fresco tomando como referencia la Norma Internacional ASTM C-143, 2010 para el ensayo del asentamiento con sus respectivas adiciones de concreto donde disminuye en función al mayor porcentaje de sustitución por CBCA del cemento.

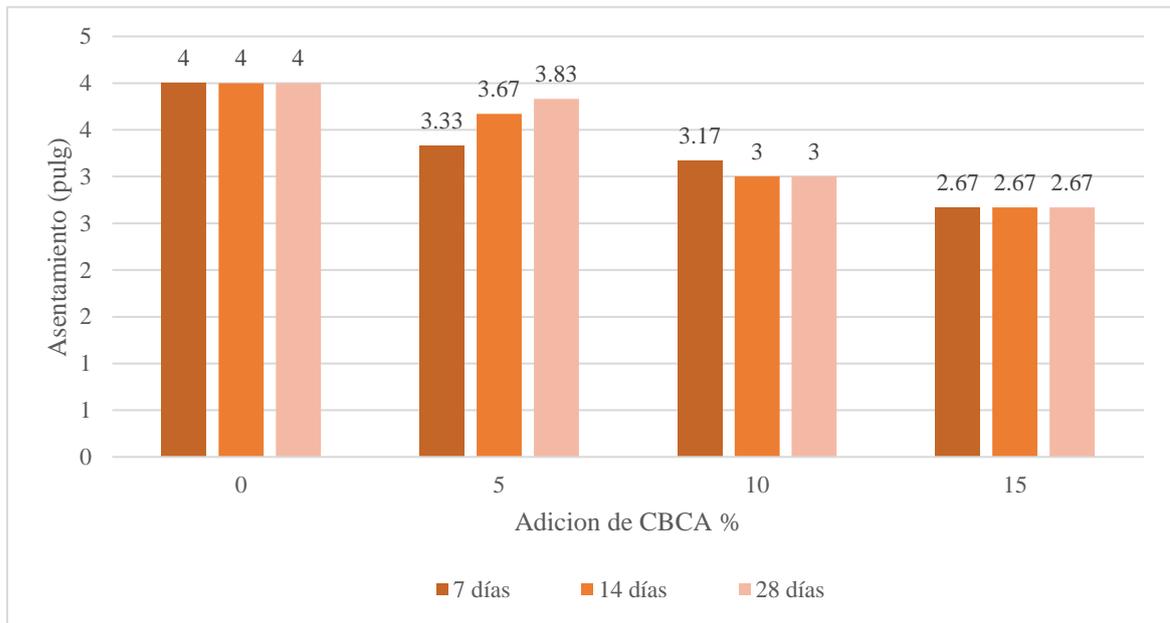


Figura 19. Resultados del asentamiento para los 7, 14 y 28 días.

Fuente: Acuña, G (2018).

- En la Tabla 29 se observa los resultados a la Resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado. La muestra patrón es de 261 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 29. Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado.

Porcentaje de CBCA (%)	f'c (210 Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
0	194	230	261
5	165	214	226
10	184	217	231
15	163	181	206

Fuente: Acuña, G (2018).

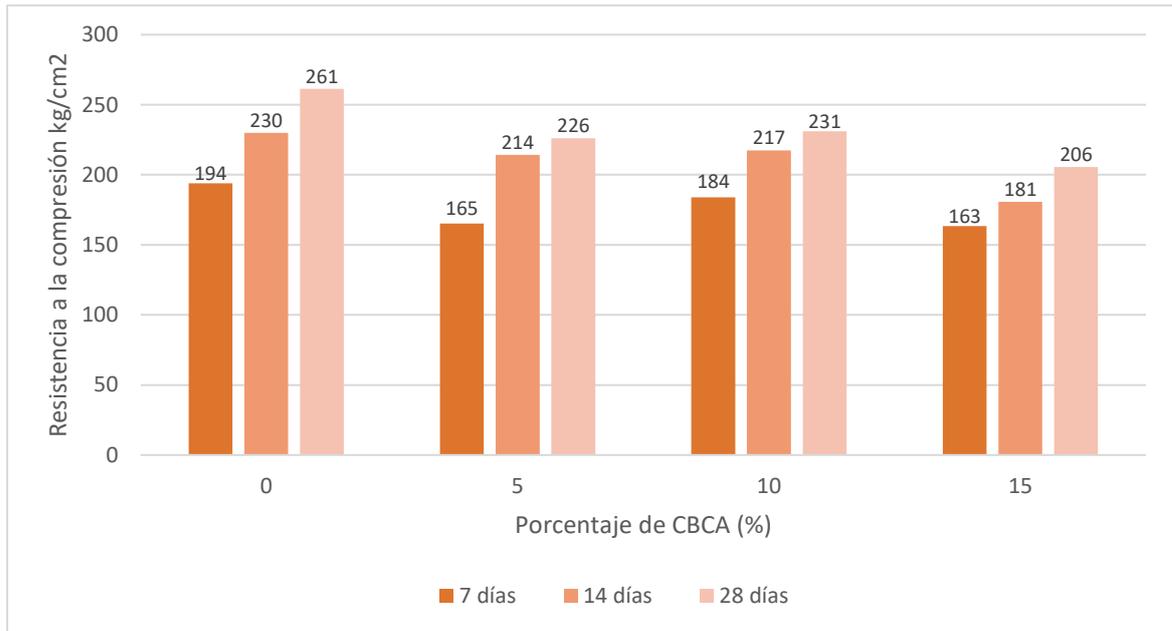


Figura 20. Resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.

Fuente: Acuña, G (2018).

- En la Figura 20 se observa que los resultados poseen menor resistencia que la muestra patrón; por el contrario 231 kg/cm² corresponde al 10%, fue el porcentaje más óptimo para sustituir la ceniza de bagazo de caña de azúcar por cemento.
- En la Tabla 30 se observa los valores obtenidos del ensayo a Flexión con $f'c$ 210 kg/cm² con porcentajes de CBCA de 5%, 10% y 15 % de sustitución del cemento.

Tabla 30. Resistencia a la flexión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado.

Contenido de Sílice (%)	Porcentaje de CBCA (%)	MPa	$f'c$ (Kg/cm ²)
		28 días	28 días
39.99%	0	2.36	24
	5	1.70	17
	10	2.05	21
	15	1.89	19

Fuente: Acuña, G (2018).

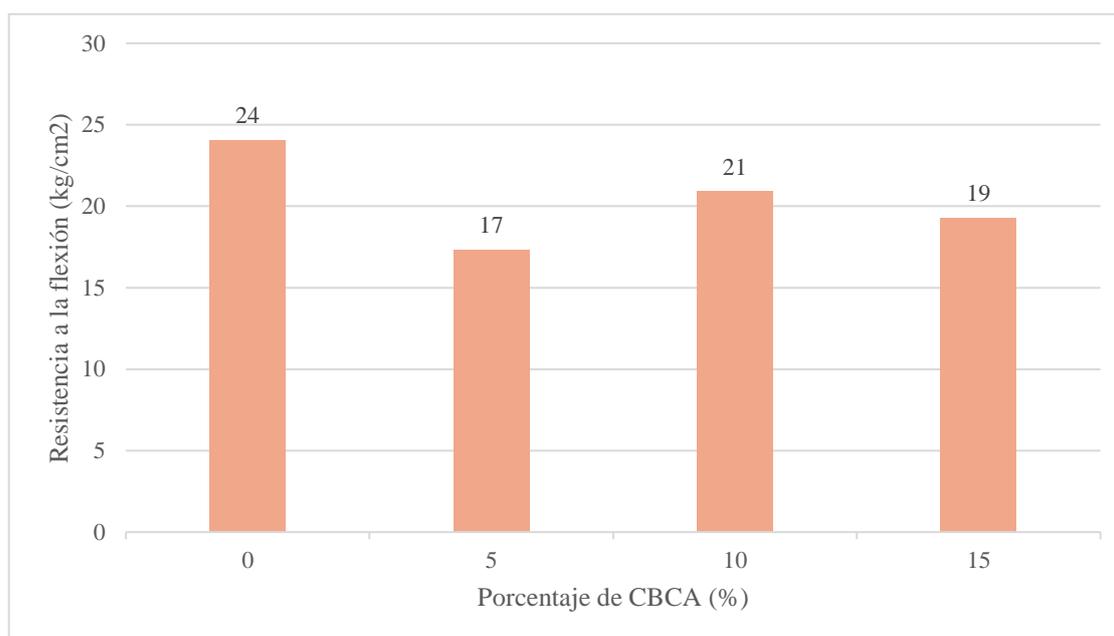


Figura 21. Resistencia a la flexión a los 28 días.

Fuente: Acuña, G (2018).

Artículo/Tesis 6: Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto 2020. Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020)

- Sustitución del cemento al 5%, 10% y 15 % por la ceniza de bagazo de caña de azúcar para un diseño de mezcla de 210 kg/cm².
- Para hallar las características mecánicas del concreto se realizaron ensayos a la compresión de acuerdo a la norma ASTM C39 para las 4 proporciones estipuladas, en probetas cilíndricas de diámetro 6 in (15 cm) por 12 in (30 cm) de altura en un tiempo de curado a los 7, 14 y 28 días.
- En la Tabla 31 observa las características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar con un alto porcentaje de sílice al 50.70%.

Tabla 31. Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Comp.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ti ₂ O ₂
%	50.7	7.1	6.4	1.5	0.36	1.7	0.6	0.02

Fuente: Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020)

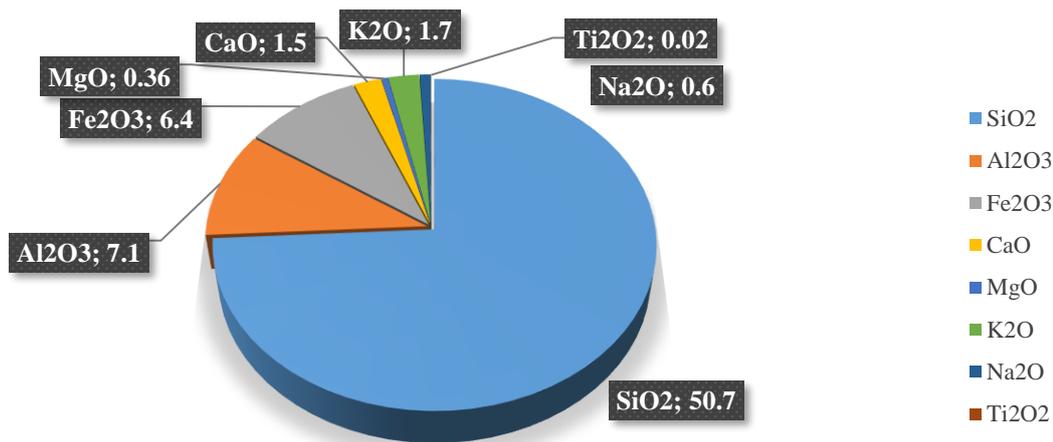


Figura 22. Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Fuente: Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020)

Tabla 32. Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Contenido Sílice (%)	Porcentaje de CBCA (%)	Asentamiento (Pulgadas)
50.7	0	4
	5	4.5
	10	4.25
	15	4.75

Fuente: Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020)

- En la Figura 23 muestran los resultados a los ensayos del concreto en estado fresco tomando como referencia la Norma Internacional ASTM C-143, 2010 para el ensayo del asentamiento con sus respectivas adiciones de concreto.

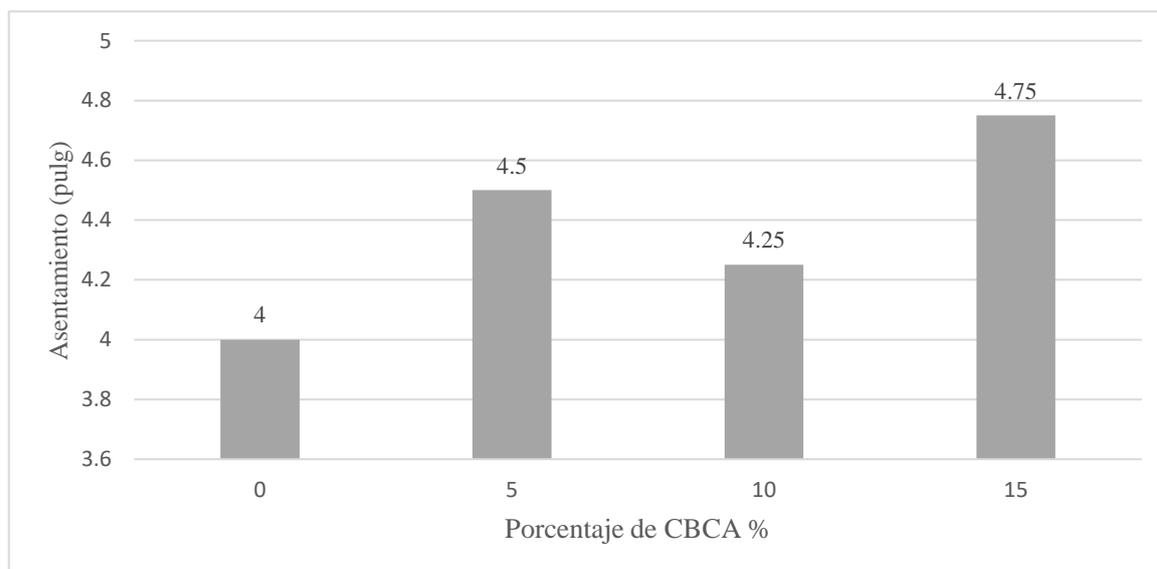


Figura 23. Resultados del asentamiento para los 28 días.

Fuente: Elaboración propia

- En la Tabla 33 se observa los resultados a la Resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado. La muestra patrón es de 210.8 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 33. Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14 y 28 días de curado.

Porcentaje de CBCA (%)	f'c (210 Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
0	160	189.00	211
5	169	198	237
10	162	192	226
15	160	191	220

Fuente: Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020)

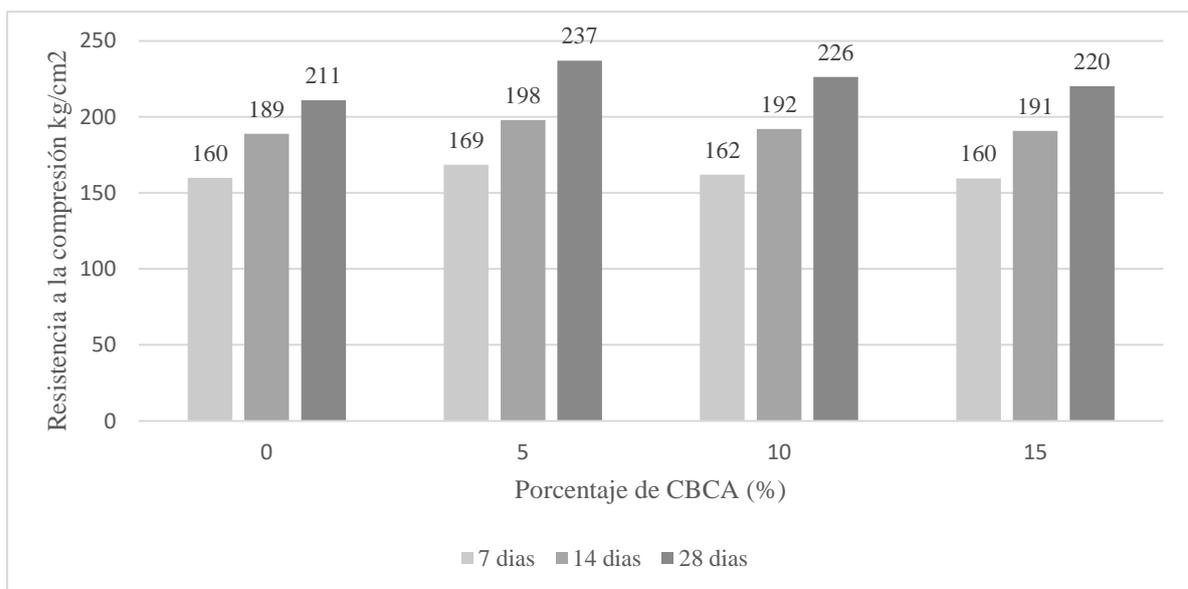


Figura 24. Resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7 y 28 días de curado.

Fuente: Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020)

- En la Figura 24 se observa que 237 kg/cm² correspondiente al 5% respectivamente fue el porcentaje más óptimo para sustituir la ceniza de bagazo de caña de azúcar por cemento, llegando a aumentar su resistencia en 12.3%.

Artículo/Tesis 7: Estudio comparativo de resistencia y durabilidad del concreto ante la sustitución parcial de cenizas volantes y cenizas de bagazo en el concreto convencional. Susmitha1, P. & M. Kanta, M. (2022).

- Sustitución del cemento al 5%, 10%, 15% y 20% por la ceniza de bagazo de caña de azúcar para un diseño de mezcla de 280 kg/cm² y una relación agua-cemento de 0.40.
- Para la prueba de resistencia a la compresión se utilizó cubos de 150 mm según especificaciones de IS 516:1959 y para la prueba a la flexión se utilizó prismas de tamaño 100x100x500mm según la especificación de IS 516:2002.
- Características físicas: Se realizó la quema de CBCA a 1000°C, gravedad específica de 2.3, tamaño medio de grano μm de 2.0 y consistencia normal de 33.
- En Tabla 34 se observa las características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar donde se observa un sobresaliente porcentaje de sílice por 78.60% utilizando un difractorómetro X pert pro con tubos de Rayoz X.

Tabla 34. Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Componente químico	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	P ₂ O ₅	LOI
%	78.60	18.90	3.62	0.71	1.62	1.20	0.15	1.20	1.20

Fuente: Susmitha1, P. & M. Kanta, M. (2022).

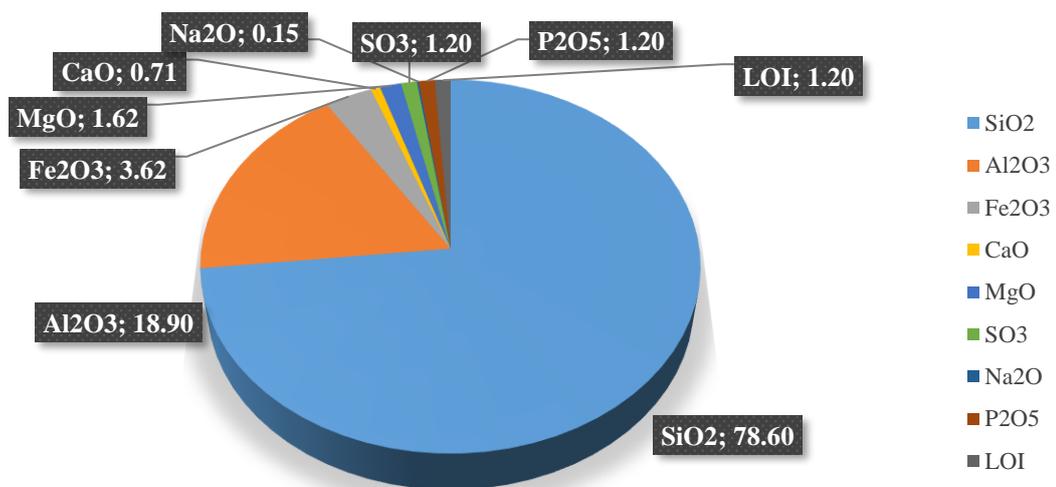


Figura 25. Características químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar

Fuente: Susmitha1, P. & M. Kanta, M. (2022).

- En la Tabla 35 se observa los resultados a la Resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado. La muestra patrón es de 465 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 35. Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado.

Contenido de sílice (%)	Porcentaje de CBCA (%)	MPa	f'c (Kg/cm ²)
		28 días	28 días
78.6	0	46.5	465
	5	58.4	584
	10	60.3	603
	15	62.1	621
	20	60.0	600

Fuente: Susmitha1, P. & M. Kanta, M. (2022).

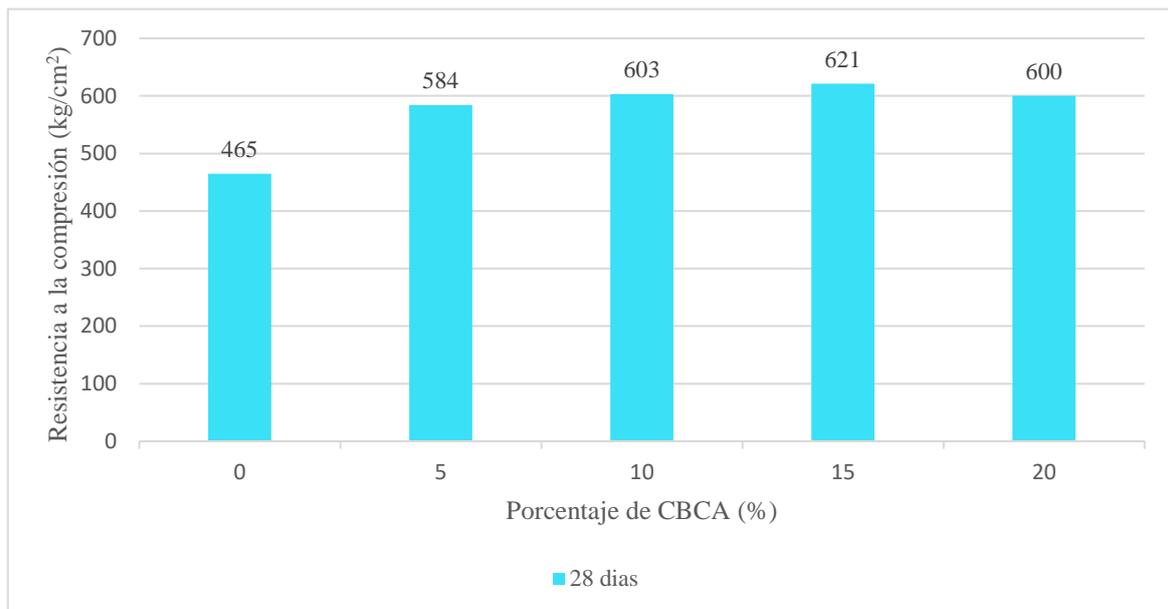


Figura 26. Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado.

Fuente: Susmitha1, P. & M. Kanta, M. (2022).

- En la Tabla 36 se observa los resultados a la Resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado. La muestra patrón es de 465 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 36. Resistencia a la flexión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días de curado.

Contenido de sílice (%)	Porcentaje de CBCA (%)	f'c Mpa	f'c (Kg/cm2)
		28 días	28 días
78.6	0	5.1	51
	5	6.3	63
	10	7.2	72
	15	7.4	74
	20	8.1	81
	25	7.8	78

Fuente: Susmitha1, P. & M. Kanta, M. (2022).

Artículo/Tesis 8: Influencia de la ceniza del bagazo de caña de azúcar con la finalidad de mejorar la resistencia del concreto, usando los agregados de la cantera Figueroa – Huánuco. Chávez, J. (2019).

- Sustitución del cemento al 5%, 10%, 15 % y 20% por la ceniza de bagazo de caña de azúcar para un diseño de mezcla de 280 kg/cm². Relación a/c=0.57.
- Se empleó moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura; para cada edad se ensayaron como 5 cilindros y se trabajó con el valor promedio, el cual serán medidos la resistencia a la compresión del concreto que está establecida por la norma NTP 339.034-1999.
- En la Tabla 37 se puede observar que se logró una mezcla trabajable, ya que los asentamientos de las cinco mezclas de concreto están entre 3 a 4 pulgadas.

Tabla 37. Resultados del asentamiento de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Contenido Sílice (%)	Porcentaje de CBCA (%)	Asentamiento (Pulgadas)
		28 días
63.9	0	3.07
	5	3.10
	10	3.13
	15	3.17
	20	3.18

Fuente: Chávez, J. (2019).

- En la Figura 28 se muestran los resultados a los ensayos del concreto en estado fresco tomando como referencia la Norma Internacional ASTM C-143, 2010.

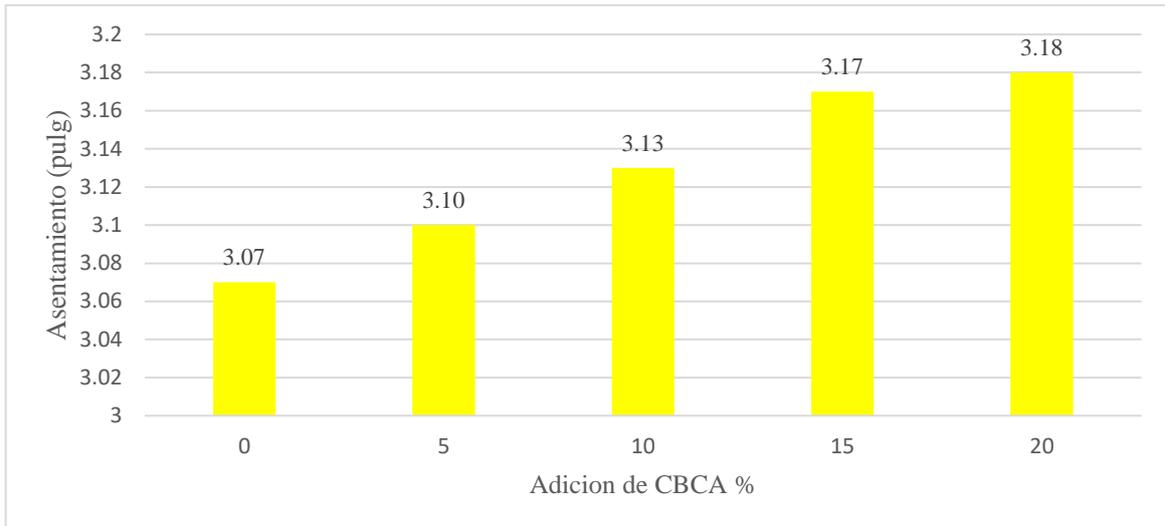


Figura 27. Resultados del asentamiento en estado fresco.

Fuente: Chávez, J. (2019).

- En la Tabla 38 se observa los resultados a la Resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14, 21 y 28 días de curado. La muestra patrón es de 325.31 kg/cm² a los 28 días.

Tabla 38. Resistencia a la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14, 21 y 28 días de curado.

Porcentaje de CBCA (%)	f'c (280 Kg/cm ²)			
	7 días	14 días	21 días	28 días
0	256	293	312	325
5	283	311	339	351
10	23	268	282	301
15	204	230	250	261
20	186	215	241	255

Fuente: Chávez, J. (2019).

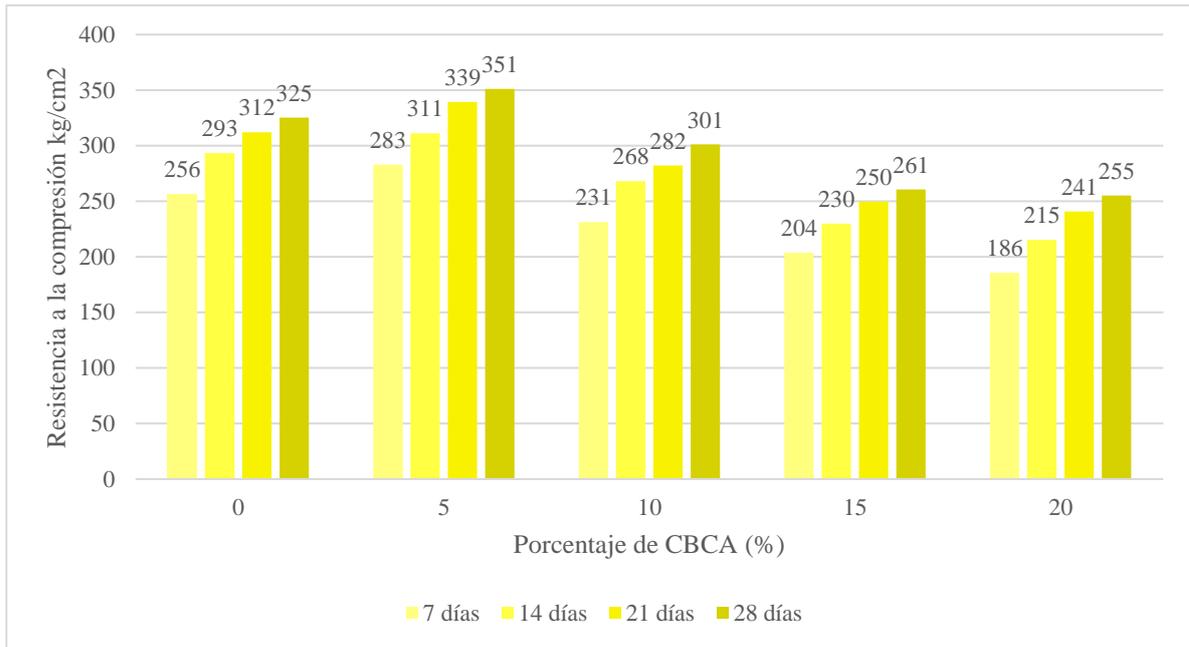


Figura 28. Resultados a la resistencia a la compresión con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 7, 14, 21 y 28 días de curado.

Fuente: Chávez, J. (2019).

- En la figura 28 se puede observar que el 5% es el reemplazo más óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar con una mayor resistencia a la compresión en todas las pruebas efectuadas.

Artículo/Tesis 9: Aplicaciones de Programación de Expresión Génica y Técnicas de Regresión para Estimar la Resistencia a la Compresión del Concreto a Base de Ceniza de Bagazo. Muhammad et Al. (2020).

- Sustitución del cemento al 5%, 10%, 15 % y 20% por la ceniza de bagazo de caña de azúcar para un diseño de mezcla de 210 kg/cm².
- Relación agua/cemento de 0.5 y contenido de humedad 1.1 de la CBCA.
- La prueba de asentamiento se realizó según la norma ASTM C143.
- En la Tabla 39 se observa la composición química de la ceniza de bagazo realizado por medio de la fluorescencia de rayos X (XRF) donde los resultados muestran que la suma de sílice (SiO₂), alúmina (Al₂O₃) y óxido de hierro (Fe₂O₃) resulta 77,47 % (>70 %), que cumple con uno de los requisitos de la puzolana según la norma ASTM C618-05.

Tabla 39. Composición química de la CBCA

Componente químico	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	LOI
%	66.70	9.24	1.53	10.07	4.60	4.32	1.30	1.98	0.22	0.02	1.90

Fuente: Muhammad et Al. (2020).

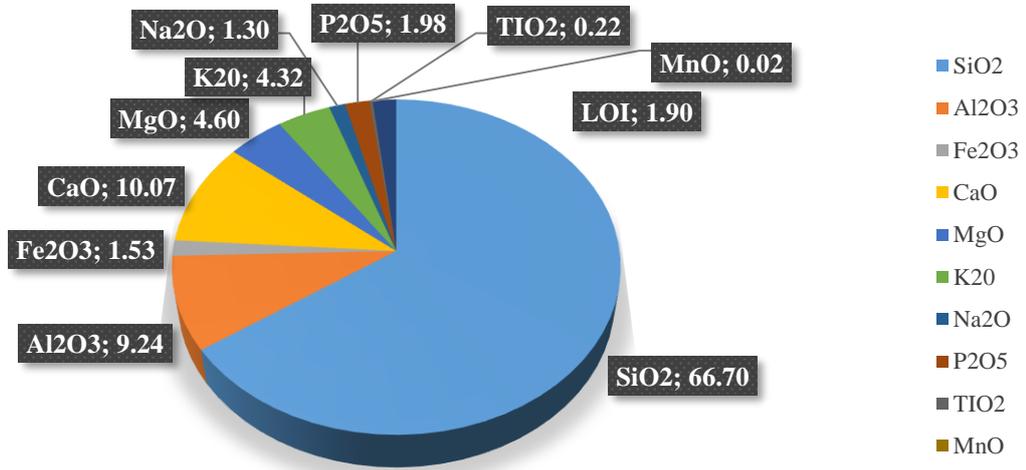


Figura 29. Composición química de la CBCA.

Fuente: Muhammad et Al. (2020).

Tabla 40. Resultados del asentamiento en estado fresco.

Contenido Sílice (%)	Porcentaje de CBCA (%)	Asentamiento (Pulgadas)
66.7	0	1.14
	5	1.25
	10	1.38
	15	1.62
	20	1.87

Fuente: Muhammad et Al. (2020).

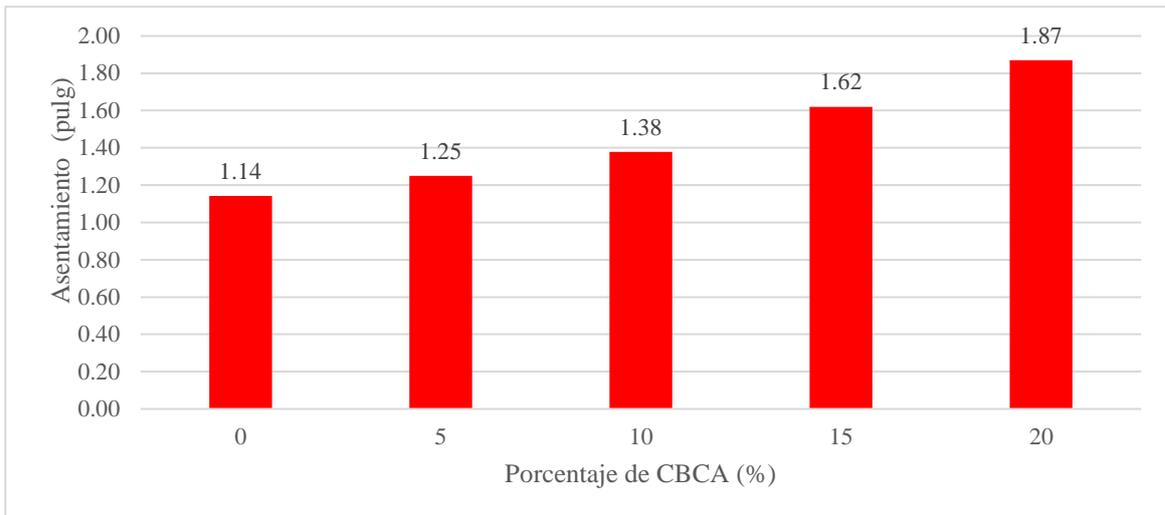


Figura 30. Resultados del asentamiento en estado fresco.

Fuente: Muhammad et Al. (2020).

- En la Figura 30 se observa los resultados del asentamiento de la CBCA a mayor porcentaje de ceniza más optimo es el asentamiento.

Tabla 41. Resultados de la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días.

Porcentaje de CBCA	Mpa 28 días	f'c (Kg/cm2) 28 días
0	23.68	237
5	26.40	264
10	24.53	245
15	22.30	223
20	21.01	210

Fuente: Muhammad et Al. (2020).

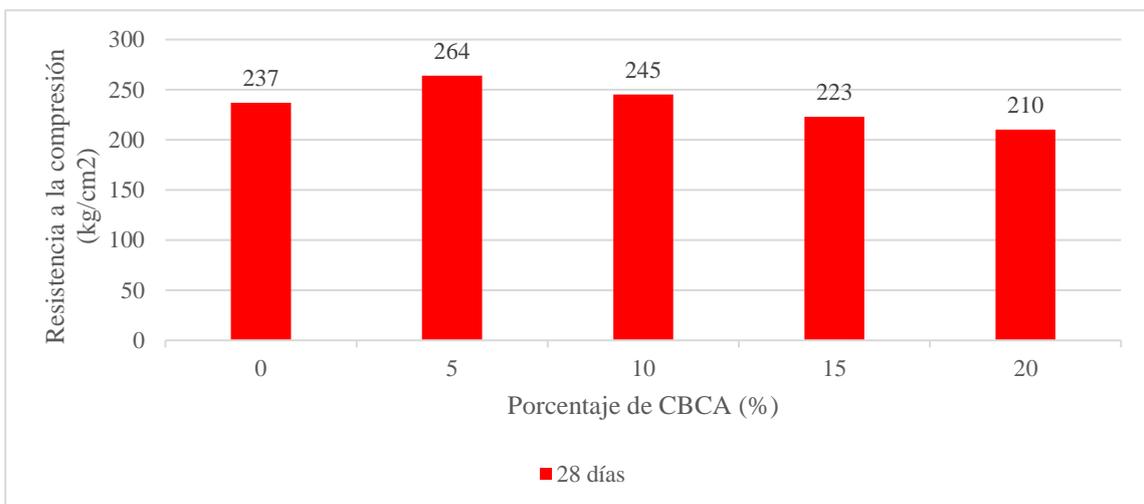


Figura 31. Resultados de la compresión con ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 28 días.

Fuente: Muhammad et Al. (2020).

- En la Figura 31 se observa los resultados de la resistencia a la compresión de la CBCA, donde el porcentaje más óptimo es 5% con 264 kg/cm², un aumento de 11.39% con respecto a la muestra patrón. También se considera con un 10% de sustitución del cemento por CBCA ya que se encuentra por arriba de la muestra patrón.

Artículo/Tesis 10: Evaluación de la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en Abancay. Huaraca, C. (2019).

- La incineración se realizó en un horno artesanal a una temperatura aproximada de 400 °C y tamizado por la malla N°200 después del proceso de molienda, lo cual se consiguió un polvo fino semejante a las partículas del cemento.
- El diseño de mezcla fue según el método de ACI 211, para un diseño de $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ con un concreto patrón y el concreto con sustitución de CBCA al 10%, 15 % y 20%. Relación agua/cemento de 0.54.
- La prueba de flexión se realizó según la norma NTP 339.183 con moldes prismáticos de 6"x6" por una longitud de 3 veces la luz de la sección transversal (15x15x55cm).

Tabla 42. Resultados de la resistencia a la flexión con CBCA a los 7, 14, 21 y 28 días.

Porcentaje de CBCA (%)	Resistencia (kg/cm ²)			
	7 días	14 días	21 días	28 días
0	34	42	45	49
10	32	39	43	47
15	32	36	40	44
20	29	36	40	44

Fuente: Huaraca, C. (2019).

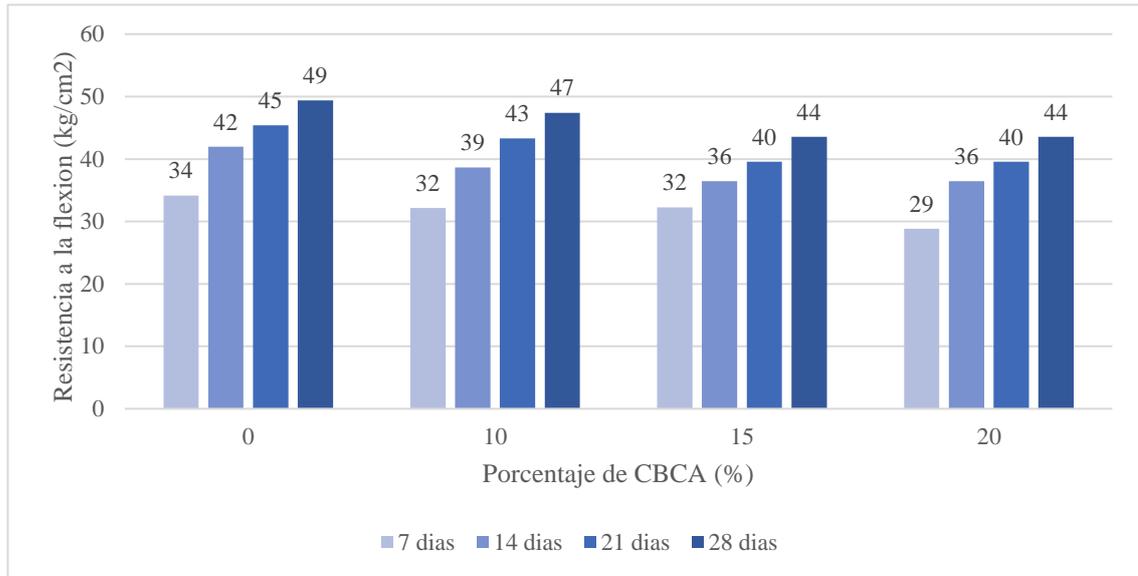


Figura 32. Resultados de la resistencia a la flexión con CBCA a los 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: Huaraca, C. (2019).

5.2 Análisis e interpretación de los resultados

Analizando el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la trabajabilidad del concreto estructural.

Tabla 43. Análisis comparativo de asentamiento alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 280 kg/cm².

Porcentaje de CBCA (%)	Chávez, J. (2019).	Coronel, R. et al. (2021)	J. Adrian & R. Bartolo (2021).
0	3.07	4.1	4
5	3.1	3.9	3.5
10	3.13	3.55	1.8
15	3.17	2.95	1.4
20	3.18	1.9	1

Fuente: Elaboración propia

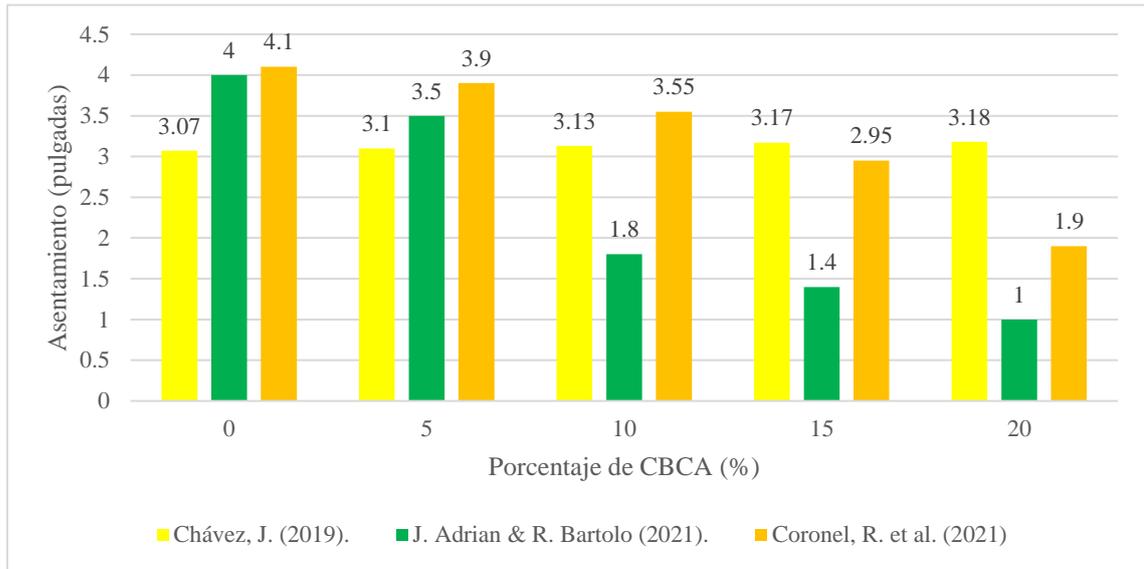


Figura 33. Análisis comparativo de asentamiento alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 280 kg/cm².

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 33, se tienen los resultados del asentamiento para verificar la trabajabilidad del concreto, Chávez, J. (2019) con relación a/c=0.57 y Sílice al 63.9%; J. Adrian & R. Bartolo (2021) con relación a/c=0.58 y Sílice al 44.75%; Coronel, R. et al. (2021) con relación a/c=0.50 y Sílice al 47.97%. El diseño de Chávez, J con un alto porcentaje de sílice resulto optimo, ya que a mayor porcentaje de sustitución del cemento el resultado es mayor a la muestra patrón; por el contrario J. Adrian & R. Bartolo y Coronel al tener un menor porcentaje de sílice sus resultados no fueron óptimos ya que a mayor porcentaje de sustitución del cemento el resultado es menor progresivamente a la muestra patrón.

Tabla 44. Análisis comparativo de asentamiento alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 210 kg/cm².

Porcentaje de CBCA (%)	Safayat, M. et al. (2018)	Muhammad et Al. (2020).	Acuña, G (2018).	Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020)
0	0.59	1.14	4	4
5	0.75	1.25	3.83	4.5
10	1.46	1.38	3	4.25
15	1.93	1.62	2.67	4.75

Fuente: Elaboración propia

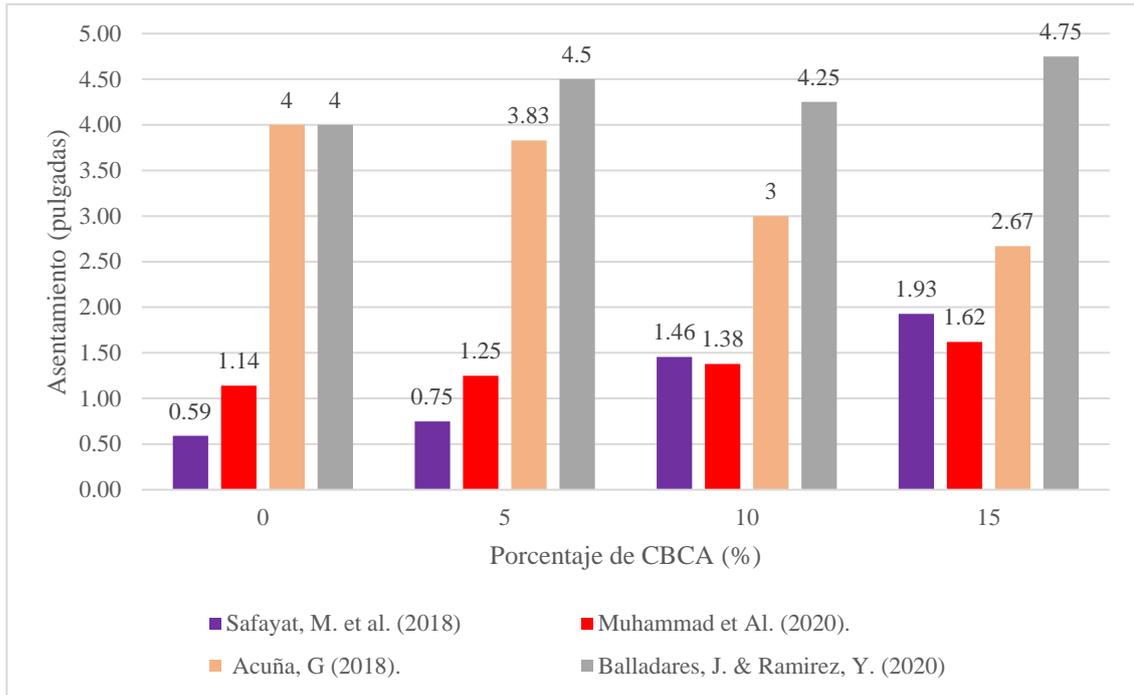


Figura 34. Análisis comparativo de asentamiento alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 210 kg/cm².

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 34, se tienen los resultados del asentamiento para verificar la trabajabilidad del concreto, Safayat, M. et al. (2018) con relación $a/c=0.52$ y Sílice al 63%; Muhammad et Al. (2020) con relación $a/c=0.5$ y Sílice al 66.7%; Acuña, G (2018) con relación $a/c=0.57$ y Sílice al 38.99%; Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020) con relación $a/c=0.57$ y Sílice al 50.7%. El diseño de Acuña, G con un bajo porcentaje de sílice resulto desfavorable, ya que a mayor porcentaje de sustitución del cemento el resultado es menor a la muestra patrón; por el contrario, Safayat, M, Muhammad y Balladares, J. & Ramírez, al tener un mayor porcentaje de sílice sus resultados fueron óptimos ya que a mayor porcentaje de sustitución del cemento el resultado es mayor progresivamente a la muestra patrón.

Analizando el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a la compresión del concreto estructural.

Tabla 45. Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 280 kg/cm² a los 7 días.

Porcentaje de CBCA (%)	Shrikant S Solanke PY Pawade (2021)	Coronel, R. et al. (2021)	J. Adrian & R. Bartolo (2021).	Chávez, J. (2019).
0	205	197	207	256
5	158	188	217	283
10	196	194	192	231
15	166	185	174	204
20	148	136	147	186

Fuente: Elaboración propia

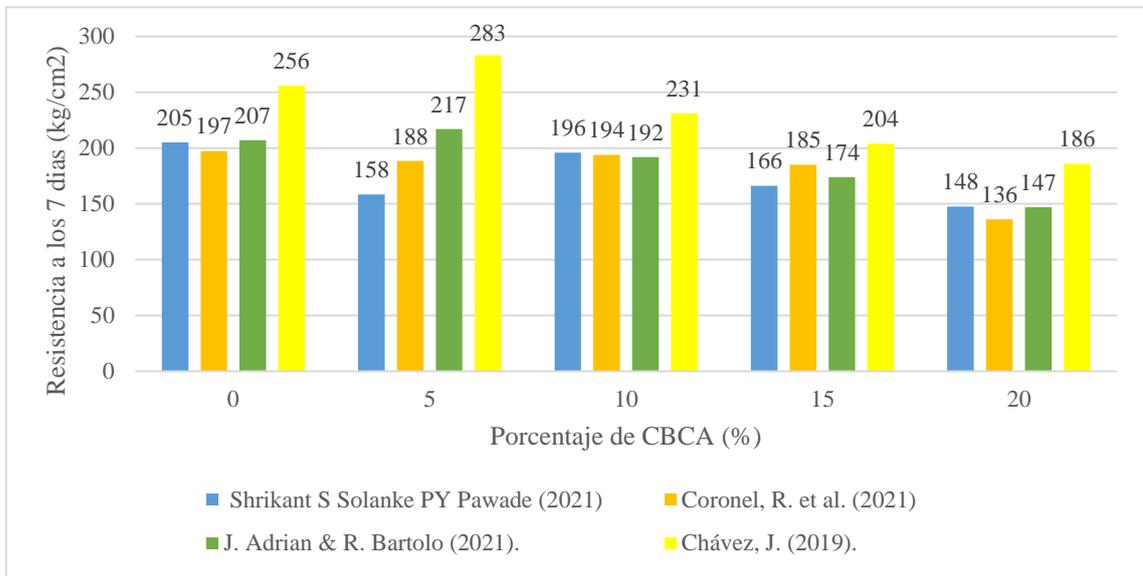


Figura 35. Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 280 kg/cm² a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 35, se tienen los resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días para 280 kg/cm², Solanke (2021) con relación a/c=0.45 y Sílice al 76.67%; Coronel, R. et al. (2021) con relación a/c=0.50 y Sílice al 47.97%; Adrian & Bartolo (2021) con relación a/c=0.58 y Sílice al 44.75% y Chávez, J. (2019) con relación a/c=0.57 y Sílice al 63.9%. Según el análisis a los 7 días, para Solanke la resistencia más próxima a la muestra patrón es al 10% de sustitución siendo no tan desfavorable.

Para Coronel la resistencia al 10% resulta ser la más próxima a la muestra patrón.

Para Adrian & Bartolo y Chávez el porcentaje óptimo a los 7 días resulta ser al 5%, ya que a partir del 10% tiene una disminución de resistencia.

Por conclusión, los porcentajes más óptimos a los 7 días esta entre el 5%-10% de sustitución del cemento.

Tabla 46. Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 280 kg/cm² a los 28 días.

Porcentaje de CBCA (%)	Shrikant S Solanke PY Pawade (2021)	Coronel, R. et al. (2021)	J. Adrian & R. Bartolo (2021).	Chávez, J. (2019).	Susmitha, P. & Kanta, M. (2022).
0	281	293	288	325	465
5	291	291	292	351	584
10	280	191	252	301	603
15	281	182	230	261	621
20	293	123	202	255	600

Fuente: Elaboración propia

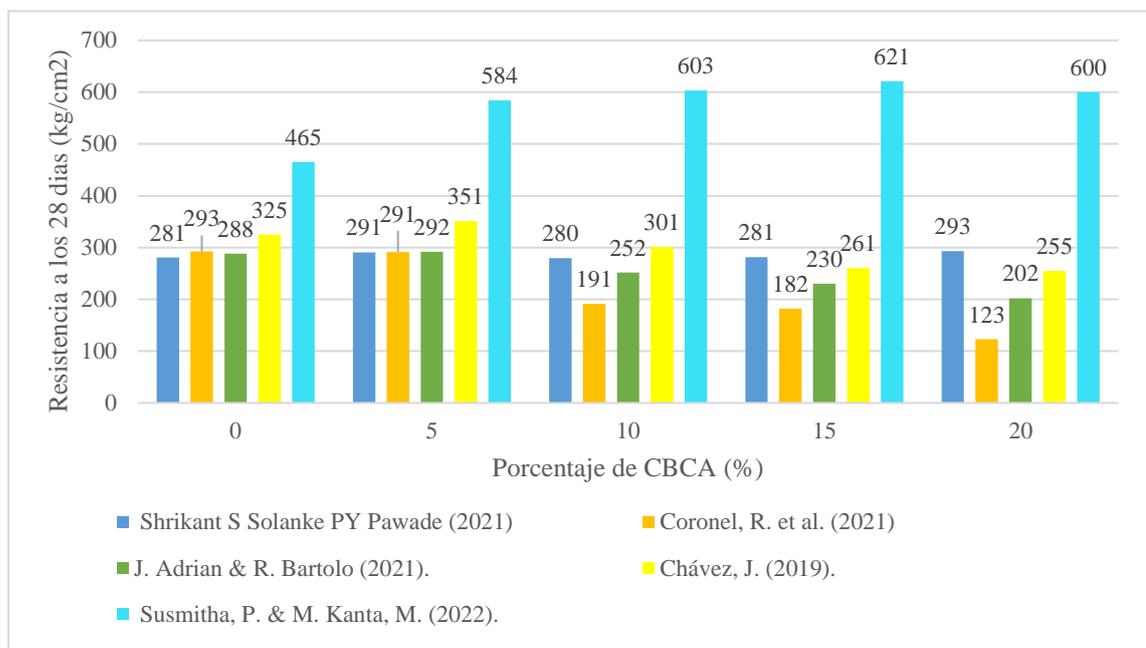


Figura 36. Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 280 kg/cm² a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 36, se tienen los resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días para 280 kg/cm², Solanke y Pawade (2021) con Sílice al 76.67%; Coronel, R. et al. (2021) con Sílice al 47.97%; Adrian & Bartolo (2021) con Sílice al 44.75% y Chávez, J. (2019) con Sílice al 63.9%; Susmitha1, P. & Kanta, M. (2022) con Sílice al 78.60%.

Para Solanke, Adrian y Chávez el resultado a la compresión a los 28 días con el porcentaje óptimo resulta ser al 5% de sustitución del cemento por CBCA.

Para Coronel el resultado más cercano a la muestra patrón es al 5% de sustitución del cemento por CBCA.

Para Susmithal el 5%, 10% 15% y 20% son resultados óptimos de sustitución del cemento, pero para el 20% se presenta una menor resistencia que al 15%, lo cual su resistencia más favorable es al 15%.

Tabla 47. Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 210 kg/cm² a los 7 días.

Porcentaje de CBCA (%)	Safayat, M. et al. (2018)	Acuña, G (2018).	Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020)
0	172	194	160
5	204	165	169
10	156	184	162
15	142	163	160

Fuente: Elaboración propia

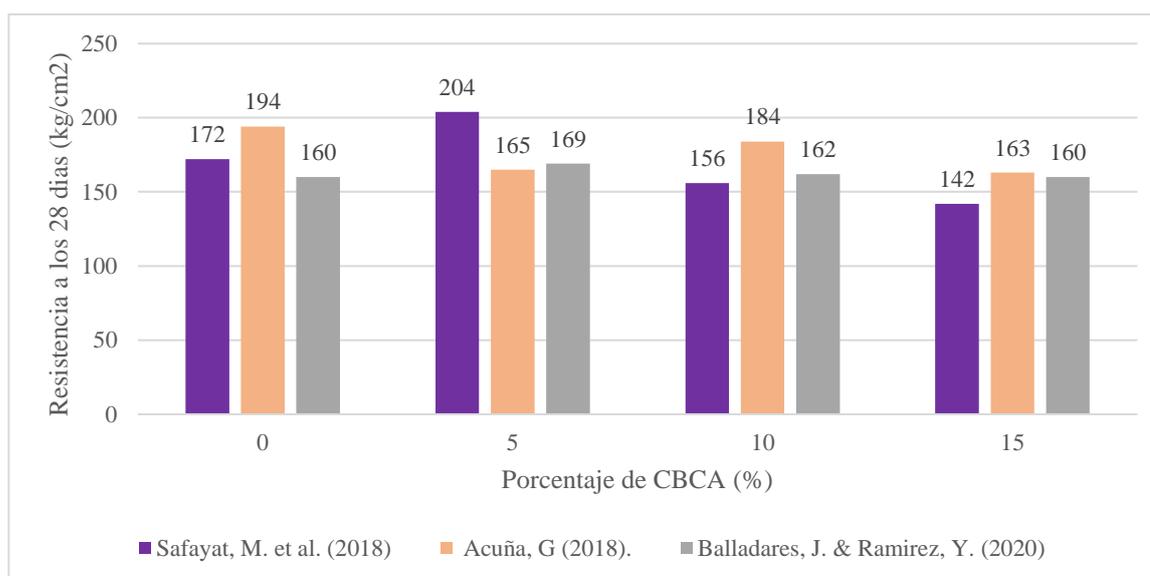


Figura 37. Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 210 kg/cm² a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 37, se tienen los resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días para 210 kg/cm², Safayat, M. et al. (2018) con Sílice al 63%; Acuña, G (2018) con Sílice al 38.99%; Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020) con Sílice al 50.7%.

Para Safayat y Balladares el porcentaje óptimo resulta ser al 5% de sustitución del cemento por CBCA, pero para Balladares los porcentajes al 10% y 15% mantienen un resultado favorable en comparación con la muestra patrón.

Para Acuña que utilizo una Ceniza de bagazo de caña de azúcar con un bajo de Sílice en el concreto, sus resultados fueron mas desfavorables con respecto a la muestra patrón.

Tabla 48. Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 210 kg/cm² a los 28 días.

Porcentaje de CBCA (%)	Safayat, M. et al. (2018)	Acuña, G (2018).	Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020)	Muhammad et Al. (2020)
0	245	261	211	237
5	292	226	237	264
10	231	231	226	245
15	209	206	220	223

Fuente: Elaboración propia

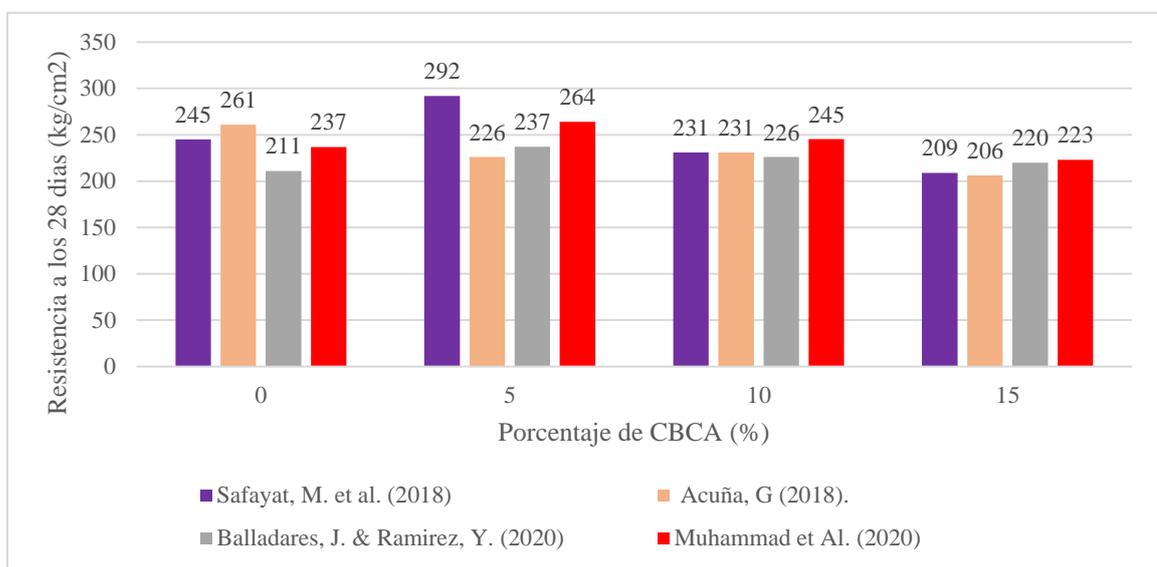


Figura 38. Análisis comparativo de resistencia a la compresión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto 210 kg/cm² a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 38, se tienen los resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días para 210 kg/cm², Safayat, M. et al. (2018) con Sílice al 63%; Acuña, G (2018) con Sílice al 38.99%; Balladares, J. & Ramírez, Y. (2020) con Sílice al 50.7% y Muhammad et Al. (2020) con Sílice al 66.7%.

Para Safayat y Balladares y Muhammad el porcentaje optimo resulta ser al 5% de sustitución del cemento por CBCA, pero para Balladares y Muhammad el porcentaje al 10% mantiene su resultado favorable en comparación con la muestra patrón.

Para Acuña los resultados fueron más desfavorables con respecto a la muestra patrón por la utilización de una ceniza de bagazo con bajo porcentaje de sílice y con mucho porcentaje de elementos livianos.

Analizando el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a la flexión del concreto estructural.

Tabla 49. Análisis comparativo de resistencia a la flexión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto a los 28 días.

Porcentaje de CBCA (%)	Coronel, R. et al. (2021)	Acuña, G (2018)	Huaraca, C. (2019)
0	67	24	49
5	45	17	
10	42	21	47
15	39	19	44
20	33		44

Fuente: Elaboración propia

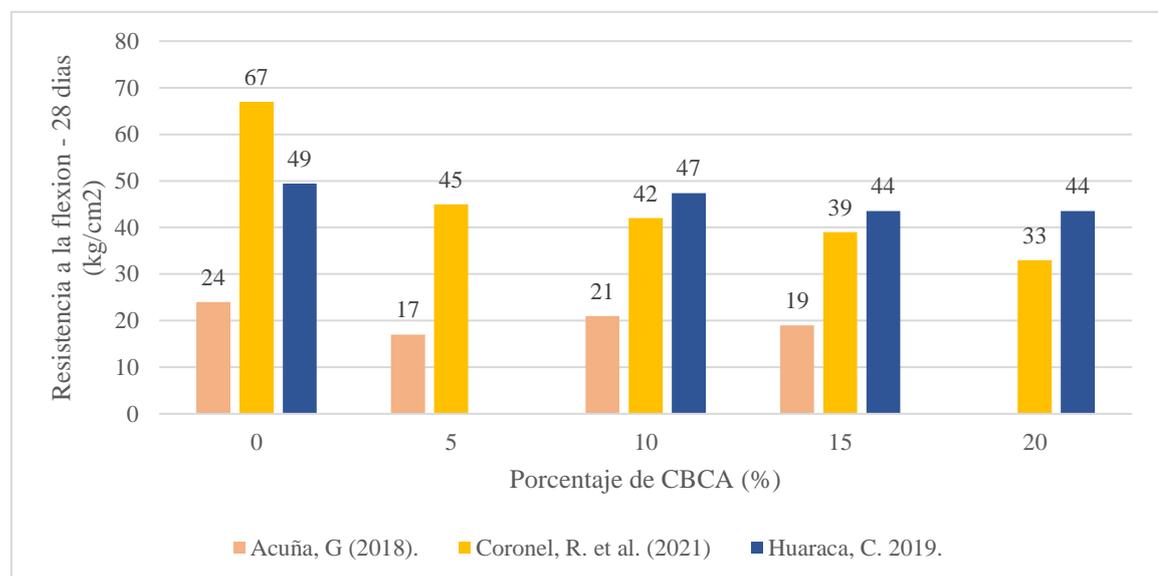


Figura 39. Análisis comparativo de resistencia a la flexión alcanzado por las mezclas según porcentajes de ceniza para concreto a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 39, se tienen los resultados de la resistencia a la flexión a los 28 días, Acuña, G (2018) con Sílice al 38.99%; Coronel, R. et al. (2021) con Sílice al 47.97% y Huaraca, C. (2019), donde son desfavorables en cada porcentaje de sustitución de cemento por CBCA, considerando también el bajo porcentaje de sílice que contenía la ceniza.

5.3 Contrastación de hipótesis

HIPÓTESIS 1: Al determinar las características físicas y químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora el diseño de mezcla del concreto estructural.

Para analizar la influencia de las características físicas y químicas es necesario verificar en las propiedades físico-mecánicas del concreto con sustitución de cemento por CBCA en diferentes porcentajes.

- Hipótesis auxiliar

H0: Al determinar las características físicas y químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar no mejora el diseño de mezcla del concreto estructural.

H1: Al determinar las características físicas y químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora el diseño de mezcla del concreto estructural.

- Observación:

En el análisis de resultados con los autores, el porcentaje de contenido de sílice tiene una influencia en las características físico-mecánicas.

El contenido mayor al 50% de sílice tiene resultados positivos en el asentamiento y la resistencia a la compresión, por el contrario, el contenido menor a 50% los resultados no son favorables para estas propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Posteriormente, una característica física en la elaboración de la ceniza es respecto al proceso de elaboración donde la temperatura de calcinación arriba de 400 C° se rica en sílice, pero varía respecto a la temperatura utilizada.

Se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna ya que se demuestra según las observaciones, que las características físicas y químicas si son controladas llegan a mejorar el diseño de mezcla del concreto estructural.

HIPÓTESIS 2: Al determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la trabajabilidad del concreto estructural.

Para analizar la influencia del asentamiento se recolecto la información de autores con diferentes porcentajes de sustitución de cemento por CBCA.

- Hipótesis auxiliar

H0: Al determinar el porcentaje de la ceniza de bagazo de caña de azúcar no mejora la trabajabilidad del concreto estructural.

H1: Al determinar el porcentaje de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la trabajabilidad del concreto estructural.

- Observación:

En el análisis de resultados con los autores, el porcentaje de contenido de sílice tiene una influencia en la trabajabilidad – asentamiento.

El contenido mayor al 50% de sílice tiene resultados positivos en el asentamiento y un contenido menor a 50% los resultados no son favorables para esta propiedad del concreto en estado fresco.

Posteriormente, en la evaluación de resultados al 5%, 10% y 15% de sustitución del cemento por CBCA presenta resultados óptimos para la trabajabilidad del concreto dependiendo de las características físicas y químicas de la CBCA.

Se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna ya que se demuestra según las observaciones, que la trabajabilidad mejorar respecto a un porcentaje optimo.

HIPÓTESIS 3: Al determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural.

Para analizar la influencia de la resistencia a la compresión se recolecto la información de autores con diferentes porcentajes de sustitución de cemento por CBCA.

- Hipótesis auxiliar

H0: Al determinar el porcentaje de la ceniza de bagazo de caña de azúcar no mejora la resistencia a la compresión del concreto estructural.

H1: Al determinar el porcentaje de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la resistencia a la compresión del concreto estructural.

- Observación:

En el análisis de resultados con los autores para un 280 kg/cm^2 se considera el 5% de sustitución de cemento por CBCA como el más óptimo para el diseño de mezcla.

En el análisis de resultados con los autores para un 210 kg/cm^2 se considera el 5% de sustitución de cemento por CBCA como el más óptimo para el diseño de mezcla, pero el 10% como un reemplazo también favorable en comparación con la muestra patrón.

El contenido mayor al 50% de sílice llega a tener una influencia positiva en la resistencia a la compresión.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna ya que se demuestra según las observaciones, que la resistencia a la compresión mejora respecto a un porcentaje óptimo.

HIPÓTESIS 4: Al determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural.

Para analizar la influencia de la resistencia a la flexión se recolecto la información de autores con diferentes porcentajes de sustitución de cemento por CBCA.

- Hipótesis auxiliar

H_0 : Al determinar el porcentaje de la ceniza de bagazo de caña de azúcar no mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural.

H_1 : Al determinar el porcentaje de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural.

- Observación:

En el análisis de resultados, los autores tuvieron resultados desfavorables en comparación a la muestra patrón.

Se rechaza la hipótesis alterna (H_1) y se acepta la hipótesis nula ya que se demuestra según las observaciones, que la resistencia a la flexión no mejora respecto a un porcentaje de sustitución de cemento por CBCA.

DISCUSION

El contenido mayor al 50% de sílice tienen resultados positivos en el asentamiento y la resistencia a la compresión; por el contrario, el contenido menor a 50% los resultados no son favorables para estas propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Posteriormente, una característica física en la elaboración de la ceniza es respecto al proceso de elaboración donde la temperatura de calcinación arriba de 400 C° se rica en sílice, pero varia respecto a la temperatura utilizada.

Se comprueba la Hipótesis 1, ya que se demuestra que las características físicas y químicas si son controladas llegan a mejorar el diseño de mezcla del concreto estructural.

Para la trabajabilidad del concreto, los resultados obtenidos del asentamiento según el diseño de Chávez, J. (2019) con Sílice al 63.9%, Safayat M. et al. (2018) con sílice al 63%, M, Muhammad et Al. (2020) con Sílice al 66.7% y Balladares, J. & Ramírez con sílice al 50.7% resultaron óptimos, ya que a mayor porcentaje de sustitución del cemento el resultado es mayor a la muestra patrón; por el contrario J. Adrian & R. Bartolo (2021) con Sílice al 44.75%, Coronel con Sílice al 47.97% y Acuña, G (2018) ya que tienen un menor porcentaje de sílice sus resultados no fueron óptimos, a mayor porcentaje de sustitución del cemento resulta ser menor progresivamente a la muestra patrón. Se comprueba la Hipótesis 2, donde los resultados más óptimos para la trabajabilidad del concreto depende de las características físicas y químicas de la CBCA.

Los resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días muestran que Solanke y Pawade (2021) con Sílice al 76.67%; Coronel, R. et al. (2021) con Sílice al 47.97%; Adrian & Bartolo (2021) con Sílice al 44.75% y Chávez, J. (2019) con Sílice al 63.9%; Susmitha I, P. & Kanta, M. (2022) con Sílice al 78.60%.

Para Solanke, Adrian y Chávez el resultado a la compresión a los 28 días con el porcentaje optimo resulta ser al 5% de sustitución del cemento por CBCA; para Coronel el resultado más cercano a la muestra patrón es al 5% de sustitución del cemento por CBCA; para Susmithal el 5%, 10% 15% y 20% son resultados óptimos de sustitución del cemento, pero para el 20% se presenta una menor resistencia que al 15%, lo cual su resistencia más favorable es al 15%.; para Safayat y Balladares y Muhammad el porcentaje optimo resulta ser al 5% de sustitución del cemento por CBCA, pero para Balladares y Muhammad el porcentaje al 10% mantiene su resultado favorable en comparación con la muestra patrón;

para Acuña los resultados fueron más desfavorables con respecto a la muestra patrón por la utilización de una ceniza de bagazo con bajo porcentaje de sílice y con mucho porcentaje de elementos livianos. Se comprueba la Hipótesis 3, donde la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la resistencia del concreto estructural, dependiendo de sus características químicas y siendo el porcentaje más favorable al 5% de reemplazo por CBCA.

Los resultados de la resistencia a la flexión a los 28 días donde Acuña, G. (2018) con Sílice al 38.99%, Coronel, R. et al. (2021) con Sílice al 47.97% y Huaraca, C. (2019), donde son desfavorables en cada porcentaje de sustitución de cemento por CBCA, considerando también el bajo porcentaje de sílice que contenía la ceniza.

Se rechaza la hipótesis 4 por que la resistencia a la flexión no mejora respecto a un porcentaje de sustitución de cemento por CBCA.

CONCLUSIONES

1. El porcentaje óptimo para reemplazar el cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar resulta ser al 5%, teniendo en consideración sus características físicas y químicas, las resistencias obtenidas resultan ser superiores a la muestra patrón. Por el contrario, utilizar al 10% de sustitución llega a aproximarse a la muestra patrón, pero disminuye conforme aumenta la dosificación. La temperatura de calcinación arriba de 800 C° es esencial para la presencia rica de sílice en la ceniza. En el Perú el contenido de sílice se aproxima al 67% lo cual resulta ser lo ideal para realización el diseño de mezcla. Para obtener resultados mayores a 280 kg/cm² se necesitan usar las proporciones en peso de 1: 2.86: 2.25 / 0.52 y un contenido de sílice mayor a 50%.
2. El porcentaje de contenido de sílice tiene una influencia en las características físico-mecánicas. El contenido mayor al 50% de sílice tiene resultados positivos en el asentamiento y la resistencia a la compresión, por el contrario, el contenido menor a 50% los resultados no son favorables para estas propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Además, una característica física en la elaboración de la ceniza es respecto al proceso de elaboración donde la temperatura de calcinación arriba de 800 C° es rica en sílice, pero varía respecto a la temperatura calcinada utilizada.
3. Para la trabajabilidad del concreto, los diseños que contienen un alto porcentaje de sílice resultan óptimos, ya que a mayor porcentaje de sustitución del cemento el resultado es mayor a la muestra patrón; por el contrario, con Sílice al 44.75%, o al 47.97% sus resultados no son óptimos, a mayor porcentaje de sustitución del cemento resulta ser menor progresivamente a la muestra patrón. Para obtener un resultado óptimo la trabajabilidad del concreto depende de las características físicas y químicas de la CBCA.
4. En el análisis de resultados con los autores para un 280 kg/cm² se considera el 5% de sustitución de cemento por CBCA como el más óptimo para el diseño de mezcla. En el análisis de resultados con los autores para un 210 kg/cm² se considera el 5% de sustitución de cemento por CBCA como el más óptimo para el diseño de mezcla, pero el 10% como un reemplazo también favorable en comparación con la muestra patrón.

El contenido mayor al 50% de sílice llega a tener una influencia positiva en la resistencia a la compresión.

5. Los resultados de la resistencia a la flexión a los 28 días son desfavorables en cada porcentaje de sustitución de cemento por CBCA, considerando también el bajo porcentaje de sílice que contenía la ceniza.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para las futuras investigaciones con el uso de esta ceniza, un seguimiento al proceso de calcinación, contenido de sílice, tamizado fino, etc., ya que estas características pueden llegar a influir no beneficiosamente al concreto y sus propiedades.
2. Se debe analizar las características de los agregados y realizar un diseño de mezcla óptimo en relación agua/cemento para que no sea desfavorable la implementación del concreto en estado fresco. (Segregaciones, cangrejeras, fisuración o baja durabilidad).
3. Se debe analizar esta mezcla con la implementación de un aditivo superplastificante para mejorar la trabajabilidad.
4. Se recomienda la sustitución de la ceniza de bagazo de azúcar por CBCA para el concreto que se utilice en elementos sometidos a cargas de compresión como columnas y placas, no obstante, no se recomienda el uso de esta mezcla para elementos sometidos a cargas de flexión como lo son vigas y losas.
5. Se recomienda realizar un estudio de factibilidad para las zonas más alejadas donde se produzca caña de azúcar y analizar la probabilidad de utilizar este material como un sustituto del cemento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, C. & Caballero, H. (2018) Resistencia a la compresión y flexión de un concreto estructural mediante la sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) – San Jacinto.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR_ba6f3445193cde1efb58cb55ea992d3/Description
- Adrian, J. & Bartolo, R. (2021) Cenizas de bagazo de caña de azúcar como sustitución del cemento portland en elaboración de concreto hidráulico.
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3633>
- American Society of Concrete Contractors — ASCC y el American Concrete Institute - ACI. (2011) La Guía del contratista para la construcción en concreto de calidad.
https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/ASCC105S_preview.pdf
- Apaza, D. (2018). *Durabilidad del Concreto elaborado en base a la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) con cemento Portland, ante agentes agresivos*. [Tesis pre grado Universidad Nacional Federico Villarreal Facultad de Ingeniería Civil Lima Perú].
<http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2157/APAZA%20HITO%20DANNY%20SAMIR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arana, S. (2018) ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial de cemento portland en la elaboración de concreto F'C=210 KG/CM2. [Tesis Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Facultad de Ingeniería civil y ambiental, Chachapoyas- Perú 2018]
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNTR_7165e979120ecccd6f02f7c904a8898d/Description
- Balladares. & Ramírez, Y. Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión [Tesis Universidad Cesar Vallejo Tarapoto 2020]
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47626/Balladares_UJL-Ram%c3%adrez_VYK-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Camino, S. et al (2021). Efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en las propiedades del concreto. *Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8(2), 61-76.
<http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1904>

- Conf. Series: Earth and Environmental Science 982 (2022) Comparative study on strength and durability of concrete upon partial substitution of fly ash and bagasse ash in conventional concrete.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/982/1/012011/pdf>
- Coronel, R. (2020) Uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como reemplazo puzolánico porcentual en la fabricación de concreto estructural.
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8362#:~:text=Los%20resultados%20mostraron%20que%20al,edad%20respecto%20a%20la%20muestra>
- Coyasamin, O. & Navarro, C. (2016) Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón adicionado con cenizas de cáscara de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23482>
- Chandan, K. et Al (2021). Examination of Microstructure of Sugar Cane Bagasse Ash and Sugar Cane Bagasse Ash Blended Cement Mortar.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12355-020-00934-8>
- Chávez, J. (2019). Influencia de la ceniza del bagazo de caña de azúcar con la finalidad de mejorar la resistencia del concreto, usando los agregados de la cantera Figueroa [Tesis Universidad Nacional Hermilio Valdizán Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura escuela académico profesional de ingeniería civil. Huánuco 2018].
<https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/4291/TIC00164Ch535.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chulim et al (2019). Propiedades físico-mecánicas del concreto con sustitución parcial de ceniza de bagazo de caña de azúcar.
<http://www.itchetumal.edu.mx/images/2019/12DICIEMBRE/AVACIENT/2/9.pdf>
- Chumán, K & Rivas, Y (2020). Aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos para mejorar las propiedades físico – mecánicas del concreto fluido.
https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3665/CIV-T030_70330365_T%20%20%20RIVAS%20OCHOA%20YULIANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dargent, E. (2017). Historia del azúcar y sus derivados en el Perú. Investigación para el Instituto de Investigación del Patrimonio Cultural Universidad Ricardo Palma
<https://www.coursehero.com/file/62856756/HISTORIA-DEL-AZ%3%9ACAR-Y-SUS-DERIVADOS-EN-EL-PER%3%9A-IIPC-URP-FINALV4-chicagoffinalpdf/>

- Farfán, M. & Pastor, H. (2018) Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto UCV-HACER. *Revista de Investigación y Cultura*, vol. 7, núm. 3, pp. 25-31, 2018.
<https://www.redalyc.org/journal/5217/521758012002/html/>
<https://doi.org/10.18050/RevUCVHACER.v7n3a2>
- Gaddam, K. (2021). Sustainability Studies on Concrete Partial Replacement of Sugarcane Granular Bagasse-ash in Cement.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/822/1/012037/pdf>
- Guerrero, S. (2020). Ceniza de bagazo de caña de azúcar en el concreto Exploración preliminar del potencial de uso de la ceniza del valle del Chira. [Tesis pre-grado Universidad de Piura facultad de Ingeniería, Piura Julio 2020].
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4609/ICI_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández, R. & Torres, C. (2018). Metodología de la investigación (Vol. 4, pp. 310-386). México ed. F DF: McGraw-Hill Interamericana.: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.
http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/wp-content/uploads/2019/02/RUDICSv9n18p92_95.pdf
- Huaraca, C. (2022) Evaluación de la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en Abancay, 2019. [Tesis Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay – Apurímac – Perú 2022].
<https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/378>
- Izquierdo; J.et al. (2019). Uso de la ceniza de bagazo de caña (cbc) como remplazo parcial del cemento portland – caso Colombia. Artículo CBC2019
<https://www.researchgate.net/publication/341600795>.
https://www.researchgate.net/publication/341600795_USO_DE_LA_CENIZA_DE_BAGAZO_DE_CANA_CBC_COMO_REEMPLAZO_PARCIAL_DEL_CEMENTO_PORTLAND_-CASO_COLOMBIA
- Juela, D. et Al (2020). Resistencia a la compresión y resistividad eléctrica de hormigones elaborados con materiales cementicios suplementarios y agregados reciclados.
<https://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/article/view/2129>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado*.

- <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Muñoz, S. et al (2021) Impacto de los derivados de la caña de azúcar sobre las propiedades físico-mecánicas del hormigón Impacto de los derivados de la caña de azúcar en las propiedades físico-mecánicas del hormigón. Revista Electrónica Multidisciplinaria de Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura Año III. Vol III. N°5. Julio – Diciembre.
<http://dx.doi.org/10.35381/i.p.v3i5.1367>
- Muhammad, F. et Al. (2020) Aplicaciones de la programación de expresión génica y Técnicas de regresión para estimar la compresión. Crystals 2020, 10, 737; doi:10.3390/cryst10090737.
<https://www.mdpi.com/2073-4352/10/9/737>
- Muthukumar, S. et al (2020). Investigación sobre las propiedades mecánicas del hormigón permeable ecológico. [Materiales hoy: Actas, 46, 4909-4914].
<https://www.researchgate.net/publication/346080680>
- Noorwirdaw, A. et Al (2017). Potential Mixture of POFA and SCBA as Cement Replacement in Concrete
https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/17/mateconf_iscee2017_01006/mateconf_iscee2017_01006.html
- Ospina, E. & Molina, Y. (2018) Influencia del contenido de ceniza de bagazo de caña de azúcar en las propiedades mecánicas de flexión y compresión de un material compuesto por cemento portland, puzolana y arena. [Tesis Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica – Tecnología en mecánica por ciclos. Bogotá D.C. 2018]
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/15871>
- Pastor, H. (2017), Efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto. [Tesis Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería]
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/29333>
- Safayat, M. et Al (2018). Investigación sobre la trabajabilidad y resistencia a la compresión del hormigón mediante el uso de cenizas de bagazo de ingenio azucarero. World Scientific News, 96, 191-201.
<https://bibliotekanauki.pl/articles/1178003>

- Shafiq, N. (2016) Efectos del bagazo de caña de azúcar ceniza en las propiedades del hormigón. Revista científica.
<http://dx.doi.org/10.1680/jensu.15.00014>
- Shrikant, S. & Pawade, P. (2021) Un estudio de la resistencia a la compresión del hormigón por uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar. J. Phys.: Artículo Conf. Ser. 1913 012072.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1913/1/012072>
- Vélez, E. *Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar resistencia y permeabilidad del hormigón* [Tesis Universidad Católica de Santiago de Guayaquil Facultad de Ingeniería Civil, Ecuador (2019)]
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/13844/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-322.pdf>

Anexo 01: Matriz de consistencia: Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	INDICADORES	DISEÑO DE MÉTODO
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	INDEPENDIENTE		
¿De qué manera la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural?	Determinar el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.	Al determinar el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.	Ceniza de bagazo de caña de azúcar	Características físicas - químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar	El método de investigación es cuantitativo ya que recopila información de tablas y gráficos.
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis Específicas	DEPENDIENTE		
a) ¿De qué manera las características físicas y químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejoran el diseño de mezcla del concreto estructural?	a) Determinar las características físicas y químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar el diseño del concreto estructural.	a) Al determinar las características físicas y químicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora el diseño de mezcla del concreto estructural.		Diseño de mezcla	El tipo de investigación es descriptiva, ya que explicará las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural al sustituir la ceniza del bagazo de caña de azúcar por cemento.
b) ¿De qué manera el porcentaje de la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la trabajabilidad del concreto estructural?	b) Determinar el porcentaje óptimo de ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la trabajabilidad del concreto estructural.	b) Al determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la trabajabilidad del concreto estructural.	Propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.	Trabajabilidad	
c) ¿De qué manera el porcentaje la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia a la compresión del concreto estructural?	c) Determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a la compresión del concreto estructural.	c) Al determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural.		Resistencia a la Compresión	
d) ¿De qué manera el porcentaje de la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye la resistencia a la flexión del concreto estructural?	d) Determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a la flexión del concreto estructural.	d) Al determinar el porcentaje óptimo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora la resistencia a la flexión del concreto estructural.		Resistencia a la flexión	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02: Matriz de Referencias bibliográficas

#	TÍTULO	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMAS (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES	REVISTA	AÑO
1	La Guía del contratista para la construcción en concreto de calidad	Control de calidad para las normas ASTM	Asentamiento Densidad Resistencia a la compresión Resistencia a la flexión	Descriptivo	A pesar que hay muchas cosas importantes en construcciones de concreto tales como la calidad del trabajo y obtener una utilidad, la seguridad debe ser siempre la prioridad número uno. Por esa razón, la seguridad está al inicio de este libro para enfatizar su importancia como elemento fundamental para lograr un proyecto exitoso	-	Libro	2011
2	Durabilidad del Concreto elaborado en base a la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) con cemento Portland, ante agentes agresivos	Los porcentajes de 5, 10, 15% de ceniza de bagazo en el concreto son directamente proporcionales al incremento de sus resistencias a la compresión.	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	Experimental aplicado	Sustituir el agregado fino por ceniza fue beneficioso, pues alcanzaron resistencias mayores y por encima del concreto patrón, siendo la más optima el concreto a 15% CBCA.	Para la fabricación del concreto con ceniza al 15% se sugiere un aditivo plastificante para mejorar la trabajabilidad del concreto con CBCA, ya que este porcentaje de ceniza de bagazo reduce el Slump de 3.5 a 1.5"	Tesis	2018
3	Diseño de concreto empleando cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia a compresión	Diseño de mezcla ocurre con la adición del 5% de CBCA Las CBCA, serán aplicadas durante el proceso de elaboración del diseño de concreto, se añadirá un porcentaje optimo regulando los materiales que se utilizan para la dosificación, asimismo se disminuirá los porcentajes de agregados ya sea cemento, arena o piedra	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar. Peso específico Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	El uso de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar fue beneficioso en el diseño del concreto, debido a que la ceniza y el cemento tienen propiedades similares de material puzolánico, donde la ceniza no altera las propiedades mecánicas del concreto, así tuvieron una buena trabajabilidad, al momento de elaborar el concreto, obteniendo una resistencia alta a los 28 días de edad de curado.	Incluir las cenizas como un componente de mezcla dentro del concreto permite utilizar el material puzolánico que normalmente es desechado por procesos industriales o utilizados para distintas labores.	Tesis	2020

4	Efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en las propiedades del concreto.	Sustitución del cemento por CBCA	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar. Diseño de mezcla Consistencia Densidad Resistencia a la flexión Resistencia a la Compresión	Experimental aplicado	El asentamiento de la mezcla se ve disminuido debido al incremento en la proporción de ceniza (CBCA) como reemplazo del cemento por ende convierte del concreto un material bajo en trabajabilidad, la temperatura del concreto también se vio afectada con el incremento del porcentaje de sustitución ya que aumenta el calor siendo la más desfavorable la mezcla con el 20% de sustitución del cemento llegando hasta 38.6°C en muestras cilíndricas y 35.2 °C en muestras prismáticas en los diseños de f'c 350 kg/cm2.	La adición de CBCA no mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto empero la dosificación con 5% de sustitución proporciona valores cercanos a la muestra patrón en el ensayo a compresión, para la resistencia a flexión la dosificación de 10% mejora sustancialmente con respecto a la mezcla patrón a los 28 días de curado	Artículo	2021
5	Influencia de la ceniza del bagazo de caña de azúcar con la finalidad de mejorar la resistencia del concreto, usando los agregados de la cantera Figueroa	Analizar la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar al concreto, para determinar si esta produce un incremento en la resistencia a la compresión	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar. Diseño de mezcla Resistencia a la Compresión	Experimental	Con la adición de la ceniza del bagazo de caña de azúcar a la mezcla del concreto mejorara la resistencia de la misma”, sin embargo, las resistencias obtenidas en los concretos añadidos con ceniza de bagazo de caña de azúcar fueron mayores que la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto patrón solo cuando esta contiene el 5% de ceniza de bagazo de caña de azúcar	Se recomienda realizar un estudio de la influencia de la ceniza de ceniza de bagazo de caña de azúcar al reemplazarla como agregado fino, ya que en la presente investigación se analizó su influencia al usarlo en reemplazo del cemento.	Tesis	2019
6	Propiedades físico-mecánicas del concreto con sustitución parcial de ceniza de bagazo de caña de azúcar	El uso de la CBCA como material alternativo al cemento es viable ya que se obtienen resultados similares al concreto convencional, y que el tamaño de partícula es determinante para obtener concretos con mayor densidad.	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar. Diseño de mezcla Consistencia Densidad Resistencia a la Compresión	Experimental	Los resultados muestran que el concreto elaborado con una sustitución del 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) por cemento, en cuanto a resistencia mecánica, presenta un comportamiento similar al concreto de referencia, teniendo una diferencia o variación del 3%, lo cual es permisible ya que queda dentro de la tolerancia en resultados de acuerdo a la norma ASTM C-39.	Se sugiere un estudio donde se analicen partículas de menor tamaño y su influencia en la resistencia del concreto, así como la propuesta de diferentes porcentajes de sustitución	Artículo	2019

7	Historia del azúcar y sus derivados en el Perú	historia de la presencia de azúcar y de sus derivados	No tiene indicador	Descriptivo	La conclusión es hacer una historia de la presencia de azúcar y de sus derivados. Las proporciones de CBCA, 20 y 40%, lograron resistencias a la compresión por debajo de la de diseño de 43.93% a 7 días y 22.62% a 28 días de curado. Las resistencias a la compresión solamente mostraron diferencias significativas a los 28 días de curado.	-	Articulo	2017
8	Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto	El concreto con 20% de CBCA tuvo mejor comportamiento a compresión a los 7 y 28 días de curado, aunque ambas estuvieron 59% por debajo del concreto estándar. Donde disminuye la resistencia a la compresión.	Resistencia a la compresión	Experimental	La resistencia a la compresión se ve afectada por el reemplazo de cemento por CBCA en proporciones de 20 y 40%. Las investigaciones acerca de la utilización de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la elaboración de morteros y concretos, han sido orientadas en dos grandes áreas: como reemplazo parcial del cemento y como reemplazo parcial de la arena. En los estudios realizados se han elaborado y ensayado mezclas de morteros y concretos sin CBCA y con diferentes porcentajes de CBCA de reemplazo, considerando factores como las condiciones de la ceniza empleada, relación agua/cemento y utilización de 94 superplastificante.	Se recomienda hacer más diseños de mezcla con diferentes proporciones de CBCA.	Articulo	2018
9	Ceniza de bagazo de caña de azúcar en el concreto Exploración preliminar del potencial de uso de la ceniza del valle del Chira	El Concreto asfáltico reciclado junto con la ceniza de bagazo será utilizado para mejorar los suelos expansivos	Resistencia a la flexión	Experimental	La resistencia a la compresión se ve afectada por el reemplazo de cemento por CBCA en proporciones de 20 y 40%. Las investigaciones acerca de la utilización de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la elaboración de morteros y concretos, han sido orientadas en dos grandes áreas: como reemplazo parcial del cemento y como reemplazo parcial de la arena. En los estudios realizados se han elaborado y ensayado mezclas de morteros y concretos sin CBCA y con diferentes porcentajes de CBCA de reemplazo, considerando factores como las condiciones de la ceniza empleada, relación agua/cemento y utilización de 94 superplastificante.	La ceniza local requiere de una mayor combustión o pretratamiento para tener potencial de uso en morteros y concretos, por tanto, bajo la condición de producción actual no se puede emplear.	Tesis	2020

10	Uso de la ceniza de bagazo de caña (cbca) como remplazo parcial del cemento portland –	El uso de alternativas a la producción del cemento toma importancia pues implicaría un menor impacto ambiental por la menor emisión de CO2 y pueden traer efectos positivos en las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales cementicios.	Propiedades físicas y mecánicas	Experimental	Se comprobó una mejora en las propiedades en estado endurecido del material cementicio, tanto mecánicas como de durabilidad, debido a la disminución de la porosidad promovida por la reacción puzolánica, aumentando la resistencia a distintos tipos de esfuerzos y el desempeño al ataque de agentes agresivos.	Las propiedades en estado fresco de los concretos con adición de CBC, se ven mejoradas por esta incorporación, aumentando la fluidez del concreto, haciéndolo más trabajable.	Artículo	2019
11	Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.	-	-	Descriptivo	-	-	Revista	2021
12	Impacto de los derivados de la caña de azúcar sobre las propiedades físico-mecánicas del hormigón Impacto de los derivados de la caña de azúcar en las propiedades físico-mecánicas del hormigón	Al incorporar entre el 20% al 30% de CBCA incinerada entre 600°C y 800 °C mejora sustancialmente la trabajabilidad, resistencia a la compresión y flexión.	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar. Consistencia Resistencia a la Compresión	Descriptivo	El 20-30% de CBCA mejora la trabajabilidad y la resistencia a compresión y a la flexión.	No presenta recomendación.	Revista	2021

13	Investigation on the mechanical properties of eco-friendly pervious concrete	Se prueban los parámetros de resistencia y permeabilidad del hormigón. Seis diferentes mezclas de concreto con el bagazo ceniza reemplazando 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de la OPC se prepararon con relación agua a cemento de 0.34 y 202,83 kg/m3 de contenido de cemento. Se encuentra que al 15% de reemplazo, se obtiene la resistencia óptima.	Resistencia a la Compresión	Experimental	Como resultado, compresión, tracción y flexión fuerza ha aumentado progresivamente hasta el 15% de reemplazo de ceniza de bagazo con Cemento Portland Ordinario.	No presenta recomendación.	Artículo	2020
14	Investigation on the workability and compressive strength of concrete by using bagasse ash from sugar mill	Después de completar la prueba de resistencia a la compresión, el resultado muestra que la resistencia a la compresión aumenta cuando se reemplaza el 5% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar y este es el reemplazo correcto del cemento.	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar. Diseño de mezcla Consistencia Resistencia a la Compresión	Experimental	Se concluye que el porcentaje de hasta 0 a 5 de SCBA con el reemplazo de cemento brinda la mejor resistencia del concreto. Pero cuando en el momento de aumentar por encima del 5% de SCBA con el reemplazo de cemento, la resistencia a la compresión del hormigón disminuye. Y la relación entre el aumento porcentual de SCBA y la trabajabilidad es buena.	se necesitarán más investigaciones para saber cómo se incrementa la resistencia a la compresión con el aumento de más del 5% SCBA con la sustitución del cemento en el hormigón.	Artículo	2018
15	Cenizas de bagazo de caña de azúcar para mejorar resistencia y permeabilidad del hormigón	La ceniza de la caña de azúcar después de ser valorada química y físicamente puede ser utilizada como material puzolánico. Las cenizas obtenidas del ingenio San Carlos para el presente trabajo tienen un 62,9% de SiO ₂ (sílice) en su composición química, gracias a esto se puede clasificar al material como puzolánico, ya que varios autores afirman	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	Experimental	La ceniza de la caña de azúcar después de ser valorada química y físicamente puede ser utilizada como material puzolánico. Las cenizas obtenidas del ingenio San Carlos para el presente trabajo tienen un 62,9% de SiO ₂ (sílice) en su composición química, gracias a esto se puede clasificar al material como puzolánico, ya que varios autores afirman que el porcentaje mínimo de sílice en un material para ser considerado como puzolana es 25%.	En posteriores investigaciones se debe estudiar el contenido óptimo de adición	Tesis	2019

	que el porcentaje mínimo de sílice en un material para ser considerado como puzolana es 25%.							
16	Resistencia a la compresión y flexión de un concreto estructural mediante la sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (Cbca) – San Jacinto	Para que sea viable técnicamente y económicamente tiene que cumplir que sea ecológico, económico y que su uso en el concreto sea comparable con los elementos tradiciones como el cemento. No siendo viable su uso ya que empleando la CBCA, se obtuvo resistencias inferiores al concreto patrón.	Resistencia a la compresión Diseño de mezcla del concreto estructural	Experimental	La sustitución parcial del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) que desecha la industria San Jacinto S.A.A, no mejora las propiedades resistentes del concreto tanto a flexión como a compresión, pero que presenta altos contenidos de óxidos necesarios para su uso como material puzolánico	Se recomienda seguir buscando nuevos materiales que contribuya al medio ambiente, para la industria de la construcción. Y a su vez, aminorar la explotación de materia prima para la producción del concreto.	Tesis	2018
17	Efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto	El incluir las CBCA como un componente de mezcla dentro del concreto permite utilizar el material que normalmente es desechado por procesos industriales, esto es una característica ecológica que puede ser utilizado para relleno sanitario y sobretodo disminuir los costos en la construcción. Ya que tiene contiene características químicas similares a la composición química del cemento.	Resistencia a la compresión.	Experimental	En el ensayo de resistencia a la compresión, en los primeros resultados obtenidos a los 7 días de curado, las probetas estándar fueron comparadas con las probetas de prueba, no hubo diferencia alguna. Y según la prueba de Kruskal-Wallis para un tiempo de 7 días no existió diferencias significativas entre los promedios. Las diferencias ocurrieron en las probetas de prueba de 28 días, dado que la ceniza de bagazo de caña de azúcar disminuyó la resistencia a la compresión de las probetas considerablemente.	Realizar ensayos a la compresión en probetas con el mismo porcentaje, (20% y 40%) a 14 y 21 días de curado, para saber en qué momento reduce la resistencia a la compresión.	Tesis	2017

18	Ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial de cemento portland en la elaboración de concreto F'C=210 KG/CM2	La ceniza de bagazo de caña de azúcar es considerada un material con carácter puzolánico y con propiedades similares a las del cemento Portland, lo cual se demuestra en la presente investigación teniendo resultados favorables para los porcentajes de sustitución de 6 y 8%, en cambio, para la sustitución de 10% de CBCA, cabe señalar que los valores de resistencia a la compresión disminuyeron con resultados incluso menores a la sustitución de 6% en las edades de 14 y 28 días, lo cual indica que la resistencia a la compresión se comportó de manera inversamente proporcional con respecto a la sustitución de ceniza de bagazo de caña de azúcar.	Resistencia a la compresión.	Experimental	La ceniza de bagazo de caña de azúcar es considerada un material con carácter puzolánico y con propiedades similares a las del cemento Portland, lo cual se demuestra en la presente investigación teniendo resultados favorables para los porcentajes de sustitución de 6 y 8%, en cambio, para la sustitución de 10% de CBCA, cabe señalar que los valores de resistencia a la compresión disminuyeron con resultados incluso menores a la sustitución de 6% en las edades de 14 y 28 días, lo cual indica que la resistencia a la compresión se comportó de manera inversamente proporcional con respecto a la sustitución de ceniza de bagazo de caña de azúcar	Se recomienda realizar una evaluación de la factibilidad de industrializar y comercializar la ceniza de bagazo de caña de azúcar en empaques de índole similar a las bolsas de cemento presentes en el mercado.	Tesis	2018
19	Evaluación de la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del cemento en Abancay, 2019	De los resultados de la resistencia a la compresión, se obtuvo que a los 28 días el concreto patrón alcanzó una resistencia promedio de 295.16 kg/cm ² , mientras que el concreto con 10% de sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar obtuvo una resistencia promedio de 289.58 kg/cm ² , evidenciándose una disminución del 1.89% respecto al concreto patrón. Sin embargo, con los	Resistencia a la compresión y flexotracción	Experimental	La sustitución del 10% de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar no influye en la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto, mientras que los porcentajes de sustitución del 15% y 20% si influyen en dichas resistencias; por lo tanto, podemos decir que mientras más porcentaje de sustitución de cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar se emplea, la resistencia disminuye proporcionalmente en comparación con una muestra de concreto patrón.	Se recomienda realizar estudios incorporando varillas de acero en vigas de concreto, a fin de determinar si estos refuerzos mejoran la resistencia a la flexotracción del concreto elaborado con ceniza de bagazo de caña de azúcar en sustitución parcial del cemento.	Tesis	2022

		porcentajes del 15% y 20% de sustitución, la resistencia del concreto disminuyó en un 6.14% y 13.85% respectivamente.					
20	Influencia del contenido de ceniza de bagazo de caña de azúcar en las propiedades mecánicas de flexión y compresión de un material compuesto por cemento portland, puzolana y arena	Este proyecto busca evaluar el comportamiento mecánico de forma experimental de un material compuesto entre puzolana de caña de azúcar, arena y portland. Y también busca una comparación de las propiedades de resistencia última a la compresión y resistencia última a la flexión entre el material compuesto con puzolana de caña de azúcar y sólo mezcla de portland y arena.	Resistencia a la compresión y resistencia a la flexión	Experimental	Los resultados obtenidos de la fluorescencia de rayos x realizada a la puzolana de bagazo de caña obtenida en la zona rural del municipio de Cachipay, arrojo valores satisfactorios que determinaron una actividad puzolánica clase c, determinada por la norma ASTM C618, y debido a esto se puede garantizar que; gracias a su alto contenido de sílice de un 51,44%; se puede utilizar como aditivo para el cemento portland.	Los estudios previos realizar análisis intermedios entre los valores de fracción volumétrica de los componentes de la mezcla, en donde se podría especular un aumento en la adición de la puzolana	Tesis 2018
21	A study of compressive strength of concrete by using sugarcane bagasse ash	El diseño de un hormigón sostenible y resistente con el reemplazo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar	-	Experimental	El concreto SCBA funciona mejor cuando se somete a un entorno agresivo en comparación con OPC incluso en etapas posteriores.	La resistencia a la compresión de 90 días del concreto con 10% de reemplazo es cemento con SCBA es más de la del hormigón de mezcla de control. De manera similar, para el 15% de reemplazo, la fuerza es bastante mayor en comparación con el hormigón normal.	Articulo 2021
22	Applications of Gene Expression Programming and Regression Techniques for Estimating Compressive Strength of Bagasse Ash based Concrete	Este estudio adoptó un nuevo enfoque para predecir la resistencia a la compresión del concreto de ceniza de bagazo de caña de azúcar (SCBAC).	-	Experimental	La resistencia a la compresión disminuye constantemente con la adición de SCBA. Esto puede atribuirse al hecho de que el cemento es el material de unión primario. La sustitución de cemento del 30% y 40% reduce el contenido de cal requerido para la reacción puzolánica. Se encuentra que el nivel	Se recomienda usar un 10% de reemplazo de ceniza de bagazo de caña de azúcar, ya que es más óptima su resistencia	Articulo 2020

23	Effects of sugarcane bagasse ash on the properties of concrete	Un nuevo enfoque para predecir la resistencia a la compresión del concreto de ceniza de bagazo de caña de azúcar (SCBAC).	-	Experimental	<p>óptimo de reemplazo de SCBA con cemento es del 10%.</p> <p>Los resultados mostraron que la adición de SCBA (contenido de 5 a 50 %) aumentó el valor de asentamiento del concreto fresco. las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por hendimiento y resistencia a la adherencia) del hormigón hecho de SCBA del 5 al 30 % mostró una mejora razonable en los resultados en comparación con el concreto 100 % de cemento.</p>	Se recomienda usar SCBA refinado debido a que en todos los niveles de reemplazo ha mejorado la trabajabilidad (valor de asentamiento); esto se debió a la textura vidriosa de las partículas SCBA.	Artículo 2016
24	Comparative study on strength and durability of concrete upon partial substitution of fly ash and bagasse ash in conventional concrete	Ceniza voladora el reemplazo resultó en el logro de la resistencia máxima posterior de 74 MPa al 30% reemplazo mientras que la incorporación de cenizas de bagazo resultó en la máxima resistencia temprana consecución de 61,9 MPa al 15% de sustitución.	Resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, aspectos de durabilidad	Experimental	Se concluyó que las cenizas volantes se pueden reemplazar hasta en un 40% y ceniza de bagazo hasta un 15% en el concreto en términos de resistencia y durabilidad.	Se recomienda el uso de estos materiales cementicios alternos como reemplazo del cemento en el concreto no solo mejora las propiedades de resistencia y durabilidad, pero también reduce el impacto adverso en el ambiente.	Artículo 2022
25	Uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como reemplazo puzolánico porcentual en la fabricación de concreto estructural	El objetivo principal del presente trabajo es evaluar el uso de ceniza del bagazo de la caña de azúcar (CBCA) como reemplazo puzolánico porcentual en la fabricación de concreto.	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar. Resistencia a la compresión	Experimental	Tras los resultados obtenidos en los ensayos de propiedades físicas de la muestra de CBCA empleada en esta tesis se concluye que cumple con los requisitos mínimos para ser usada en el concreto donde su clasificación es del Tipo C, por ende, es factible su uso como material puzolánico.	Realizar diseños de mezcla con cementos portland de diferente tipología al usado, además se sugiere usar aditivo que pueda aumentar la resistencia para dosificaciones al 5% de sustitución	Tesis 2020

26	Cenizas de bagazo de caña de azúcar como sustitución del cemento portland en elaboración de concreto hidráulico	Elaborar un concreto hidráulico sustituyendo porcentualmente al cemento portland por las cenizas de bagazo de caña de azúcar.	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.	Experimental	La sustitución del 2% Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar es el porcentaje ideal y logra mejorar las características físicas y mecánicas de una mezcla de concreto $f'c = 210$ kg/cm ² aumentando en un 10.49% dicha resistencia, también se determinó una dosificación de 1:2.19:2.79 y la relación agua/cemento de 0.59.	Se recomienda que para futuras investigaciones se interesen en rehusar otros materiales similares a la ceniza de bagazo de caña de azúcar, que permita sustituir en proporción adecuada el uso del cemento a fin de aminorar los costos de producción de concreto.	Tesis	2021
27	Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón adicionado con cenizas de cáscara de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC).	Diseñar un hormigón por medio de la inclusión de materiales con características puzolánicas, como material alternativo del cemento portland	Características físicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar. Resistencia a la compresión	Experimental	Se adquirió un porcentaje óptimo de sustitución de cenizas de cascarilla de arroz y cenizas de bagazo de caña de azúcar es de 15%, presentan una resistencia superior a la establecida de 240 Kg/cm ²	Trabajar con materiales de una cantera que cumplan con los requisitos para realizar un buen hormigón y obtener todas las propiedades físicas y mecánicas adecuadas para la misma, como lo es grosor, finura y tipo de agregado.	Tesis	2016
28	Resistencia a la compresión y resistividad eléctrica de hormigones elaborados con materiales cementicios suplementarios y agregados reciclados.	La ceniza de bagazo de caña (CBC) debido a sus propiedades puzolánicas mejora la resistencia a la compresión y la resistividad eléctrica, siendo el 10% el porcentaje óptimo de reemplazo.	Resistencia a la compresión	Experimental	Los resultados de la presente investigación mostraron que los mejores materiales de reemplazo para mejorar propiedades mecánicas y la resistividad eléctrica fueron: CBC como material cementicio suplementario, HR y RCP como agregados reciclado grueso y fino respectivamente. Por lo tanto, una mezcla de concreto sustentable a base de 10% CBC, 40% HR y 8% RCP podría ser factible con las propiedades deseadas y aplicable en diversos sectores de la construcción.	La resistividad eléctrica en masa es una técnica efectiva que puede servir de apoyo para predecir la durabilidad de un hormigón a largo plazo. En este estudio se demuestra una correlación directa entre RE y la resistencia a la penetración de los iones cloruro, así como con la permeabilidad, aunque esta relación podría estar influenciada por otros factores.	Artículo	2020

29	Sustainability Studies on Concrete Partial Replacement of Sugarcane Granular Bagasse-ash in Cement	Las propiedades endurecidas como resistencia a la flexión, resistencia a la compresión, no han indicado diferencias importantes en los niveles de resistencia hasta 10% de reposición de ceniza de bagazo. Similar tendencia se observó en los resultados de 7, 14 y 28 días.	-	Experimental	Se observó a los 7, 21 y 28 días la resistencia a la compresión los resultados de las mezclas reemplazadas por SCBA indican que se logró un valor óptimo con un 10 % de reemplazo de SCBA	Se recomienda utilizar plastificantes adecuados para mejorar el asentamiento	Artículo	2021
30	Potential Mixture of POFA and SCBA as Cement Replacement in Concrete	Este documento discutirá la visión general del estudio previo sobre la sustitución del cemento por POFA y SCBA y la potencial de ambos materiales para ser mezclados para mejorar sus propiedades. El elemento químico que será el punto de enfoque es SiO ₄ , MgO, CaO y SO ₃ , mientras que las propiedades físicas y mecánicas como la trabajabilidad, la gravedad específica, la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción también serán revisados.	-	Descriptivo	Han demostrado mejorar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón. Sin embargo, cada material tiene sus deficiencias cuando se mezcla con concreto en cuanto a sus propiedades especialmente químicas propiedades.	Se recomienda usar un poco más de agua en los diseños de mezcla para el hormigón	Artículo	2017
31	Examination of Microstructure of Sugar Cane Bagasse Ash and Sugar Cane Bagasse Ash Blended Cement Mortar	Se observó que la resistencia a la compresión aumentaba hasta un 10% SCBA y más allá de esto porcentaje también tuvo mejores resultados que la correspondiente muestra con consistencia constante.	-	Experimental	La resistencia a la compresión se encontró como máxima al 5% reemplazo con mortero de mezcla SCBA en mezclas de la misma consistencia mientras que al 10 % del nivel de reemplazo con SCBA mezcle el mortero en las mezclas de consistencia variable.	Se recomienda el uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar en un reemplazo de 5% ya que es el más óptimo para mejor la resistencia a la compresión	Artículo	2021

Fuente: Elaboración propia