



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la  
compresión del concreto”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**PASTOR SIMÓN, Hary Hernando**

**ASESOR:**

**FARFÁN CÓRDOVA, Marlon Gastón**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2017**

## **PÁGINA DE JURADO**

---

Ing. HILBE ROJAS SALAZAR

---

Ing. ROBERTO SALAZAR ALCALDE

---

Ing. MARLON G. FARFÁN CÓRDOVA

## DEDICATORIA

A mi madre, Luz Jannet.

## AGRADECIMIENTO

A mi asesor, Marlon Farfán, por su gran ayuda,  
paciencia y apoyo a lo largo de todo su desarrollo.

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Hary Hernando Pastor Simón, estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 72465108; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de mi autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumo la completa responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Diciembre del 2017

.....  
Hary Hernando Pastor Simón

DNI N° 72465108

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos, de la Universidad César Vallejo de Trujillo, presento ante ustedes la tesis titulada: “Efecto de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto”, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Agradezco por los aportes y sugerencias brindadas a lo largo del desarrollo de la presente investigación y de esta manera realizar un estudio más eficiente. El trabajo mencionado evalúa el efecto de la ceniza de la caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto, se busca constatar que el reemplazo parcial de la ceniza por cemento dentro de la mezcla de concreto, no afecta sus características físicas, una investigación así, es indispensable para el desarrollo de la tecnología en la construcción; sobre todo para las poblaciones de bajos recursos.

Trujillo, Diciembre del 2017

---

Hary Hernando Pastor Simón

## RESUMEN

En la presente tesis se evaluó el efecto de la ceniza de caña de azúcar en la resistencia del concreto. Por ende, se realizó una investigación en la cual se reemplaza parcialmente el uso del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), dentro del concreto. Lo que se busca con dicho proceso es que no se afecten las propiedades mecánicas del concreto, sobretodo en la resistencia a la compresión; siendo el objetivo principal de este trabajo. Los resultados obtenidos gracias al ensayo de resistencia a la compresión en las probetas experimentales en relación a los días de curado, la resistencia a la compresión de las probetas a los 7 días de curado, se logró un promedio de 144.25 kg/cm<sup>2</sup> para las muestras estándar, 140 kg/cm<sup>2</sup> para las muestras con 20% de ceniza y para las muestras con 40% de ceniza 117.75 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las probetas a los 28 días de curado, obtuvieron una baja resistencia a la compresión. Para las probetas estándar obtuvieron un promedio de resistencia de 212.75 kg/cm<sup>2</sup>; el cual era lo que se quería obtener, pero para las probetas con 20% de ceniza obtuvieron una resistencia a la compresión promedio de 162 kg/cm<sup>2</sup> y para las probetas con 40% de ceniza un promedio de 162.5 kg/cm<sup>2</sup>. Llegando a la conclusión que el uso parcial de la ceniza de bagazo de caña de azúcar, en este caso con los porcentajes de 20% y 40%, reduce notablemente las propiedades mecánicas al concreto, en este caso a la resistencia a la compresión.

Palabras clave: Ceniza, bagazo, puzolana, cementos.

## ABSTRACT

The present thesis will be sized up the effect of sugarcane ash in the concrete resistance. It was done in this research, partially replace with the use of bagasse ash cement from sugarcane, inside of the concrete mix. Which don't affect the physical properties of concrete, specially in the resistance to compression; which is the main objective of this research work. The high expectation in this research, it's cause to the obtained background in several repositories on an international level, and its optimal results. The conclusion about the experimental specimens, showed variable results with respect to the days of curing. The compressive strength of the concrete with 20% and 40% maintained its resistance at 7 days of curing with an average of 144.25 kg/cm<sup>2</sup> for the standard samples, 140 kg/cm<sup>2</sup> for the samples with 20% ash and for the samples Samples with 40% of ash 117.75 kg/cm<sup>2</sup>, while the specimens at 28 days of curing, obtained a low resistance to compression. For the standard specimens they obtained an average strength of 212.75 kg/cm<sup>2</sup>; which was what we wanted to obtain, but for the specimens with 20% ash they obtained an average compressive strength of 162 kg/cm<sup>2</sup> and for the specimens with 40% of ash an average of 162.5 kg/cm<sup>2</sup> Making the use of sugarcane bagasse ash, not recommended the partial use of cement, with high levels of  $f_c$  thanks to its low resistance to compressive.

Keywords: Cane, bagasse, pozzolan, cement.



## ÍNDICE

Página del Jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Presentación.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	
1.1 Realidad problemática.....	11
1.2 Trabajos previos.....	11
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	18
1.3.1 Concreto.....	18
1.3.2 Resistencia a la compresión.....	23
1.3.3 Ceniza del bagazo de caña de azúcar.....	25
1.4 Formulación del problema.....	27
1.5 Justificación del estudio.....	27
1.6 Hipótesis:.....	27
1.7 Objetivos.....	28
II. MÉTODO	
2.1 Diseño de investigación.....	29
2.2 Variables, Operacionalización.....	29
2.3 Población y Muestra.....	30
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
2.5 Método de análisis de datos.....	33
2.6 Aspectos éticos.....	33
III. RESULTADOS	
3.1 Espectrometría de energía dispersiva.....	33
3.2 Análisis granulométrico.....	34
3.3 Ensayo de asentamiento o slump.....	38
3.4 Resistencia a la compresión.....	38
3.5 Porcentaje de absorción total.....	432

IV. DISCUSIÓN.....	- 44 -
V. CONCLUSIÓN.....	- 46 -
VI. RECOMENDACIONES.....	- 47 -
VII. REFERENCIAS:.....	-48-
VIII. ANEXOS.....	- 51 -



# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Realidad problemática**

La utilización de las cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en diversos campos, como la agricultura, y ahora, en la construcción será de gran aprovechamiento dentro del concreto; según la Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología, la CBCA es similar al cemento portland por su composición química demostrando ser una opción accesible para la industria de la construcción, siendo un material interesante para la fabricación de concreto. Una investigación llevada a cabo por Montes (2014) demuestra que es útil para la estabilización de bloques de suelo compactados, y la adición de la CBCA aumenta las propiedades de resistencia y durabilidad de los bloques. Por ser de muy fácil obtención y económico, se tendría que, en un tiempo no muy lejano, modificar y concientizar el consumo del cemento con sus agregados. Es dentro de esta idea, donde investigamos el uso de la CBCA, como porcentaje parcial del cemento dentro del concreto.

Finalmente, la presente investigación realiza un estudio de las características químicas de la CBCA llamado espectrometría de energía dispersa, que sirvió para comparar con las características químicas que contiene el cemento.

## **1.2 Trabajos previos**

### **1.1.1 Nivel internacional**

Coyasamin (2016) en su investigación denominada “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)”, tuvo como objetivo diseñar un hormigón por medio de la inclusión de materiales con características puzolánicas, como material alternativo del cemento portland. Para lo cual utilizaron los tipos de investigación exploratorio, descriptivo, explicativo y experimental. Los resultados mostraron que el hormigón con 15% de CCA y CBC llegó a una resistencia de 260 kg/cm<sup>2</sup> y 310

kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 y 28 días de curado respectivamente, mientras que el hormigón estándar llegó a 245 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyó que las cenizas de arroz y bagazo de caña de azúcar sí incrementan la resistencia a la compresión en un hormigón tradicional.

Henao et al. (2015), en su trabajo de investigación “Evaluación de la ceniza proveniente del bagazo de caña de azúcar como material cementante alternativo para la elaboración de morteros”, tuvieron como objetivo evaluar la utilización de la ceniza del bagazo de caña de azúcar como reemplazo parcial del cemento portland en la elaboración de morteros con consistencia plástica a 21 MPa de resistencia a la compresión. Para lo cual siguieron una metodología experimental en el cual se comparó el comportamiento mecánico (compresión y flexión). Los resultados mostraron que estas cenizas tienen gran capacidad cementante el cual realizaron estudios haciendo sustituciones del 10% y 20% en peso del contenido material cementante, a conocer que hubieron incrementos en los tiempos de fraguado a los 56 días el cual los morteros de referencia obtuvieron 20 Mpa, los morteros de 10% obtuvieron una resistencia de 20.5 Mpa y los morteros de 20% obtuvieron una resistencia de 21 Mpa, las resistencias a compresión a los 56 días no solo no presentaron diferencias significativas, sino que los morteros con remplazo del 10% y 20% superaron la resistencia a compresión de la muestra de referencia. Concluyeron que la utilización de la ceniza del bagazo de caña de azúcar como reemplazo parcial del cemento portland para la elaboración de morteros con consistencia plástica mejora la resistencia a compresión.

Ma-Tay (2014) en su investigación “Valorización de cenizas de bagazo procedentes de honduras: posibilidades de uso en matrices de cemento pórtland”, tuvo como objetivo estudiar la posible valorización de diferentes muestras de ceniza de bagazo de caña de azúcar procedente de Honduras. Para ello, realizó una caracterización físico-química, para evaluar la reactividad puzolánica para la adición en morteros y hormigones. Para lo cual siguió una metodología experimental en el cual se comparó el comportamiento mecánico. Recolectó ceniza de dos lugares (San Pedro de Sula y Choluteca) para poder realizar ensayos de acides y conductividad de cal/ceniza, los cuales mostraron los siguientes resultados, un 89.94% para la ceniza

extraída de San Pedro de Sula y para la ceniza de Choluteca 89.76%, superior a lo que te dice la norma de químicos de contenido sílice, alumina y óxido férrico mayor o igual al 70%. También se realizó el ensayo de resistencia a la compresión de las pastas cemento/ceniza, el control de 7, 28, 60 y 90 días de curado fue de un 39.68 kg/cm<sup>2</sup>, 49.28 kg/cm<sup>2</sup>, 51.04 kg/cm<sup>2</sup> y 51.35 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Mientras que las pastas de los lugares de Choluteca obtuvieron 39.99 kg/cm<sup>2</sup>, 52.42 kg/cm<sup>2</sup>, 54.82 kg/cm<sup>2</sup> y 57.17; y de SPS 40.68 kg/cm<sup>2</sup>, 54.10 kg/cm<sup>2</sup>, 57.68 kg/cm<sup>2</sup> y 57.70 kg/cm<sup>2</sup>. Se sustituyó un 25% de cemento por ceniza, las probetas de SPS fueron un 15% más resistente que las probetas de control y las de Choluteca presentaron un 9% más resistencia que las de control. Se llegó a la conclusión que las cenizas tienen más contenido de sílice, alumina y óxido férrico; y en el ensayo de resistencia a la compresión mejoró las propiedades mecánicas de las pastas cemento/ceniza.

Gaitán y Torrez (2013) en su investigación titulada “Influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar proveniente del ingenio Monte Rosa sobre las propiedades físico-mecánicas y de durabilidad de morteros de cementos tipo GU”, tuvieron como objetivo principal evaluar el efecto que tiene la sustitución parcial de cemento Portland y de arena tradicional por ceniza de bagazo de caña de azúcar tamizada y sin tamizar respectivamente, sobre las propiedades físicas mecánicas y de durabilidad de morteros. Siguió un diseño experimental por medio del método Taguchi el cual determina las mejores combinaciones de variables para fabricar un producto, las cuales han sido las bases para las dosificaciones que se usaron en este estudio, las cuales fueron de 15% y 45% de adición de ceniza en los morteros. Los resultados en las probetas con un 15% y 45% de ceniza de bagazo de caña de azúcar, sufrió un incremento de resistencia a edades tempranas de 1 a 7 días de curado, alcanzando un promedio de resistencia mecánica de 22 Mpa, en comparación al promedio de resistencia mecánica en las probetas sin adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar de 17 Mpa. Luego se sufrió una disminución de resistencia a la edad de 28 días con un promedio 24.5 Mpa en las probetas con adición de ceniza de bagazo; contra una resistencia mecánica de 29.6 Mpa en las probetas estándar; y un incremento a los 56 días de curado, con un 29.5 Mpa.

Llegaron a la conclusión que la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar aumenta la resistencia mecánica a los 7 y 56 días de curado.

Robayo (2013) en su investigación titulada “Comportamiento mecánico de un concreto adicionado con ceniza de cascarilla de arroz (cca) y reforzado con fibras de acero”, tuvo como objetivo principal mejorar el desempeño mecánico y la durabilidad del concreto de cemento portland mediante la incorporación de fibras de refuerzo, para lo cual utilizaron los tipos de investigación descriptivo y experimental. Realizó el estudio del comportamiento mecánico de los concreto fibrorreforzados con la finalidad de mejorar el desempeño y disminuir el consumo de cemento, los resultados utilizando la norma ASTM C 39 en las probetas de control obtuvieron una carga máxima a los 28 días de curado unos 604.48 Kg como promedio y a los 60 días 670.46 kg ; a las probetas que se les añadió CCA un 20% aumentó su carga máxima a 641.60 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días y a los 60 días un 766.64 Kg/cm<sup>2</sup> como promedio; se concluyó que la adición de ceniza de cascarilla de arroz reforzada con fibras de acero, aumenta la resistencia en el concreto.

Giraldo y Vidal (2012) en su investigación titulada “Ceniza de bagazo de caña como aditivo al cemento portland para la fabricación de elementos de construcción”, tuvieron como objetivo principal usar el bagazo de caña como sustituto parcial del cemento Portland para la elaboración de elementos de construcción. Para lo cual utilizaron los tipos de investigación exploratorio, descriptivo y experimental. Se utilizó para determinar la composición química de la ceniza el ensayo fluorescencia de Rayos X (FRX). Los resultados demostraron que la CBC contiene porcentajes altos de sílice y alúmina, que corresponden a 76.3%. Concluyeron que el residuo puede ser adicionado al cemento, encontrando un 97% de actividad puzolánica. Cumpliendo así con la norma ASTM C618, el cual es empleado para cenizas tipo F, es decir que cumple con los requerimientos químicos con un contenido de sílice, aluminia y óxido férrico; a pesar de tener un alto contenido de carbón.

Guzmán, Gutiérrez, Amigó y Delvasto (2011) en su investigación titulada “Valoración puzolánica de la hoja de la caña de azúcar”, tuvieron como objetivo

analizar si la ceniza de hoja de caña es apta para ser utilizada como adición puzolánica; mediante las técnicas de difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X y microscopía electrónica de barrido, que a través de esas múltiples evaluaciones que le hicieron a la hoja de caña de azúcar calcinada bajo condiciones controladas obtuvieron ceniza reactiva, con un 81,0 % de sílice, en comparación a la norma que químicos de contenido sílice, alumina y óxido férrico mayor o igual un 70%. Los resultados de las resistencias a la compresión más notables fueron las siguientes; mediante los ensayos de Frattini y Feret donde el máximo porcentaje de incremento a la resistencia fue con una adición del 10% y 20% de ceniza de hoja de caña de azúcar obtuvieron un promedio de resistencia a la compresión superior a los 50kg/cm<sup>2</sup> y 46.9 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; mientras que los resultados con el 40% de adición, se obtuvo una resistencia a la compresión de 32.6kg/cm<sup>2</sup> con un curado de 60 días. Las probetas estándar obtuvieron un 39.5kg/cm<sup>2</sup> con un tiempo de curado igual. Se concluyó que los porcentajes adecuados para la adición de la hoja de la caña de azúcar, son de 10% y 20%.

Cabrera y Díaz (2010) en su investigación titulada, “Evaluación del efecto de la adición de cenizas volantes producto de la incineración del bagazo de caña de azúcar en mezclas de concreto de bajas a medias resistencias como sustitución parcial del cemento”, tuvieron como objetivo evaluar el efecto de la adición de cenizas volantes producto de la incineración del bagazo de caña de azúcar en mezclas de concreto de bajas a medias resistencias como sustitución parcial del cemento. Utilizaron un método experimental, el cual realizaron con un 40, 45 y 50% de ceniza volantes de bagazo de caña de azúcar para el reemplazo parcial del cemento. Los resultados más notables se obtuvieron con el curado de las probetas a los 28 días, las cuales presentaron resistencia promedio de 175 kg/cm<sup>2</sup> en el diseño de mezcla con 40% de adición de cenizas, a diferencia de las pruebas estándar que alcanzaron un promedio 308 kg/cm<sup>2</sup>. Obtuvieron una disminución considerable del mismo; lo cual representa una ventaja para la industria de la construcción y el ambiente. Se concluyó que se podría utilizar como alternativa medioambiental, este material puede ser utilizado para elementos ornamentales y no estructurales.



Amigo y Palomino (2009) en su investigación titulada “Evaluación del comportamiento de cenizas volantes obtenidas del bagazo de caña de azúcar como sustitución parcial del cemento en el diseño de mezclas de concreto de resistencias altas”, fijando como objetivo evaluar el comportamiento de cenizas volantes obtenidas del bagazo de caña de azúcar como sustitución parcial del cemento en el diseño de mezclas de concreto de resistencias altas. La metodología de la investigación fue organizada a través del siguiente procedimiento: Elaboración de probetas; Caracterización del concreto en estado fresco; Curado; Caracterización del concreto en estado endurecido. Los resultados para el ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días de curado en la mezcla patrón fue de un promedio de 210 kg/cm<sup>2</sup> y el promedio a los 28 días de curado fue de 283 kg/cm<sup>2</sup>, y la resistencia a compresión promedio con una sustitución del 25% de ceniza a los 7 días de curado fue de 194 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días de curado fue de 255 kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados obtenidos fueron desfavorables, dando resultados no tan esperanzadores, al reducirle la resistencia del concreto. Pero como conclusión y gracias al bajo módulo de elasticidad, concluyeron que podría utilizarse como protección de márgenes de canales y pavimentos.

Fabrizio y Montero (2001) en su investigación titulada “Obtención de concreto de alta resistencia mediante adición en el diseño de un superplastificante y ceniza de cascarilla de arroz”, tuvieron como objetivo la resistencia y durabilidad del concreto mediante el reemplazo de ceniza de cascarilla de arroz en diversos porcentajes. La metodología que emplearon fue experimental, el cual utilizaron el ensayo de resistencia a la compresión. Los resultados que obtuvieron mediante la adición de un 5% de Ceniza de Cascarilla de arroz, incrementó hasta un 30% de su resistencia a los 90 días de curado. Se realizó 4 diseños, los dos primeros sin añadir ceniza de cascarilla de arroz y las otras añadiendo un 5%. A los 90 días de curado, la resistencia a la compresión de los diseños sin ceniza se obtuvo un 34 y 61.4 Mpa; en diferencia con los dos diseños restantes que obtuvieron un 54.8 y 80 Mpa como resistencia a la compresión. Concluyendo con que la adición de 5% de ceniza de cascarilla de arroz se obtiene un concreto de alta resistencia con adición en el diseño de un superplastificante y ceniza de cascarilla de arroz.

### 1.1.2 Nivel nacional

Muñoz (2017) en su “Estudio comparativo de concreto elaborado con puzolana natural y concreto con cementos puzolánicos atlas en la ciudad de Huancayo”, tuvo como objetivo Determinar la influencia de la adición de puzolana natural en la elaboración del concreto, comparado al concreto con cemento Puzolánico atlas. Tuvo un enfoque cuantitativo en la investigación, es decir un enfoque secuencial y probatorio. Un tipo de investigación aplicada, un alcance explicativo ya que tuvo como finalidad dar a entender el uso de la puzolana natural para elaborar concreto y un diseño de investigación experimental. Los cuales utilizó las siguientes adiciones puzolánicas 10%, 20% y 30% como sustituto parcial del contenido de cemento, los resultados de las pruebas en la adición de puzolana natural en un 20% aporta en la evolución del comportamiento del concreto en Estado Endurecido así logrando un patrón para las relaciones  $a/c=0.40, 0.50, 0.60$ : incrementar la resistencia a la compresión axial a los 28 días en 408.09kg/cm<sup>2</sup> de 420.52 kg/cm<sup>2</sup> , 344.75 kg/cm<sup>2</sup> de 320.30 kg/cm<sup>2</sup> y 275.45 kg/cm<sup>2</sup> de 245.68 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente; además a los 90 días se logró incrementar la resistencia hasta 540.98 kg/cm<sup>2</sup> de 528.15 kg/cm<sup>2</sup>, 455.31 kg/cm<sup>2</sup> de 418.64 kg/cm<sup>2</sup>, 329.82 kg/cm<sup>2</sup> de 341.06 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Finalmente concluyó que la adición más notable es de 20% de puzolana natural, que aumentó la resistencia a la compresión.

Chávez (2017), en su investigación “Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración del concreto hidráulico”, tuvo como objetivo principal determinar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la propiedad resistente a la compresión del concreto. La metodología de la investigación fue aplicada en su primera parte con un nivel descriptivo, luego explicativo y finalmente comparativo. Por la naturaleza de las variables fue una investigación de diseño experimental. Los resultados de los ensayos de compresión para la muestra patrón con edad de curado de 7, 14 y 28 días, las resistencias promedio fueron las siguientes respectivamente 212.74 kg/cm<sup>2</sup>, 244.03 kg/cm<sup>2</sup> y 301.88 kg/cm<sup>2</sup>. Para las mezclas con dosificación de 1% de adición de CBCA con una edad de curado de 7, 14 y 28 días, los resultados de las resistencias promedio fueron las siguientes respectivamente,

223.97 kg/cm<sup>2</sup>, 263.62 kg/cm<sup>2</sup> y 315.60 kg/cm<sup>2</sup>. Para las mezclas con dosificación de 3% de adición de CBCA con una edad de curado de 7, 14 y 28 días, los resultados de las resistencias promedio fueron las siguientes respectivamente, 251.99 kg/cm<sup>2</sup>, 302.27 kg/cm<sup>2</sup> y 367.96 kg/cm<sup>2</sup> y para las mezclas con dosificación de 5% de adición de CBCA con una edad de curado de 7, 14 y 28 días, los resultados de las resistencias promedio fueron las siguientes respectivamente 239.72 kg/cm<sup>2</sup>, 289.26 kg/cm<sup>2</sup> y 337.91 kg/cm<sup>2</sup>. Se concluyó que al agregar CBCA a una mezcla, influye de manera directa sobre la resistencia a la compresión permitiendo que esta aumente.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Concreto**

El Concreto Convencional o Normal es un material premezclado de resistencia controlada, esta mezcla está compuesta por cemento, grava, arena, agua y aditivos. Se diseña como un material de resistencia a la compresión a 28 días y de peso volumétrico normal. Por sus propiedades, este Concreto es ideal para cualquier tipo de elemento y construcción en general en donde la mezcla de concreto no requiera alguna propiedad especial y/o el elemento a colar no es sujeto bajo condiciones de trabajo a ambientes químicos agresivos. (GRUPO GCC, 2007)

##### **1.3.1.1 Cemento**

El cemento debe cumplir con la Norma Técnica Peruana 334.090 que es espejo de la ASTM C 150; las cuales engloban al Clinker más yeso, se usó el cemento portland Tipo I (que es de uso general) para esta investigación. Cuya composición química es de silicio un 20.20%, aluminio 4.52, Hierro 4.45 y calcio 61.54; estos son los principales componentes del cemento:

Componentes del cemento

1. El silicato tricálcico, C3S, se hidrata y endurece rápidamente y es responsable en gran medida del fraguado inicial y de la resistencia temprana. En general la resistencia temprana del concreto de cemento portland es mayor con porcentajes superiores de C3S.
2. El silicato dicálcico, C2S, se hidrata y endurece lentamente y contribuye en gran parte al incremento de resistencia a edades mayores de una semana.

3. El aluminato tricálcico, C3A, libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento. También contribuye levemente al desarrollo de la resistencia temprana. El yeso, que se agrega al cemento durante la molienda final, retrasa la velocidad de hidratación del C3A. Sin el yeso, un cemento que contuviera C3A fraguaría rápidamente. Los cementos con bajos porcentajes de C3A son particularmente resistentes a los suelos y aguas que contienen sulfatos.
4. El alúminoferrito tetracálcico, C4AF, reduce la temperatura de formación del clinker, ayudando por tanto a la manufactura del cemento. Se hidrata con cierta rapidez, pero contribuye mínimamente a la resistencia. La mayoría de efectos de color se debe al C4AF y a sus hidratos. (Martínez, 2009)

### **1.3.1.2 Agregados**

#### **1.3.2 Agregados Fino y Grueso.**

##### **1.3.2.1 Agregado Fino**

La NTP 400.011 sostiene que son partículas provenientes de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 3/8”.

Requisitos granulométricos: El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la Tabla 2.06. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

1. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie de Tyler.
2. El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
3. El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de  $\pm 0.2$  del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.35 y 3.15.
4. En la apreciación del módulo de fineza, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena

trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

Tabla 1.1. Requisitos granulométricos del agregado fino.

Malla	% Que Pasa
3/8"	100
Nº4	95 - 100
Nº8	80 - 100
Nº16	50 - 85
Nº30	25 - 60
Nº50	10 - 30
Nº100	02 - 10

Fuente: NTP 400.037.

### 1.3.2.2 Agregado Grueso

La NTP 400.011 señala que los agregados gruesos son partículas retenidas en el tamiz Nº4 (4.75 mm), provenientes de la desintegración natural o mecánica de las rocas.

Requisitos granulométricos: El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037, los cuales están indicados en la Tabla 1.2. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

1. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".
2. El tamaño nominal máximo del agregado grueso no deberá ser mayor de:  
Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; Un tercio del peralte de las losas; Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzos; paquetes de barras; torones; o ductos de presfuerzo.

Tabla 1.2. Requisitos granulométricos del agregado grueso.

Tamaño nominal	Cantidades mas finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas), % en peso												
	4" 100 mm	3½" 90 mm	3" 75 mm	2½" 63 mm	2" 50 mm	1½" 37.5 mm	1" 25.0 mm	¾" 19.0 mm	½" 12.5 mm	⅜" 9.5 mm	No. 4 4.75 mm	No. 8 2.36 mm	No. 16 1.18 mm
3½" a 1½"	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5					
2½" a 1½"	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5					
2" a No. 4	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5		
1½" a No. 4	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5		
1" a ¾"	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5		
1" a No. 4	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	
¾" a No. 4	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	
2" a 1"	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5				
1½" a ¾"	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5			
1" a ¾"	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5			
¾" a ¾"	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5		
1½" a No. 4	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	
¾" a No. 8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5

mentos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura; se podrá con autorización de la Inspección reducir el tamaño nominal máximo del agregado grueso, siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad y se cumpla con el asentamiento requerido, y se obtenga las propiedades especificadas para el concreto. Si los agregados mencionados no cumplen con la NTP E.060, podrán ser utilizados siempre que se logre demostrar, a través de ensayos y por experiencias de obra, que se puede lograr concretos con la misma resistencia y características físicas requeridas. (NTP 400.037)

Los agregados tanto fino y grueso tendrán que ser manejados como materiales independientes. Cada una de ellos deberá ser procesado, transportado, manipulado, almacenado y pesado de manera tal que la pérdida de finos sea mínima, que mantengan su uniformidad, que no ocurra contaminación en los materiales por sustancias extrañas, y que no se presente rotura o segregación importante en ellos.

El agregado fino podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas deben ser limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes. Deberá estar libre de sustancias que alteren sus características.

El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa; deberá estar libre de sustancias que alteren las propiedades del agregado grueso.

El lavado de los agregados se deberá hacer con agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión. (NTP 400.037)

### **1.3.2.3 Agua**

El agua empleada en la mezcla y después, para el curado del concreto debe ser potable.

Se podrán utilizar aguas no aptas para el consumo humano, si están libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser perjudiciales al concreto y al acero de refuerzo.

La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente a utilizar.

La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la NTP 334.051.

Las sales u otras sustancias nocivas presentes en los agregados y/o aditivos deberán sumarse a las que pueda aportar el agua de mezclado para evaluar el contenido total de sustancias inconvenientes.

Requisitos que debe cumplir el agua para concreto o morteros:

- Deberá ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que pueden ser nocivas al concreto o al acero.
- Si hubiese dudas sobre la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario hacer un análisis químico.
- Se deben desechar aguas provenientes de relaves mineros o que contengan residuos minerales o de instalaciones industriales.
- Deberá cumplir con los requisitos de la Norma Técnica Peruana NTP339.088 y ITINTEC 334.088 y debe ser, de preferencia, potable.

- Está prohibido el empleo de aguas ácidas (ácidos clorhídrico, sulfúrico y otros ácidos inorgánicos comunes); calcáreas (con cal); minerales; carbonatadas (dióxido de carbono); aguas con un contenido de sulfatos mayor del 1%; aguas que contengan algas; humus, o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o sus derivados.
- Está prohibido el empleo de aquellas aguas que contemplan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reacción álcali-agregado es posible (NTP 334.051.)

#### **1.3.2.4 Resistencia a la compresión**

Las siguientes normas ASTM C 31, ASTM C 39 y CIP 35; explican que es la resistencia a la compresión del concreto.

Es la manera más común que utilizan los ingenieros para saber la resistencia del concreto en las estructuras. La resistencia a la compresión se mide rompiendo probetas cilíndricas de concreto mediante una máquina de ensayos de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura, los resultados son mostrados en fuerza por pulgada cuadrada (psi).

La resistencia a la compresión en sí, se emplea fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto a ensayar cumpla con los requerimientos deseados, y obtener la resistencia especificada en los diseños de mezcla, (esfuerzo máximo de compresión  $f'_c$ ).

Los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a partir de cilindros fundidos se utilizan para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras para programar las operaciones de construcción. Los cilindros sujetos a ensayo de control de calidad se realizan y curan siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma ASTM C 31 Práctica Estándar para Elaborar y Curar Probetas de Ensayo de Concreto en Campo. Las probetas cilíndricas están sujetas a ensayos de acuerdo a ASTM C39, Método Estándar de prueba de Resistencia a la Compresión de Probetas Cilíndricas de Concreto.



### **A. ASTM C 31**

Esta práctica nombra los requisitos ya estandarizados para preparar, curar, proteger, y transportar especímenes de ensayo de concreto bajo condiciones de obra. Si los especímenes están preparados y curados en la forma común, como se estipula aquí, los resultados de cada ensayo de resistencia estarían preparados para ser utilizados con los siguientes propósitos:

- Ensayos de aceptación para una resistencia especificada.
- Control de idoneidad de dosificación de mezcla para resistencia, y control de calidad.
- Determinar que una estructura es aceptada para estar puesta en servicio.

El concreto utilizado para realizar especímenes moldeados debe ser muestreado después de que hayan sido hechos todos los ajustes in situ de la dosificación de la mezcla, incluyendo la incorporación de agua de mezclado y aditivos. Esta práctica no es satisfactoria para preparar especímenes a partir de concreto que no tenga un asentamiento mensurable o que requiera otros tamaños o formas de especímenes.

### **B. ASTM C 39**

Se debe tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de resistencia a la compresión por este método de ensayo, dado que la resistencia es una propiedad fundamental del concreto. Las cargas obtenidas dependerán del tamaño y la forma del testigo, la dosificación, los procedimientos de mezclado, los métodos de muestreo, moldeo, y fabricación y la edad, temperatura, y las condiciones de humedad durante el curado.

Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos preparados y curados de acuerdo con las Prácticas C31/C31M, C192/C192M, C617/C617M, C1176/C1176M, C1231/C1231M, y C1435/C1435M, y los Métodos de Ensayo C42/C42M, C873/C873M, y C1604/C1604M.

El rendimiento del concreto obtenido de este ensayo son usados como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado, y colocación del concreto; determinación del cumplimiento de las especificaciones; control para la evaluación de la efectividad de aditivos; y usos similares.

### **1.3.2.5 Absorción capilar**

El método de ensayo de la ASTM C1585-04 te permite conocer los valores establecidos de absorción, que es el Parámetro S en la ecuación de la absorción de Philip; el cual es para las relaciones agua/cemento de 0,4 - 0,45 siempre que se cumplan las correctas prácticas constructivas. La masa de hormigón convencional puede obtener valores de porosidad efectiva (hasta un 10%).

El modo correcto de aplicar este ensayo es, una vez pesado las probetas desencofradas se pasará a colocar las probetas en los cilindros para sus respectivos tiempos de curados (7 y 28 días). Pasado el tiempo de curado, se extraen y se les pasará un trapo húmedo, sobre la probeta para retirar el exceso de agua. Terminado ese paso, se pesan. A este peso se le conoce como probeta saturada de agua ( $P_{sat}$ ). La capacidad de absorción de agua se calcula mediante la expresión:

$$C = \frac{P_{sat.} - P_{seco}}{P_{seco}} \times 100 .$$

### **NORMA TÉCNICA PERUANA E.060**

Las muestras y los ensayos realizados a los materiales y del concreto deben realizarse tal cual indica la Norma Técnica Peruana E.060

### **Ceniza del bagazo de caña de azúcar**

#### **Norma ASTM C618**

Esta norma es para las cenizas tipo F, es decir que cumplen con los requerimientos químicos de contenido sílice, alumina y óxido férrico. Igual o superior del 70%, y también presentan propiedades puzolánicas. El óxido de calcio menor al 10% y óxido de azufre menor al 5%.

## Características físicas y químicas de la CBC

Los estudios realizados gracias a Hernández y Betancourt (2000) en su investigación “Propiedades puzolánicas de desechos de la industria azucarera”, nos demuestran que las cenizas producidas por la quema del bagazo en las parrillas de las calderas de las azucareras pueden ser clasificadas como un ecomaterial. Sin embargo, las temperaturas elevadas, y a veces la quema a media, que ocurre en las calderas influyen de manera negativa en la reactividad, que, en algunos casos, puede ser mínima. El principal problema de la baja reactividad es la presencia de sedimentos como el carbón y material sin calcinar. Es recomendable utilizar las llamadas "cenizas de asiento", que tienen mejores propiedades químicas, en equiparación con las "de parrilla" y, por eso, mayor reactividad. Las cenizas producidas al calcinar la paja de la caña de azúcar, tanto en espacios abiertos, como en calderas especiales, ya que se puede llamar como una puzolana o ecomaterial, de alta reactividad, ideal para el uso en la elaboración de aglomerante cal-puzolana. Cuando la caña de azúcar se calcina en incineradores especiales, del tipo propuesto en este trabajo, se produce una ceniza de excelentes características químicas, con una proporción de material amorfo de un 35%, superior a la de las cenizas a medio calcinar (10-15%). Se reveló que las temperaturas en los hornos no sobrepasan los 1472°F, a pesar de las limitaciones del prototipo experimental evaluado. Esto evita la formación de material cristalino durante la quema y así no alterando las características químicas que posee la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Los principales elementos químicos del cemento son la sílice, alúmina y el óxido férrico, esto nos revela que las cenizas abarcan un elevado contenido de

- Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) = 72.74

- Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) = 5.26

- Oxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) = 3.92

En conclusión, las características químicas de las cenizas de bagazo de caña de azúcar investigadas por Hernández y Betancourt, satisfacen las exigencias del ASTM para cenizas tipo F.

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto del porcentaje de ceniza del bagazo de caña de azúcar sobre la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?

#### **1.5. Justificación del estudio**

Técnica: Debido a las características químicas que posee la ceniza del bagazo de caña de azúcar se puede reemplazar parcialmente en conjunto con las mezclas de concreto, se puede garantizar una mezcla de concreto de elevada calidad

Socioeconómica: Reducción de costos en material cementante, para la población con recursos económicos bajos, ya que no utilizarían mayor cantidad de cemento.

Ambiental: Es importante destacar la aplicación de estos tipos de concretos ecológicos en obras de nuestro medio, por la disminución que se obtendría para producir cemento.

#### **1.6. Hipótesis:**

La ceniza del bagazo de caña de azúcar incrementa la resistencia a la compresión del concreto, siendo factible elaborar concretos con características físicas y mecánicas adecuadas.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo General:**

Determinar el efecto del porcentaje de ceniza del bagazo de caña de bagazo en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

### **1.7.2 Objetivos específicos:**

- Determinar la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de las probetas y según composición de ceniza.
- Medir el asentamiento del concreto según composición de ceniza de caña de azúcar.
- Medir la composición química de la ceniza del bagazo de caña de azúcar con el ensayo de Espectrometría de energía dispersiva.
- Medir la absorción capilar.

## II. MÉTODO

### 2.1 Diseño de investigación

Se utilizó un diseño experimental puro, con post prueba y grupo control.

RG1	—	O1
RG2	X1	O2
RG3	X2	O3

**RG1:** Probeta testigo al 0% de ceniza.

**RG2:** Probeta experimental al 20% de ceniza.

**RG3:** Probeta experimental al 40% de ceniza.

**X1:** Proporción de ceniza al 20%.

**X2:** Proporción de ceniza al 40%.

**O1:** Observación de la resistencia al 0% de ceniza en el concreto.

**O2:** Observación de la resistencia al 20% de ceniza en el concreto.

**O3:** Observación de la resistencia al 40% de ceniza en el concreto.

### 2.2 Variables, Operacionalización de las variables:

#### 2.2.1 Identificación de variables

**Variable Independiente:** Ceniza de bagazo de caña de azúcar.

**Variable Dependiente:** Resistencia a la compresión de CBC.

## 2.2.2 Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Ceniza del bagazo de caña de azúcar.	Estas cenizas poseen gran capacidad cementante por la composición química y tamaño de partícula que poseen.(Montes García)	Se sustituyó ceniza por cemento al 20% y 40%	Tiene Efecto <hr/> No tiene Efecto	Nominal
Resistencia a la compresión	La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura. (Norma Técnica Peruana 334. 051: 2013- ASTM 39)	Se realizó un ensayo de resistencia a la compresión en laboratorio, bajo la norma ASTM 39.	Medido en Kg/cm <sup>2</sup>	Razón

## 2.3 Población y Muestra

### Población

Conjunto de probetas de concreto cilíndricas para pruebas de aceptación, los cuales deben tener un tamaño de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm); aplicando el diseño de mezcla y adicionar las cenizas del bagazo de la caña de azúcar, para elaborar las probetas; el cual será población adoptada. Previamente evaluados, según norma ASTM C31 para el curado de 7 y 28 días, de las probetas de manera estándar y la norma ASTM 39, Método Estándar de Prueba de Resistencia a la Compresión.

### Muestra

La muestra está constituida por 24 probetas de concreto experimentales, las cuales 12 probetas serán testeadas a los 7 días de curado y las siguientes 12 a los 28 días. En total tenemos, 8 probetas con 0% de adición de ceniza, 8 probetas con 20% de

adición de ceniza y 8 probetas con 40% de adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **Técnica:**

Observación Experimental. Se establece y especifica la relación teórica entre los conceptos, iniciando con el procesamiento del material (CBCA) y luego añadirla al diseño de mezcla deseado.

### **Instrumentos**

Los instrumentos cuantitativos utilizados son los siguientes:

Ensayos estandarizados según las Normas NTP y ASTM, donde hemos encontrado los procedimientos necesarios para realizar los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido.

Instrumentos de medición. Equipos para medir el asentamiento del concreto en estado fresco (cono de Abrams) y verificar la resistencia a la compresión cuando el concreto ya está endurecido (máquina de compresión y flexión).

### **Procesamiento del material (CBCA)**

**Espectrometría de energía dispersiva**, sirve para determinar la composición química de la muestra de ceniza.

Se tomó un recipiente de volumen y peso conocido, el cual se llenó de cenizas hasta su máxima capacidad sin compactar, luego se enrasó la superficie y se pesó el recipiente con la muestra. El peso unitario suelto fue determinado por la siguiente ecuación:



## Diseño de mezcla

### **DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Método ACI) y ASENTAMIENTO**

Asentamiento Máximo: 3 pulgadas

Bolsas x metro cúbico: 8.39

### **DOSIFICACIÓN RECOMENDADA EN PESO (KG)**

CEMENTO	A.FINO	A. GRUESO	AGUA
1.00	2.29	2.63	0.66

### **DOSIFICACIÓN RECOMENDADO EN VOLUMEN:**

CEMENTO	A.FINO	A. GRUESO	AGUA
1.00	2.21	2.71	0.99

### **DOSIFICACIÓN RECOMENDADO EN PESO (KG):**

Mezcla patrón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con 20% de CBC.

CEMENTO	CENIZA	A.FINO	A. GRUESO	AGUA
0.8	0.2	2.21	2.71	0.99

### **DOSIFICACIÓN RECOMENDADO EN PESO (KG):**

Mezcla patrón de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con 40% de CBC.

CEMENTO	CENIZA	A.FINO	A. GRUESO	AGUA
0.6	0.4	2.21	2.71	0.99

### **Preparación de la mezcla**

Con el diseño de mezcla en la mano, se procedió con la preparación de la mezcla para la elaboración de las 24 probetas que sirvieron para determinar los resultados de la investigación planteada.

## **2.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS**

Se analizaron los datos obtenidos en tablas; la tabla 1 es utilizada para el objetivo de espectrometría de energía dispersiva. El cual nos mostró en porcentaje, la composición química inorgánica que contiene las cenizas de bagazo de caña de azúcar obtenidos de este ensayo.

La tabla 2 es utilizada para para medir el Asentamiento obtenido de las mezclas.

En la tabla 3 se utilizó para la Resistencia a la compresión de las 24 probetas a ensayar.

Tabla 4 se utilizó para Pruebas de normalidad, para comparar los datos estadísticos mediante Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.

La tabla 5 y La tabla 6 para organizar los datos estadísticos para un tiempo de 7 y 28 días de curado respectivamente, mediante la prueba de Kruskal Wallis, para verificar si existe diferencia significativa entre los promedios.

Tabla 7 para el ensayo de absorción de agua, al cual se obtuvo un promedio de la cantidad de agua absorbida por las probetas.

## **2.6 ASPECTOS ÉTICOS.**

Se realizó esta investigación con el fin de aportar mayor conocimiento de posibles usos de materiales normalmente desechados, ya que la contaminación es un problema muy grave. Los resultados se han obtenido en laboratorios certificados, de tal manera tener autenticidad en los resultados.

### III. RESULTADOS

Los resultados mostrados a continuación constituyen el foco vital de esta investigación. Por tal motivo es esencial el análisis de estos, puesto que las propiedades físicas y mecánicas medidas en el laboratorio a través de los distintos ensayos realizados, se emplearán para comparar patrones con mezclas alteradas y esta comparación nos podrá ayudar a evaluar los efectos de la adición de cenizas de bagazo de caña de azúcar como un sustituto parcial del cemento en la mezcla de concreto.

#### 3.1 ESPECTROMETRÍA DE ENERGÍA DISPERSIVA

CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura: 20.9 °C; Humedad relativa: 62%

EQUIPO UTILIZADO:

Microscopio electrónico de barrido con sonda de espectrometría de energía dispersiva SEM-EDS. SEM, Carls Zeiss EVO-10 MA. Sonda EDS, Oxford X-Max.

RESULTADOS:

**Cuadro 1. Composición química inorgánica elemental de las cenizas de bagazo de caña de azúcar**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Silicio (Si)	55.82	ESPECTROSCOPIA DE ENERGÍA DISPERSIVA (EDS)
Aluminio (Al)	11.73	
Hierro (Fe)	9.93	
Calcio (Ca)	6.19	
Magnesio (Mg)	4.51	
Potasio (K)	9.53	
Sodio (Na)	2.27	

**Cuadro 2. Composición química inorgánica de las cenizas de bagazo de caña de azúcar expresada como óxidos**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)*	MÉTODO UTILIZADO
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	64.04	ESPECTROSCOPIA DE ENERGÍA DISPERSIVA (EDS)
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	11.89	
Trióxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7.61	
Óxido de Calcio (CaO)	4.65	
Óxido de Magnesio (MgO)	4.01	
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	6.16	
Óxido de Sodio (Na <sub>2</sub> O)	1.64	

El cemento debe cumplir con la Norma Técnica Peruana 334.090 las cuales engloban al Clinker más yeso, se usó el cemento portland Tipo I el cual se utilizó para esta investigación. Cuya composición química es de silicio un 20.20%, aluminio 4.52, Hierro 4.45 y calcio 61.54; estos son los principales componentes del cemento.

En el ensayo de espectrometría aplicado a la ceniza de bagazo de caña de azúcar hemos obtenido que sus componentes químicos Silicio 55.82%, aluminio 11.73%, hierro 9.93%, son similares y hasta en algunos casos superiores.

La diferencia se encuentra en el bajo porcentaje obtenido del Calcio (6.19% contra un 61.54% del cemento).

### 3.2 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

CANTERA : AGREGADO GRUESO: EL MILAGRO  
 AGREGADO FINO : EL MILAGRO

DISEÑO DE UNA MEZCLA DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND TIPO I  
 SIN AIRE INCLUIDO

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

INFORMACIÓN:

Resistencia Deseada  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia de Cálculo  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$

**AGREGADOS:**

**AGREGADO GRUESO:**

Peso Volumétrico Seco y Compactado:  $1,765 \text{ kg/cm}^3$

Peso Volumétrico Seco y Suelto: 1,451

Tamaño Máximo del Agregado: 1/2"

Porcentaje de Absorción (%): 0.85

Contenido Natural de Humedad (%): 0.10

**AGREGADO FINO:**

Peso Volumétrico Seco y Compactado:  $1,791 \text{ kg/cm}^3$

Peso Volumétrico Seco y Suelto: 1,556

Módulo de Fineza: 3.04

Porcentaje de Absorción (%): 2.71

Contenido Natural de Humedad (%): 0.96

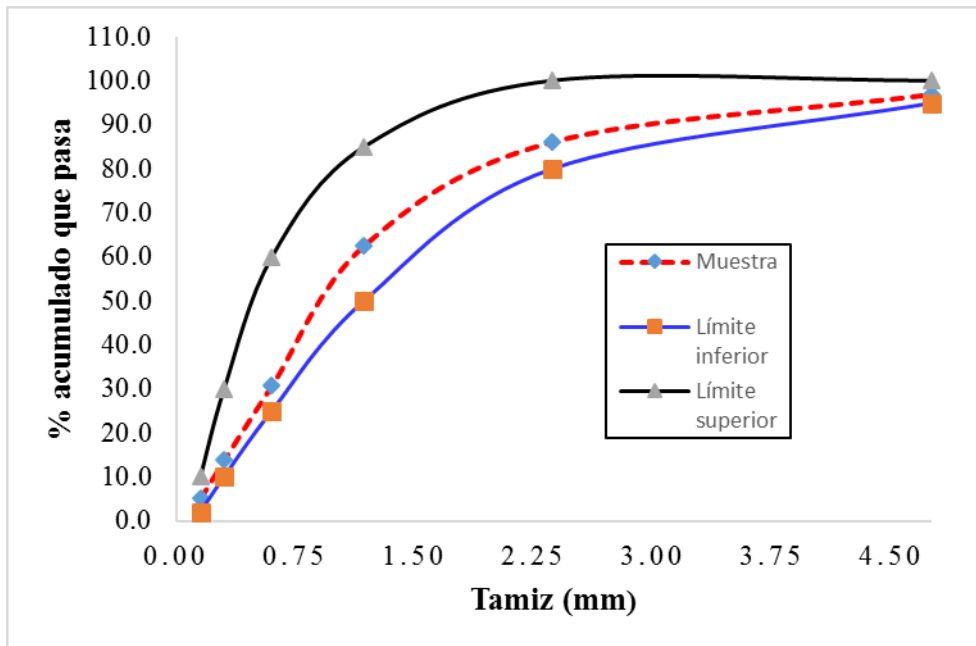
CEMENTO:

Portland Tipo I: ASTM C-150

Peso Volumétrico:  $1500 \text{ kg/cm}^3$

**Cuadro 3. Granulometría del agregado fino de la muestra.**

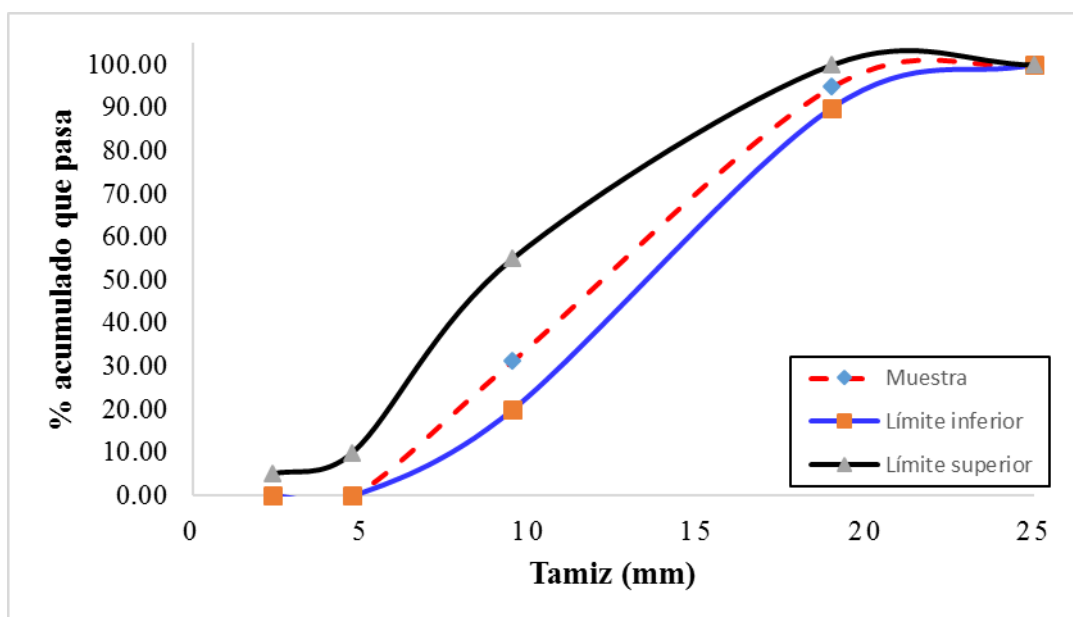
Agregado fino	% acum pasa		
	ENSAYO	L. INF	L. SUP
0.15	5.2	2	10
0.30	14.0	10	30
0.60	30.9	25	60
1.18	62.6	50	85
2.36	86.1	80	100
4.75	96.9	95	100



**Figura 1: Porcentaje acumulado de agregado fino que pasa.**

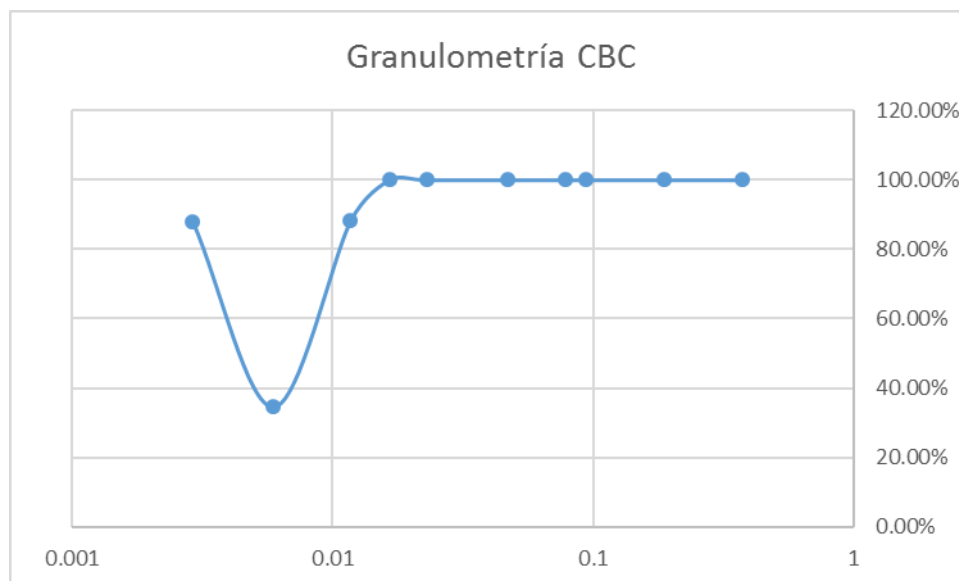
**Cuadro 4. Granulometría del agregado grueso de la muestra.**

Agregado grueso	% acum pasa		
	ENSAYO	L. INF	L. SUP
2.36	0.00	0	5
4.75	0.00	0	10
9.5	31.26	20	55
19	94.88	90	100
25	100.00	100	100



**Figura 2: Porcentaje acumulado de agregado grueso que pasa.**  
**Cuadro 5. Granulometría de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar.**

MALLA	Apertura (plg.)	PESO RET.	% QUE PASA
3/8"	0.375	0	100.00%
N°4	0.187	0	100.00%
N°8	0.094	0	100.00%
N°10	0.0787	0	100.00%
N°16	0.047	0	100.00%
N°30	0.023	0	100.00%
N°40	0.0165	0	100.00%
N°50	0.0117	5.86	88.28%
N°100	0.0059	32.67	34.66%
N°200	0.0029	6.02	87.96%
Plato		5.45	89.10%
Σ		50	



**Figura 3. Granulometría de la CBCA.**

### 3.3 ENSAYO DE ASENTAMIENTO O SLUMP

**Cuadro 6. Ensayo de asentamiento o Slump, durante el concreto se encuentra en estado fresco, obtenido de los promedios de cada una de las mezclas a ensayar.**

C°E	C° + 20%	C° + 40%
3	3.14	3.17
3	3.24	3.15

En donde se puede observar que la adición de CBC en la mezcla de concreto no produjo incrementos en la demanda de agua requerido para lograr el Slump de diseño (3 pulgadas), tampoco generó mucha diferencia para la trabajabilidad de la mezcla.

### 3.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión fue determinada de acuerdo al procedimiento descrito en la norma ASTM C39/ AASHTO T 22/ NTP 339.034

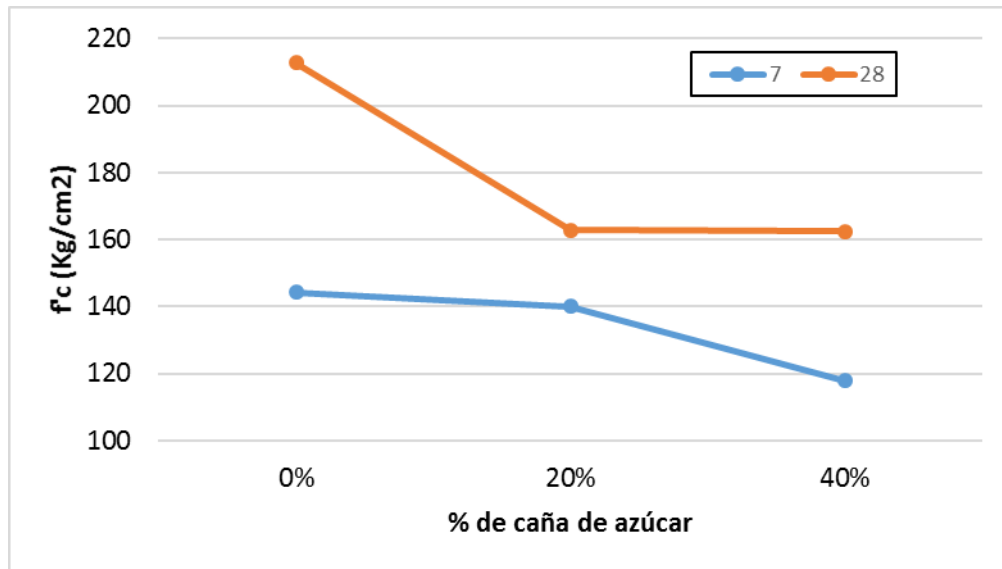
N° de Especímenes: 24

Edad del Espécimen: 7 – 28 días

**Cuadro 7. Resistencias promedios alcanzadas mediante el ensayo de resistencia a la compresión, según el porcentaje agregado de ceniza de bagazo de caña de azúcar.**

	PORCENTAJE CBCA	7 días	28 días		
C° E	0%	144.25	212.75	100%	100%
C° +20%	20%	140	162.75	97%	76%
C° +40%	40%	117.75	162.5	82%	76%





**Figura 4. Resistencias promedio alcanzadas por la ruptura de probetas a los 7 y 28 días de curado.**

**Cuadro 8. Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
C7ESTANDAR	0,441	4	.	0,630	4	0,001
C7ADITIVO20	0,307	4	.	0,729	4	0,024
C7ADITIVO40	0,282	4	.	0,839	4	0,193
C28ESTANDAR	0,441	4	.	0,630	4	0,001
C28ADITIVO20	0,259	4	.	0,916	4	0,516
C28ADITIVO40	0,262	4	.	0,860	4	0,262

A . Corrección de significación de Lilliefors

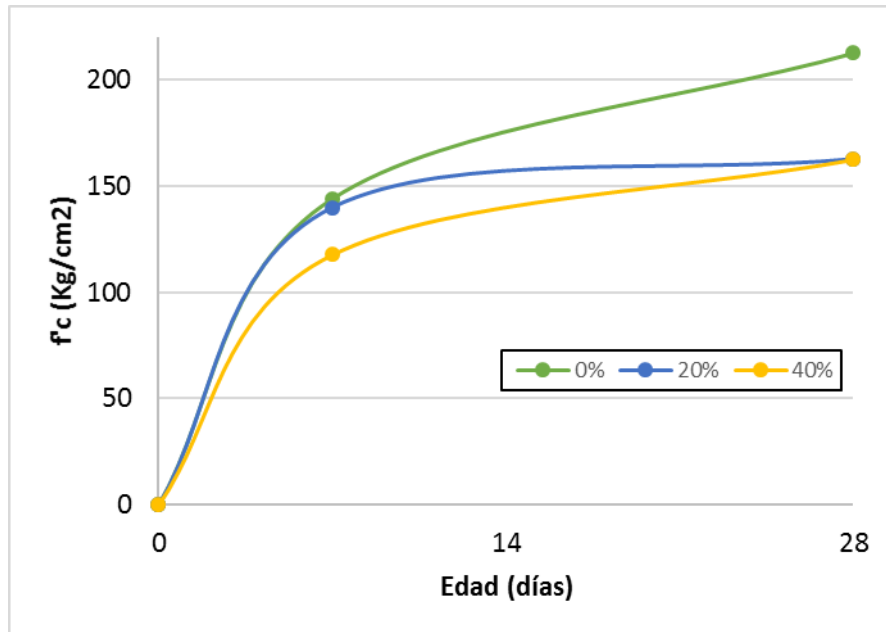


Figura 5. Resistencias alcanzadas según las muestras a los 14 y 28 días de curado.

Cuadro 9. Datos estadísticos para un tiempo de 7 días de curado

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
C7ESTANDAR	4	144	145	144,25	0,500
C7ADITIVO20	4	136	144	140,00	4,619
C7ADITIVO40	4	110	147	117,75	18,963

Prueba de Kruskal-Wallis para un tiempo de 7 días:

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>	
	C7E2040
Chi-cuadrado	1,859
gl	2
Sig. Asintótica	0,395

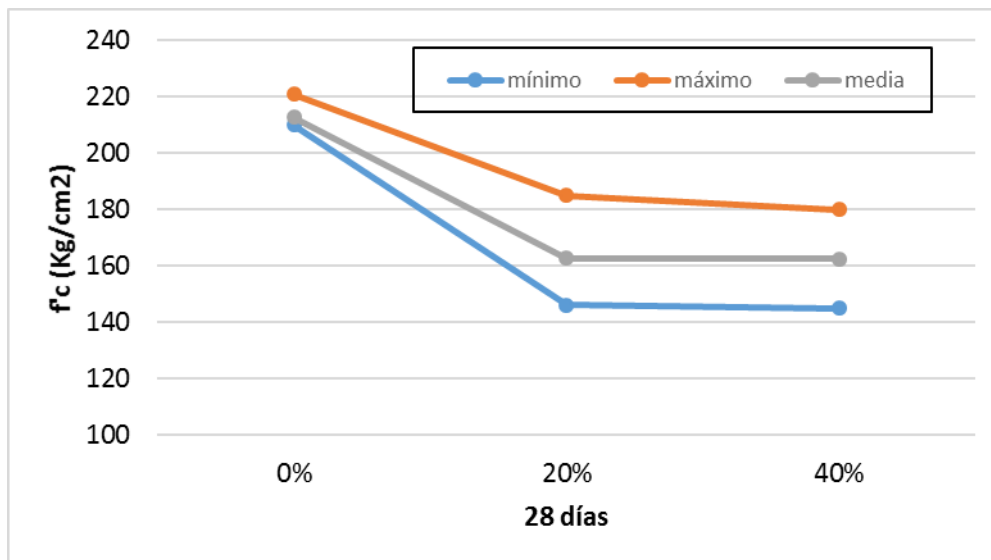
a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: FACTOR

Como  $p = 0,395 > 0.05 \rightarrow$  No existe diferencia significativa entre los promedios.

**Cuadro 10. Datos estadísticos descriptivos para un tiempo de 28 días de curado.**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
C28ESTANDAR	4	210	221	212,75	5,500
C28ADITIVO20	4	146	185	162,75	18,173
C28ADITIVO40	4	145	180	162,50	17,559



**Figura 6. Resistencias mínimas, máximas y medias alcanzadas por los ensayos realizados a los 28 días de curado.**

**Prueba de Kruskal-Wallis para un tiempo de 28 días:**

**Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>**

	C28E2040
Chi-cuadrado	7,526
gl	2
Sig. asintótica	0,023

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: FACTOR

Como  $p = 0,023 < 0.05 \rightarrow$  Si existe diferencia significativa entre los promedios.

### 3.5 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN TOTAL

**Cuadro N° 10: Ensayo de absorción de agua a los 7 y 28 días de curado.**

Concreto	Tiempo de Curado	Promedio
Estandar	7	2.495
C° 20%	7	2.381
C° 40%	7	2.308

Concreto	Tiempo de Curado	Promedio
Estandar	28	3.055
C° 20%	28	2.595
C° 40%	28	2.845

#### IV. DISCUSIÓN

##### **Asentamiento o Slump:**

En el ensayo de asentamiento o slump, hecho en el cono de Abrams hemos obtenido el asentamiento deseado a nuestro diseño de mezcla de 3 pulgadas. La consistencia obtenida de todas las mezclas producidas y ensayadas eran las deseadas, no se obtuvo diferencias significativas a pesar de los diferentes porcentajes del CBC, siendo este un reemplazo parcial del cemento dentro del concreto. De la tabla 2 podemos observar que el asentamiento en las mezclas de concreto con 20 y 40% de CBCA tuvieron un incremento 8% y 5.7%, respecto al concreto estándar. Sin embargo, Cabrera y Díaz (2010) reportaron incremento de asentamiento de hasta 33.33% al usar 40% de CBCA.

##### **Resistencia a la compresión:**

En el ensayo de resistencia a la compresión, utilizando la norma ASTM C 39 después de los 7 primeros días de curado se procedió a rotura de probeta, dando una resistencia promedio, no alejando mucho de los valores los cuales no indica la norma y consigo el diseño de mezcla establecido de 201 kg/cm<sup>2</sup>.

En cambio, las probetas que estuvieron en un tiempo de curado de 28 días tuvieron una baja significativa de su resistencia a la compresión. Muy por debajo de los valores establecidos en los ensayos de rotura. La resistencia promedio en las probetas con 0% de Ceniza de bagazo de caña de azúcar fue de 212.75 kg/cm<sup>2</sup>, el promedio de las probetas con 20% de adición de ceniza de bagazo fue de 162.75 Kg/cm<sup>2</sup> y con 40% fue de 162.50 kg/cm<sup>2</sup>, dando a conocer que la adición de la CBCA, no favorece en la resistencia a la compresión del concreto.

Las mediciones de resistencia a la compresión promedio (tabla 3 y figura 4), muestran que las resistencias de las muestras experimentales están por debajo de la muestra patrón hasta en 43.93% para 7 días de curado, y hasta 22.62% para 28 días, siendo bajas importantes. Esta misma tendencia se observa en la investigación de Cabrera y Díaz (2010) quienes determinaron disminuciones de hasta 62% para concreto con 40% de CBCA a 28 días. Por su parte, Alvarado et al. (2016) encontraron que a los 7 días de curado las resistencias fueron menores a las de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>) hasta en

37.78%, para 5, 10, 15 y 20% de CBCA, a los 28 días fueron mayores para 5 y 10% de CBCA mientras que para 15 y 20% CBCA disminuyeron hasta en 20.54%. Estas disminuciones en la resistencia pueden estar sustentados en el hecho de que como no se sometió a la ceniza a un proceso de molienda previa.

Respecto al efecto de la dosificación de CBCA en la resistencia a la compresión del concreto, solamente las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) se dan a los 28 días, es decir, los valores en las muestras con 20 y 40% de CBCA tienden a alejarse y ser inferiores a la muestra patrón (figura 5, tabla 5, figura 6 y tabla 6).

Según la prueba de Kruskal-Wallis, a los 7 días de curado no hay diferencias pero a los 28 días si hay una notable diferencia en los promedios de las resistencias. Esto sería un hecho, que añadir demasiado CBCA altera la resistencia a la compresión, sobre todo a los 28 días de curado.

#### **Absorción a la capilaridad:**

Según ASTM C1585-04, que es utilizado para medir el ritmo de absorción de agua de los hormigones, nos dice que los testigos no deben sobrepasar el 10% de retención de agua. Los resultados obtenidos, demuestran que la capacidad de absorción de agua de las probetas estándar a los 7 días de curado tuvo un promedio de 2.495%, en las probetas con 20% de adición de CBC fue de 2.381% y en las probetas con 40% de adición de CBC fue de 2.308%. Posteriormente en el curado de 21 días, el promedio de los testigos estándar fue de 3.055%, con 20% de adición de CBC fue de 2.595% y para las probetas con 40% de adición de CBC fue de 2.845%. Ninguna de las probetas sobrepasó el 10% de retención de agua.

## V. CONCLUSIONES

1. 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. Utilizando también la prueba de Kruskal-Wallis nos arroja que si hubo diferencias significativas en los promedios
2. En el ensayo de asentamiento o Slump, las mezclas testeadas obtuvieron el asentamiento deseado de 3", tal como se estableció en el diseño de mezcla.
3. 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.
4. En la absorción a la capilaridad no se encontró diferencia alguna, comparando las probetas de prueba con las estándar. Se concluye, que el reemplazo parcial de ceniza por el cemento, en la mezcla de concreto, no aumenta la absorción de agua dentro del concreto, ya que ninguno de los promedios sobrepasó el 10%, en ninguno de los tiempos establecidos de curado de 7 y 21 días.

## **VI. RECOMENDACIONES**

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.

Se recomienda realizar más estudios sobre el comportamiento de la ceniza del bagazo de caña de azúcar y cómo afecta al concreto dado que en el ensayo realizado no varían mucho las características químicas de la ceniza con las del cemento Portland.



## VII. REFERENCIAS

COYASAMIN Maldonado, O. 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). Tesis (Magíster en carrera). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad o Escuela, 2016.

HENAO CAICEDO S., LIBREROS YUSTY J. & MAURY RAMIREZ A.

Evaluación de la ceniza proveniente del bagazo de caña de azúcar como material cementante alternativo para la elaboración de morteros [en línea]. 2015[Fecha de consulta 5 de Julio del 2018].

Disponible en:

[http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/4173/Paper\\_evaluacion\\_ceniza\\_cana.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/4173/Paper_evaluacion_ceniza_cana.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CHÁVEZ, C. Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración del concreto hidráulico (Magíster de carrera). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.

Disponible en:

[http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1048/T016\\_44477012\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1048/T016_44477012_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

LÓPEZ Vásquez, J. Problemática y propuesta de gestión ambiental en la ciudad de Trujillo, Trujillo – Perú. Revista Ciencia y Tecnología UNT, volumen 1, (1): 3-4, 2012.

MORAES, J., AKASAKI, J., MELGES, J., MONZÓ, J., BORRACHERO, M., SORIANO, L., PAYÁ, J., & TASHIMA, M. Assessment of sugar cane straw ash (SCSA) as pozzolanic material in blended portland cement: Microstructural characterization of pastes and mechanical strength of mortars. Construction and Building Materials [en línea]. Septiembre 2015, nº 1.

Disponible en DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.07.108

ISSN: 0950-0618

MORALES, E., VILLAR-COCIÑA, E., FRÍAS, M., SANTOS, S., & SAVASTANO, H. Effects of calcining conditions on the microstructure of sugar cane waste ashes (SCWA): Influence in the pozzolanic activation. *Cement and Concrete Composites* [en línea]. Enero 2009,

Disponible en DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2008.10.004>

ISSN: 0958-9465

VASCONCELOS, Yuri. Hormigón de cenizas. *Pesquisa FAPESP* [en línea]. Mayo 2010, edición 171 [Fecha de consulta 10 de agosto del 2017].

Disponible en <http://revistapesquisa.fapesp.br/es/2010/05/01/hormigon-de-cenizas/>

GAITAN Arevalo, Juniet & TORREZ Rivas, Belkiss. Influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar proveniente del ingenio Monte Rosa sobre las propiedades físico-mecánicas y de durabilidad de morteros de cemento tipo GU. Trabajo de diploma (GRADO A QUE SE POSTULA). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.

MA Tay, PINEL, D. Valorización de cenizas de bagazo procedentes de Honduras: Posibilidades de uso en matrices de Cemento Portland. Trabajo de Investigación CST/MIH. 2014). 1 (25), pp. 1-68.

MUÑOZ Solano R. Estudio comparativo de concreto elaborado con puzolana natural y concreto con cementos puzolánicos atlas en la ciudad de Huancayo. (Magister en carrera), Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017.

MARCOS O., ILDA DE F. F. TINÔCO, CONRADO DE S., RODRÍGUEZ, ELIZABETH N. DA SILVA y SOUZA C. Potencial da cinca do bagazo da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiente*. Número de páginas, Año de publicación.

ISSN:

MARTINEZ NODAL, P. & RODRIGUEZ RICO I. & ESPERANZA PEREZ, G. & LEIVA MAS, J. Caracterización y evaluación del bagazo de caña de azúcar como biosorbente de hidrocarburos, Cuba. Revista Afinidad LXXI, Volumen 1, (1). Número de páginas, 2014

PÉREZ Blanco, J y RIBERO Blanco, R. Evaluación de la capacidad cementante de la ceniza de caña y ceniza volante para suelos granulares limpios. (Magister en carrera). Santander: Universidad Industrial de Santander, 2008.

AMIGO, M., & PALOMINO, J. Evaluación del comportamiento de cenizas volantes obtenidas del bagazo de caña de azúcar como sustitución parcial del cemento en el diseño de mezclas de concreto de resistencias altas. (Magister en carrera). Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2015.

Disponible en:

[http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/11410/1/TESIS\\_%28JORGE\\_PALOMINO%2c\\_MARIA\\_KARINA\\_AMIGO%29.pdf](http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/11410/1/TESIS_%28JORGE_PALOMINO%2c_MARIA_KARINA_AMIGO%29.pdf)

RÍOS GONZALES, E. Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de concreto Hidráulico. Tesis (Magister en carrera). Veracruz: Universidad Veracruzana, 2011. Número de páginas pp.

NORMA E.060 CONCRETO ARMADO [en línea], Perú 2009 [fecha de consulta: 21 de Julio de 2018] Disponible en: <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2008/02/PROYECTO-de-Norma-E-060-Concreto-Armado.pdf>

Norma Técnica Peruana NTP 400.012 [en línea], Perú 2001 [fecha de consulta: 21 de Julio de 2018] Disponible en: <https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/norma-tecnica-peruana-agregadoa-400012>

## VIII. ANEXOS

Cuadro N° 6: Ensayo de Asentamiento o Slump, para verificar la trabajabilidad del concreto, en comparación con lo obtenido en el diseño de mezcla.

C°E	C° + 20%	C° + 40%

Cuadro N° 10: Ensayo de absorción de agua de cada una de las probetas

Concreto	Especimen	Tiempo de Curado	Peso antes	Peso después	Absorción	Promedio
Estandar	7	12.340	12.798	3.712	2.495	
	7	12.444	12.658	1.720		
	7	12.54	12.895	2.831		
	7	12.444	12.658	1.720		
C° 20%	7	12.74	12.995	2.002	2.381	
	7	12.202	12.458	2.098		
	7	12.341	12.794	3.671		
	7	12.44	12.658	1.752		
C° 40%	7	11.740	11.995	2.172	2.308	
	7	12.444	12.658	1.720		
	7	12.441	12.795	2.845		
	7	12.344	12.652	2.495		
Concreto	Espécimen	Tiempo de Curado	Peso antes	<b>Peso después</b>	Absorción	Promedio
Estándar	28	11.991	12.343	2.936	3.055	
	28	12.438	12.825	3.111		
	28	11.991	12.358	3.061		
	28	12.438	12.825	3.111		
C° 20%	28	12.091	12.349	2.134	2.595	
	28	12.436	12.822	3.104		
	28	12.458	12.711	2.031		
	28	12.433	12.820	3.113		
C° 40%	28	12.191	12.458	2.190	2.845	
	28	12.418	12.805	3.116		
	28	11.991	12.357	3.052		
	28	12.438	12.814	3.023		



**INFORME TÉCNICO N° 1580 – 17 – LAB. 12**

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : HARY HERNANDO PASTOR SIMÓN
  - 1.2 D.N.I : 72465108
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 / 10 / 2017
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 31 / 10 / 2017
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 03 / 11 / 2017
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PARTE INORGÁNICA DE LA MUESTRA
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN EL SOLICITANTE**
  - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR
  - 4.2 TESIS : "EFECTO DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO"
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 20.9 °C; Humedad relativa: 62%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Microscopio electrónico de barrido con sonda de espectrometría de energía dispersiva SEM-EDS. SEM, Carls Zeiss EVO-10 MA. Sonda EDS, Oxford X-Max.
8. **RESULTADOS**
  - 8.1 **COMPOSICIÓN QUÍMICA INORGÁNICA ELEMENTAL DE LAS CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Silicio (Si)	55.82	ESPECTROSCOPIA DE ENERGÍA DISPERSIVA (EDS)
Aluminio (Al)	11.73	
Hierro (Fe)	9.93	
Calcio (Ca)	6.19	
Magnesio (Mg)	4.51	
Potasio (K)	9.53	
Sodio (Na)	2.27	

**8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA INORGÁNICA DE LAS CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EXPRESADA COMO ÓXIDOS**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)*	MÉTODO UTILIZADO
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	64.04	ESPECTROSCOPIA DE ENERGÍA DISPERSIVA (EDS)
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	11.89	
Trióxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7.61	
Óxido de Calcio (CaO)	4.65	
Óxido de Magnesio (MgO)	4.01	
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	6.16	
Óxido de Sodio (Na <sub>2</sub> O)	1.64	

*\*Los resultados de porcentaje de óxidos fueron calculados del análisis elemental.*

**9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Natalia Quispe G.  
Analista Químico  
LABICER – UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz  
Responsable de Análisis  
Jefa de Laboratorio  
CQP 202

(\*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

**ANEXO**



**Fotografía N° 01: Muestra de Ceniza de Bagazo de Caña de Azucar**



**Fotografía N°02: Sonda EDS utilizado para detectar rayos X y dispersa en un espectro su energía.**



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE  
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02  
Versión : 07  
Fecha : 31-03-2017  
Página : 1 de 1

Yo Hary Hernando Pastor Simón, identificado con DNI N°72465108, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo ( x ), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "EFECTO DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

  
FIRMA

DNI: 72465108

FECHA: 22 de Diciembre del 2017

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



Yo, Marlon G. Farfán Córdova, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Trujillo (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

"EFECTO DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO", del (de la) estudiante Hary Hernando Pastor Simón constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha..... *Trujillo, 22 de set. 2017* .....



Firma

Ing. Marlon farfán Córdova

DNI: *03371691*

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------