

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES  
MECÁNICAS DEL CONCRETO  $F'C=210$  KG/CM<sup>2</sup>  
CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO  
NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Yhon Farfan Salas

**Asesor:**

Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen

<https://orcid.org/0000-0001-5024-7595>

Lima - Perú

2023

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	<b>FELIX ALEJANDRA VELASQUEZ HUAYTA</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	<b>TULIO EDGAR GUILLEN SHEEN</b>
	Nombre y Apellidos

## INFORME DE SIMILITUD

### Tesis YHON FARFAN SALAS

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>16%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>16%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>7%</b> PUBLICACIONES	<b>9%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Corporación Universitaria Remington</b> Trabajo del estudiante	<b>6%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>4</b>	<b>SNC LAVALIN PERU S.A.. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Pozo Rico-IGA0005184", R.D. N° 199-2019/MINEM-DGAAM, 2020</b> Publicación	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>

Excluir citas      Activo      Excluir coincidencias < 1%  
 Excluir bibliografía      Activo

## DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por permitirme la vida, por fortalecerme todos los días y poder realizarme profesionalmente.

Con mucho cariño a mi madre, hermanos y familiares que estuvieron siempre conmigo apoyándome incondicionalmente durante todo este proceso y darme fortaleza en todo momento.

Con mucho aprecio para mi padre que desde el cielo guía mis pasos, tu recuerdo vivirá siempre en mi corazón.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y familiares por brindarme su apoyo incondicional y por darme la oportunidad de seguir desarrollándome personal y profesionalmente.

A mi esposa y mi pequeño hijo que han sido partícipes muy importantes y mi mayor motivación durante la realización de este proyecto.

A la Universidad Privada del Norte por guiarme y dar rumbo en todo mi trayecto estudiantil a lo largo de estos años, los cuales han sido una etapa muy maravillosa de mi vida.

## Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR.....	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
TABLA DE CONTENIDO.....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	10
RESUMEN.....	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	12
1.1    Realidad problemática.....	12
1.2    Marco teórico.....	16
1.3    Justificación del estudio.....	24
1.4    Formulación del problema.....	25
1.5    Objetivos.....	25
1.6    Hipótesis.....	26
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	27
2.1    Operacionalización de variables.....	28
2.2    Población y muestra.....	29
Población.....	29

Muestra.....	29
2.3 Técnicas y materiales.....	31
2.4 Procedimiento.....	33
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	54
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	68
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS.....	76

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Tipos de cemento en el Perú</i> .....	19
<b>Tabla 2</b> <i>Clasificación de agregados</i> .....	21
<b>Tabla 3</b> <i>Clasificación de variables</i> .....	26
<b>Tabla 4</b> <i>Operacionalización de variables</i> .....	28
<b>Tabla 5</b> <i>Cantidad total de muestra</i> .....	31
<b>Tabla 6</b> <i>Tamaño de muestra para agregados</i> .....	35
<b>Tabla 7</b> <i>Análisis granulométrico del agregado fino</i> .....	41
<b>Tabla 8</b> <i>Resistencia Requerida promedio</i> .....	44
<b>Tabla 9</b> <i>Contenido de aire atrapado</i> .....	45
<b>Tabla 10</b> <i>Relación agua - cemento por resistencia requerida</i> .....	46
<b>Tabla 11</b> <i>Análisis granulométrico del agregado grueso</i> .....	54
<b>Tabla 12</b> <i>Análisis granulométrico del agregado fino</i> .....	55
<b>Tabla 13</b> <i>Asentamiento del concreto fresco</i> .....	56
<b>Tabla 14</b> <i>Resistencia a la compresión del concreto patrón de <math>f'c= 210</math> kg/cm<sup>2</sup></i> ....	57
<b>Tabla 15</b> <i>Resistencia a la compresión del concreto patrón con 2% de CBCA</i> .....	58
<b>Tabla 16</b> <i>Resistencia a la compresión del concreto patrón con 4% de CBCA</i> .....	60
<b>Tabla 17</b> <i>Resistencia a la compresión del concreto patrón con 7% de CBCA</i> .....	62
<b>Tabla 18</b> <i>Resumen de resultados del ensayo a compresión</i> .....	63
<b>Tabla 19</b> <i>Análisis de varianza y Anova de un factor de ensayos a los 7 días</i> .....	65
<b>Tabla 20</b> <i>Análisis de varianza y Anova de un factor de ensayos a los 14 días</i> .....	66
<b>Tabla 21</b> <i>Análisis de varianza y Anova de un factor de ensayos a los 28 días</i> .....	67

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Componentes del cemento</i> .....	17
<b>Figura.2:</b> <i>Procedimiento para el trabajo de investigación</i> .....	33
<b>Figura 3:</b> <i>Cálculo de volumen unitario de agua</i> .....	45
<b>Figura 4:</b> <i>Tipo de falla de especimen de concreto</i> .....	52
<b>Figura 5:</b> <i>Curva granulométrica del agregado grueso</i> .....	55
<b>Figura 6:</b> <i>Curva granulométrica del agregado fino</i> .....	56
<b>Figura 7:</b> <i>Resistencia a la compresión del concreto patrón</i> .....	58
<b>Figura 8:</b> <i>Resistencia a la compresión del concreto patrón más 2% CBCA</i> .....	60
<b>Figura 9:</b> <i>Resistencia a la compresión del concreto patrón más 4% CBCA</i> .....	61
<b>Figura 10:</b> <i>Resistencia a la compresión del concreto patrón más 7% CBCA</i> .....	63
<b>Figura 11:</b> <i>Resumen de los resultados del ensayo a compresión</i> .....	64
<b>Figura 12:</b> <i>Aporte total en porcentaje</i> .....	65

## Índice de ecuaciones

<b>Ecuación 1:</b> <i>Porcentaje de humedad</i> .....	36
<b>Ecuación 2:</b> <i>Peso unitario del agregado grueso</i> .....	37
<b>Ecuación 3:</b> <i>Absorción del agregado grueso</i> .....	39
<b>Ecuación 4:</b> <i>Peso específico de masa</i> .....	41
<b>Ecuación 5:</b> <i>Porcentaje de Absorción</i> .....	41
<b>Ecuación 6:</b> <i>Cálculo del factor cemento</i> .....	47
<b>Ecuación 7:</b> <i>Peso de arena húmeda</i> .....	48
<b>Ecuación 8:</b> <i>Peso de piedra húmeda</i> .....	48
<b>Ecuación 9:</b> <i>Aporte del agua de arena</i> .....	48
<b>Ecuación 10:</b> <i>Aporte del agua de piedra</i> .....	48
<b>Ecuación 11:</b> <i>Agua final de mezcla</i> .....	49
<b>Ecuación 12:</b> <i>Resistencia a la compresión</i> .....	52

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación está basado en analizar los resultados de la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en el concreto de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborados con agregados de la cantera Pampa Azul, con el fin de analizar y comparar los resultados de resistencia a la compresión en diferentes porcentajes de adición de CBCA (2%, 4% y 7%). Asimismo, se determinó las características físicas de los agregados de acuerdo a la norma ASTM C 136 / NTP 400.012, para seguidamente realizar el diseño de mezcla de acuerdo al Comité ACI 211.1

Se procedió a realizar el diseño de mezcla del concreto patrón y concreto adicionando los porcentajes de CBCA (2%, 4% y 7%), de los cuales se elaboraron 36 probetas de 100 x 200 mm (ASTM C 192 / NTP 339.183), elaboradas en laboratorio de la Universidad Privada del Norte, los cuales fueron ensayos a compresión (ASTM C 39 - 18 / NTP 339.034) a los 7, 14 y 28 días de curado, obteniéndose con el 2% de CBCA una resistencia de 233.5 kg/cm<sup>2</sup>, representando un incremento de 1.83%; con el 4% de CBCA una resistencia de 245.9 kg/cm<sup>2</sup>, representando un incremento de 4.03% y con el 7% de CBCA una resistencia de 264.5 kg/cm<sup>2</sup>, representando un incremento de 12.02% respecto al concreto patrón.

De los resultados obtenidos, se concluye que la adición de CBCA en el concreto es muy favorable en los porcentajes de 4% y 7%, obteniéndose mayores resultados respecto al concreto patrón.

**PALABRAS CLAVES:** Concreto, bagazo, caña de azúcar, resistencia a la compresión.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

A lo largo de los años, el concreto ha sido un material muy importante y el más usado en la construcción de infraestructura a nivel mundial, gracias a las características físicas y químicas el cual posee para dar durabilidad a través del tiempo, ya que con el concreto se llevan a cabo muchas obras de infraestructuras como instituciones públicas o privadas, estadios deportivos, presas, relaves, colegios, carreteras, reservorios y muchos otros, por lo que la construcción de viviendas en la actualidad, es el rubro donde se genera más inversión económica (Abanto & Olivera, 2021).

Con respecto a la industria azucarera, a nivel mundial se tiene registro de una gran cantidad de residuos los cuales se denominan ceniza de bagazo de caña de azúcar o conocido como CBCA, el cual resulta de la combustión de este residuo orgánico que se puede obtener de las industrias azucareras. Asimismo, se ha comprobado que la ceniza de bagazo de caña de azúcar contiene sílice y alúmina, los cuales podrían dar una adición puzolánica en el cemento, es por ello que la presente investigación propone a la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como adición de origen natural para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, ya que actualmente se desecha cerca de 600 millones de toneladas a nivel mundial de residuos de la caña de azúcar (Souza, 2023).

En la ciudad de Morelia – México, se realizó un estudio acerca de “Mezcla del concreto hidráulico con ceniza de bagazo de caña como sustituto del cemento: Evaluación de las propiedades físico – mecánicas y la durabilidad”, en el cual se sustituyó por el 5%, 10% y 20% de CBCA con respecto al peso del cemento, donde se realizaron las pruebas de rotura

de probetas a los 7, 14, 28, 60, 90 y 120 días por resistencia mecánica, resistividad eléctrica y velocidad de pulso ultrasónico (VPU) y se determinó como resultado óptimo con la sustitución del cemento en un 10% de ceniza de bagazo de caña de azúcar; puesto que, al adicionarle esta ceniza al concreto se mejoró en 18.89% en la resistencia a la compresión, además recomienda no llegar al 20 % de sustitución, ya que aumentaría la demanda del agua para el diseño (Gonzáles, 2016).

De acuerdo a la publicación del artículo de investigación realizada en la universidad Nacional de Ingeniería, Managua - Nicaragua, se realizó un estudio acerca de las pastas añadidas con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) de 80 a 95 % en peso y cemento de aluminato de calcio (en base a piedra caliza y bauxita pulverizadas), los cuales fueron activados químicamente con soluciones de silicato de sodio en porcentajes de 8%, 10%, 12% y 14% respecto al peso de CBCA, sumergidos en las pozas de curado entre 20 °C hasta 40 °C, de los cuales se obtuvieron resultados de los ensayos a compresión de 203.9 kg/cm<sup>2</sup> en promedio a los 28 días de curado, del cual concluyeron que no se alcanzó los resultados deseados, por lo que enfatizan la viabilidad de utilizar mayores cantidades de desechos industriales como la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) para obtener materiales cementosos, de acuerdo al estudio realizado y así poder mejorar las propiedades mecánicas del concreto (Espinoza & Zuniga, 2022).

De acuerdo al estudio realizado en la ciudad de Cartagena – Colombia, se evaluó los efectos de la incorporación del bagazo de caña de azúcar sobre las propiedades físico – mecánicas del concreto hidráulico, en el cual se analizó su influencia en las dosificaciones del bagazo de caña de azúcar en 0.5%, 0.75%, 1% y 1.5% del como material fibro esfuerzo del concreto, de los cuales concluyeron que, con la adición del 0.5% en el concreto se tiene un aumento del

7.5% en comparación de la muestra patrón y a medida que se aumentaba el porcentaje del bagazo de caña de azúcar, ocurría una disminución en la resistencia a los esfuerzos mecánicos, por el cual los investigadores concluyeron que, en futuras investigaciones se debe analizar la influencia de los distintos tipos de cemento y la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) por los resultados obtenidos (Hernández & Rodríguez, 2021).

De acuerdo al estudio realizado en la ciudad de Piura a cerca de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el concreto. “Exploración preliminar del potencial de uso de la ceniza del valle del Chira”, menciona que en el Perú se cultiva la caña de azúcar en la costa, selva y valles interandinos, debido a las condiciones climáticas los cuales permiten su siembra y cosecha, siendo el norte del país donde se encuentra la mayor cantidad de producción de la caña de azúcar. Asimismo, señala que en el año 2017 la empresa Caña Brava ubicada en Piura procesó diariamente aproximadamente 4300 toneladas de caña de azúcar, de los cuales se obtienen los residuos como el bagazo de caña de azúcar, los cuales están conformados por el 70% de celulosa y el resto por lignina y hemicelulosa. Asimismo, una vez calcinado el bagazo de caña de azúcar se obtiene entre las 208 y 260 toneladas de ceniza de bagazo de caña de azúcar (Guerrero, 2020).

En la ciudad de Cajamarca – Perú, se realizó el estudio “Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración del concreto hidráulico”, en el cual se adicionó la ceniza de bagazo de caña de azúcar en dosificaciones de 1%, 3% y 5% en proporciones por el volumen de agregado fino para determinar la influencia que presenta la adición de esta ceniza. Asimismo, se realizaron los especímenes de concreto, los cuales se sumergieron en la poza de curado para después ser ensayados en la prueba de compresión a los 7, 14 y 28 días, de los cuales se obtuvieron

resultados favorables en la resistencia a compresión del concreto en una dosificación de 3%, debido a que mejora en la resistencia de concreto en un 21.8% con respecto al concreto patrón de  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup> (Chávez, 2017).

De acuerdo a la investigación realizada en la ciudad de Cajamarca, “Resistencia a la compresión del concreto adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar, en remplazo del agregado fino”, en el cual se realizó un diseño de mezcla para un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> de resistencia sustituyendo el agregado fino en porcentajes de 10%, 15% y 20% con ceniza de bagazo de caña de azúcar con ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, donde se obtuvieron resultados favorables para el porcentaje de 10% en las tres edades de curado, ya que se alcanzó mejorar el diseño patrón en un 7.10%, siendo la máxima resistencia a la compresión con la adición del 10% de ceniza a los 28 días de curado, alcanzando una resistencia de 294.74 kg/cm<sup>2</sup> (Araujo, 2019)

Asimismo, en la ciudad de Lima, se realizó el estudio “Durabilidad del concreto en base de la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA) con cemento portland ante agentes agresivos”, en el cual se adicionó la ceniza como sustituto parcial del agregado fino en porcentajes de 5%, 10% y 15% respecto al volumen absoluto de la tanda respectiva para la elaboración del concreto, se utilizó el cemento Portland Tipo I y se elaboró probetas cilíndricas de 6”x12”. Una vez realizado las muestras de concreto se sometió al ataque acelerado de sulfato de magnesio durante 5 ciclos de inmersión y secado, para luego ser ensayos a compresión a los 7, 14 y 28 días de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 339.034, donde se obtuvieron resultados favorables con respecto a la resistencia del concreto patrón, en el cual se demostró que los resultados de sustituir parcialmente el agregado fino por la ceniza de bagazo de caña

de azúcar fue beneficioso y óptimo en los ensayos con el 15% de la CBCA, cuyo porcentaje incrementa la resistencia del concreto patrón de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en un 25.09% (Apaza, 2018).

## 1.2 Marco teórico

### El concreto

El concreto es un compuesto de varios materiales conformado por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos y adiciones, que en su estado fresco presenta una masa plástica moldeable, adquiriendo posteriormente una consistencia rígida con propiedades resistentes y durables. Teniendo entre las principales propiedades en su estado fresco la consistencia, trabajabilidad, masa unitaria, contenido de aire, exudación, segregación, tiempo de fraguado, así como en el concreto endurecido tenemos la resistencia a la compresión, tracción, flexión, corte, módulo de elasticidad, flujo o fluencia (Jaimes, García, & Rondón, 2020).

### El cemento

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 334.009 (Requisitos del cemento Pórtland), el cemento Portland, es un tipo de cemento artificial como material ligante cementante conocido como conglomerante que se obtiene a través de la molienda del Clinker con un 5% de sulfato de calcio, cuyo material debe pasar en un 95% por el tamiz #325. Está compuesto de materiales inorgánicos que pueden ser mezclados con el agua para unir otros tipos de materiales, cuyo material además puede solidificarse al reaccionar químicamente con el agua denominada como hidratación. Compuesto principalmente de óxido de calcio CaO y sílice SiO<sub>2</sub> en grandes proporciones y de óxido de aluminio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, óxido de hierro Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en menor proporción formando nuevos compuestos estables (NTP 334.009, 2016).

## Componentes del cemento

**Figura 1**  
*Componentes del cemento*

	Componente Químico	Procedencia
95%	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, Mineral de Hierro, Pirita
5%	Oxidos de Magnesio (MgO), Sodio (Na <sub>2</sub> O),	Minerales Varios
	Potasio (K <sub>2</sub> O), Titanio, Azufre,	
	Fósforo y Manganeso	

*Nota:* Se visualiza el detalle de los componentes del cemento, tomada de ICONTEC, 2020.

### Tipos de cemento

Según la norma ASTM C-150 (Especificación normalizada para cemento Portland), se tiene los siguientes tipos de cemento.

Tipo I: Este tipo de cemento es de uso general para cualquier tipo de proyectos, ya que tiene un alto calor de hidratación y de un rápido fraguado, además este tipo de cemento desarrolla una resistencia inicial y reduce el tiempo de desencofrado, el cual es una ventaja para los proyectos en construcción.

Tipo II: Este tipo de cemento es un tipo modificado para el uso de grandes volúmenes de concreto, tiene una mediana resistencia a los sulfatos, tiene además un calor de hidratación moderado el cual hace que el fraguado sea lento.

Tipo III: Este tipo de cemento contiene un alto calor de hidratación, por el cual desarrolla una alta resistencia inicial, tiene un fraguado muy rápido, además tiene una baja resistencia a los sulfatos.

Tipo IV: Este tipo de cemento tiene una baja calor de hidratación, el cual ocasiona un fraguado muy lento, ya que en la fabricación de este cemento se limitan los compuestos  $C_3A$  y  $C_3S$ .

Tipo V: Este tipo de cemento es muy resistente a los sulfatos, ya que en su fabricación se disminuye el contenido de  $C_3A$ , tiene un bajo calor de hidratación el cual hace que desarrolle un fraguado muy lento.

Según la ASTM C-595 (Especificación Normalizada para Cementos Adicionados Hidráulicos) se tiene los siguientes tipos de cemento.

Tipo IP: es un tipo de cemento de uso general que contiene de 15% a 40% de puzolana, el cual genera un menor calor de hidratación y desarrolla su máxima resistencia después de los 28 días.

Tipo IPM: es un cemento de uso general y contiene un 15% de puzolana y con ello un bajo calor de hidratación, desarrolla su máxima resistencia después de los 28 días.

Tipo MS: este tipo de cemento tiene una mediana resistencia a sulfatos, contiene hasta un 25 % de escoria, el cual genera un bajo calor de hidratación y desarrolla su resistencia a partir de los 28 días.

Tipo ICO: es un tipo de cemento de uso general, contiene hasta un 30% filler calizo, el cual genera muy bajo calor de hidratación y desarrolla su resistencia a partir de los 28 días.

**Tabla 1**

*Tipos de cemento en el Perú*

<b>Fabricante</b>	<b>Ubicación de la Fábrica</b>	<b>Tipos de cemento que producen</b>
Cementos Lima S.A.	Lima	Tipo I (Cemento Sol I), Tipo II (Cemento Sol II), Tipo IP (Atlas)
Cemento Andino S.A.	Tarma - Junín	Tipo I (Andino I) Tipo II (Andino II) Tipo V (Andino V) Tipo IPM (Andino IPM)
Yura S.A.	Yura - Arequipa	Tipo I (Yura I) Tipo II (Yura II) Tipo V (Yura V) Tipo IP (Yura IP) Tipo IPM (Yura IPM)
Cementos Pacasmayo S.A.	Pacasmayo - La Libertad	Tipo I (Pacasmayo I) Tipo II (Pacasmayo II) Tipo V (Pacasmayo V) Tipo IP (Pacasmayo IP) Tipo MS (Pcasmayo MS) Tipo ICO (Pacasmayo ICO)
Cemento Sur S.A.	Juliaca - Puno	Tipo I (Rumi I) Tipo II (Rumi II) Tipo V (Runi V) Tipo IP (Runi IP)

---

		Tipo I (Selva I)
		Tipo II (Selva II)
Cementos Selva S.A.	Rioja – San Martin	Tipo V (Selva V)
		Tipo IP (Selva IP)
		Tipo ICO (Selva ICO)

---

*Nota:* Se visualiza el tipo de cemento que producen las principales empresas cementeras del Perú. Tomada de la ASOCEM, 2023.

### **Agregados**

De acuerdo a la definición de norma ASTM C-33 (Especificación estándar de agregados para concreto), un agregado es un material granular, tales como arena, grava, piedra chancada, escoria, y otros agregados livianos que usualmente ocupan aproximada entre un 60% y 75% del volumen del concreto en general. Los agregados influyen en las propiedades como la trabajabilidad del concreto fresco, durabilidad, resistencia, propiedades térmicas, densidad del concreto endurecido y entre otros.

Asimismo, de acuerdo a la definición de la Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.037, 2014 (Especificaciones normalizadas para agregados en concreto), el agregado para el concreto es un conjunto de partículas de origen natural o artificial que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones estén comprendidas entre límites fijados por la norma y define como los tipos de agregados.

Las características físicas del agregado como la resistencia a la compresión, flexión, abrasión, degradación, así como las características químicas como los sulfatos, cloruros, sales y la geometría lisa o rugosa, redonda o angular de los agregados, definen la performance del concreto.

**Agregado fino:** Este agregado es proveniente de la degradación natural o artificial que pasa por la malla normalizado de 9.5 mm (3/8 pulg.) y cumple los límites establecidos de acuerdo a la norma.

**Arena:** Es el agregado fino que proviene de la degradación natural de las rocas.

**Agregado grueso:** Es el agregado retenido en el tamiz normalizado de 4.75 mm (N°4), los cuales pueden ser provenientes de la degradación natural o artificial de las rocas y cumple con los límites establecidos por la norma.

**Grava:** Es un agregado grueso que proviene de la degradación natural de materiales pétreos, cuyos yacimientos se encuentran depositados en forma natural en las canteras y los lechos de ríos.

**Piedra Chancada:** Se les da esta denominación a los agregados gruesos obtenidos por trituración artificial de las rocas o gravas.

**Tabla 2**

*Clasificación de agregados*

<b>Tipo de agregado</b>	<b>Procedencia del agregado</b>	<b>Tipo de concreto según densidad</b>	<b>Rango de densidad Kg/m<sup>3</sup> (lb/pie<sup>3</sup>)</b>
Ligero	Pumicita, perlita, vermiculita y diatomita	Ultra liviano	250-1450 (15-19)
	Pizarra, esquisto, arcilla y escoria expandida	Liviano	1350-1850 (90-120)
Normal	Arena, grava, escoria de alto horno enfriada al aire	Normal	2200-2400 (140-150)

---

Pesado	Barita, limonita, magnetita, ilmenita, hematina y pelotas de hierro	Pesado	2600-6400 (142- 400)
--------	--	--------	-------------------------

---

*Nota:* Se visualiza el cuadro de componentes del cemento. Tomada de la Norma ASTM C-33.

### **Análisis granulométrico**

El análisis granulométrico es una representación numérica de la distribución volumétrica de partículas por tamaños establecidos en la norma ASTM C -136 (Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso), o de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 400.012 (Análisis granulométrico del agregado grueso, fino y global).

**Tamices estándares:** 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50 y #100.

**Tamaño máximo (TM):** El tamaño máximo corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. Se utiliza para seleccionar el huso de agregado grueso según las dimensiones del encofrado y el acero de refuerzo.

**Tamaño máximo nominal:** es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre el 5% a 10% del agregado mediante tamizaje.

**Huso granulométrico de agregados:** Es la zona comprendida entre dos curvas granulométricas, permiten optimizar el volumen requerido de pasta, el contenido del cemento y el costo del diseño de mezcla del concreto, también mejora la trabajabilidad del concreto fresco y las propiedades mecánicas del concreto endurecido.

**Módulo de fineza:** Representa el promedio del tamaño de las partículas del agregado, para luego generar promedio de la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados del agregado grueso y fino.

## **El agua**

El agua es un elemento principal para reacción con el cemento para generar el proceso de hidratación, el cual desempeña un papel muy importante en el fraguado y endurecimiento del concreto, ya que el agua induce una estructura de vacíos a en la pasta de cemento necesaria para que los productos de hidratación puedan desarrollarse.

Según los requisitos de la ASTM C1602 (Especificación estándar para agua de mezcla utilizada en la producción de hormigón de cemento hidráulico), el agua contribuye en un principio a mejorar la trabajabilidad del concreto, siendo un efecto limitado de relación A/C > 0.50 y concluye que el agua saludable para el ser humano, lo es también para el concreto.

## **Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)**

De acuerdo al estudio realizado a cerca de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el concreto en la ciudad de Piura, se puede observar que la caña de azúcar es un producto de mayor importancia, puesto que el azúcar es un producto de consumo masivo en la sociedad. Por consiguiente, al procesar la caña de azúcar se obtiene residuos como el bagazo en gran cantidad, el cual al ser incinerado se puede obtener la ceniza entre el 2% y 4% del bagazo total con una densidad de 1.65 g/cm<sup>3</sup> para el material retenido en la malla N° 10 (Guerrero, 2020).

Asimismo, para la presente investigación se recolectó el bagazo de caña de azúcar de los residuos orgánicos del mercado de frutas del distrito de La Victoria (Mercado de frutas) en la ciudad de Lima, dado a la facilidad de poder obtener este residuo se procedió a recolectar e incinerar aproximadamente 35 kilogramos, de los cuales se obtuvo 1.8 kg de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) con una densidad de 2.29 g/cm<sup>3</sup>, calculada en laboratorio mediante el método de fiola de vidrio.

### 1.3 Justificación del estudio

La justificación de la presente investigación es conocer las características y propiedades que tiene el concreto adicionando la ceniza de bagazo de caña de azúcar al 2%, 4% y 7%; por lo tanto, es conveniente realizar este estudio porque es un beneficio el poder conocer las ventajas de su uso en la construcción de viviendas en la ciudad de Lima.

También, es importante mencionar la relevancia social de esta investigación, ya que el uso de esta ceniza nos permitirá facilitar su aplicación en el concreto convencional de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en las estructuras, con el fin de mejorar la resistencia y durabilidad a través del tiempo.

Asimismo, existen dos tipos de cenizas obtenidas a través de la calcinación del bagazo de caña, el tipo volante que está constituido por partículas muy finas que son recolectados en el sistema de eliminación de partículas de los hornos de combustión, y el tipo sedimentada que se constituyen a las cenizas más gruesas que se acumulan en el fondo del horno de combustión (Trezza & Crozes, 2012).

Además, se recolectó las cenizas del tipo sedimentada obtenida a través de la calcinación en horno a una temperatura de 250 °C aproximadamente, el cual tiene una composición química del 60% de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), 4% de óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 5% de óxido férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 6% de óxido de calcio (CaO) y otros óxidos en menor cantidad de acuerdo a los resultados obtenidos en el Laboratorio A&A TERRALAB S.A. (Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y asfalto).

Por último, la presente investigación tiene un aporte social, el cual contribuirá los conocimientos de los resultados de esta investigación que permitirá el uso de la ceniza (CBCA) en el concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, ampliando los conocimientos con respecto a las

variables de estudio, es por ello que se realiza el diseño de mezcla con los materiales de la ciudad de Lima. Asimismo, la investigación se ha realizado bajo el método científico y cumpliendo el estilo de redacción APA.

#### 1.4 Formulación del problema

¿Cuáles son las propiedades mecánicas de la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición del 2%, 4% y 7% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)?

#### 1.5 Objetivos

##### Objetivo general

- ✓ Determinar las propiedades mecánicas del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de ceniza de polímero natural al 2%, 4% y 7% (CBCA).

##### Objetivos específicos

- ✓ Determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo a la norma ASTM C39-18.
- ✓ Determinar la resistencia a la compresión del concreto con adición del 2% de ceniza de polímero natural (CBCA) de acuerdo a la norma ASTM C39-18.
- ✓ Determinar la resistencia a la compresión del concreto con adición del 4% de ceniza de polímero natural (CBCA) de acuerdo a la norma ASTM C39-18.
- ✓ Determinar la resistencia a la compresión del concreto con adición del 7% de ceniza de polímero natural (CBCA) de acuerdo a la norma ASTM C39-18.

## 1.6 Hipótesis

### Hipótesis general

La adición de la ceniza de polímero natural (CBCA) en 2%, 4% y 7% al concreto, influye positivamente en el aumento de la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

### Variables

#### ✓ Variable independiente

Ceniza de bagazo de caña de azúcar

#### ✓ Variable dependiente

Resistencia a la compresión del concreto

**Tabla 3**

*Clasificación de variables*

Variables	Relación	Enfoque	Forma de medición
Ceniza de bagazo de caña de azúcar	Independiente	Cuantitativa	Directa
Resistencia a la compresión	Dependiente	Cuantitativa	Indirecta

Nota: se visualiza la clasificación de variables de la presente investigación – tesis.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

La presente tesis de investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se obtienen datos por medición y recolección a partir de ensayos de laboratorio, cuyos datos son analizados matemáticamente. Asimismo, con los resultados expresados numéricamente se evalúa y prueba la hipótesis planeada en esta investigación.

También, la presente tesis de investigación es del tipo aplicada, ya que este tipo de estudio está enfocada a obtener nuevos conocimientos; además, se aplican los datos y conocimientos adquiridos en el laboratorio a través de los ensayos realizados y se analiza la influencia de la adición de la ceniza de polímero natural (CBCA) con 2%, 4% y 7% en las características del concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> en cuanto a las propiedades mecánicas, para comparar los datos obtenidos y puedan ser utilizados en beneficio de la sociedad (Galarza, 2020).

Según el diseño de investigación es experimental, ya que se necesitan tener datos y resultados de las pruebas realizadas para poder analizar las variaciones de la población, el cual nos permitirá comparar los resultados y así poder obtener las conclusiones de esta investigación (Galarza, 2020).

Adicionalmente, la investigación tiene un nivel descriptivo, debido a que se reúne una información cuantificable para poder comparar, identificar, reconocer y presentar las características de acuerdo a los objetivos del estudio. Asimismo, se puede usar para realizar inferencias estadísticas a través del análisis de datos.

## 2.1 Operacionalización de variables:

### **Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) – Variable Independiente**

Esta ceniza de bagazo de caña de azúcar es un sub producto o residuo orgánico obtenido a través de la calcinación de los restos de bagazo que son desechados de un proceso industrial para la obtención de productos como el azúcar y/o derivados; el cual se agregará al concreto en 2%, 4% y 7% con respecto al peso del cemento.

### **Resistencia a la compresión – Variable Dependiente**

De acuerdo a la norma ASTM C 39-18 / NTP.339.034(Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas), el ensayo a la resistencia a la compresión consiste en la aplicación de una carga de compresión axial a las probetas cilíndricas elaboradas según su respectivo procedimiento que estipula la norma. El resultado final es calculado mediante una división entre la carga máxima alcanzada en el ensayo y el área de la sección transversal de la probeta o espécimen.

**Tabla 4**

*Operacionalización de variables*

Variables	Definición	Ensayo
<u>Independiente:</u> Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).	La ceniza de bagazo de caña de azúcar es un residuo orgánico obtenido a través de la calcinación de los restos de bagazo que son desechados de un proceso industrial para obtención de productos como el azúcar o derivados.	Tamaño de partícula: tamiz malla N° 16

Dependiente: El ensayo a la resistencia a la compresión  
Resistencia a la compresión del concreto. consiste en la aplicación de una carga de compresión axial a las probetas cilíndricas elaboradas según su respectivo procedimiento que estipula la norma.

Resistencia a la compresión:  
(kg/cm<sup>2</sup>)

---

Nota: Se aprecia los detalles de la operacionalización de variables.

## 2.2 Población y muestra

### Población

Es el conjunto o totalidad de elementos sobre los que se investiga o se realizan estudios, primero se determina que es lo que se quiere analizar y seguidamente se establece el conjunto de estos elementos, de los cuales se analizarán las variables de estudio (Pillco, 2022).

La población de esta investigación está conformada por los concretos de una resistencia  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizados en diferentes estructuras de concreto en la ciudad de Lima durante el año 2023.

### Muestra

Es una parte o subconjunto de una población para un estudio determinado, debido a que se seleccionan previamente de una determinada población para realizar el estudio; es por ello que, la selección de la muestra debe cumplir con la representatividad cuantitativa de acuerdo a la cantidad poblacional, características generales y específicas de la población en estudio (Pillco, 2022).

La designación de la muestra que emplea esta investigación es del tipo no probabilístico, cuya evaluación se realiza mediante el juicio del investigador y está constituida por especímenes cilíndricos de concreto con dimensiones de 100 mm de base y 200 mm de altura.

De acuerdo a la norma ASTM C-192 (Práctica normalizada para preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en laboratorio), se realizan muestras de probeta de concreto, los cuales deben ser 3 probetas de concreto por cada ensayo a realizar de acuerdo a la edad de curado en la poza, los cuales se realizarán a los 7, 14, y 28 días después de ser elaborados.

Para la presente investigación se realizó el diseño de mezcla para un concreto con resistencia de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, con los agregados que provienen de la cantera Pampa Azul del distrito de Lurín, Provincia Lima, Departamento de Lima, a cuyos agregados se realizaron el análisis granulométrico correspondiente de acuerdo a las normas ASTM C-136, NTP 400.012 (método de ensayo normalizado para determinar el análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos).

Una vez obtenido el diseño de mezcla patrón y obtener las proporciones de los agregados para el diseño, se procedió a realizar las adiciones de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) para poder elaborar las probetas de concreto según la norma ASTM C-192 (Práctica normalizada para preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en laboratorio), de los cuales se obtuvieron 36 especímenes de concreto de medidas 100 x 200 mm para el ensayo de resistencia a la compresión.

**Tabla 5**

*Cantidad total de muestra*

<b>Tipo de Probeta</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>	<b>Total (Und)</b>
$f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	3	3	3	9
$f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 2\% \text{ de CBCA}$	3	3	3	9
$f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 4\% \text{ de CBCA}$	3	3	3	9
$f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 7\% \text{ de CBCA}$	3	3	3	9
<b>Total</b>				<b>36</b>

*Nota:* Se aprecia el número total de muestra para los ensayos a compresión.

De acuerdo a lo mencionado en los antecedentes, se optó por usar este material obtenido de la calcinación del bagazo de caña de azúcar, ya que esta ceniza contiene un alto contenido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), cuyos componentes se pueden encontrar en el cemento portland, los cuales brindan mayor resistencia a la compresión del concreto, es por este motivo que en la presente investigación se quiere dar un valor agregado a los residuos que podemos obtener a través de la calcinación del bagazo de caña de azúcar.

### 2.3 Técnicas y materiales

#### **Instrumentos de recolección de datos**

En la presente investigación se utilizó diferentes normas y formatos como las de ASTM (American Society for Testing and Materials), Comité ACI (American Concrete Institute) y NTP (Norma Técnica Peruana), tanto como para el diseño de mezcla del concreto, así como también para los diferentes ensayos y pruebas que se emplean en el laboratorio.

### Materiales:

- ✓ Agregado grueso de la cantera Pampa Azul – Lima.
- ✓ Agregado fino de la cantera Pampa Azul – Lima.
- ✓ Cemento Portland Tipo I.
- ✓ Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).
- ✓ Agua.

### Instrumentos de Laboratorio:

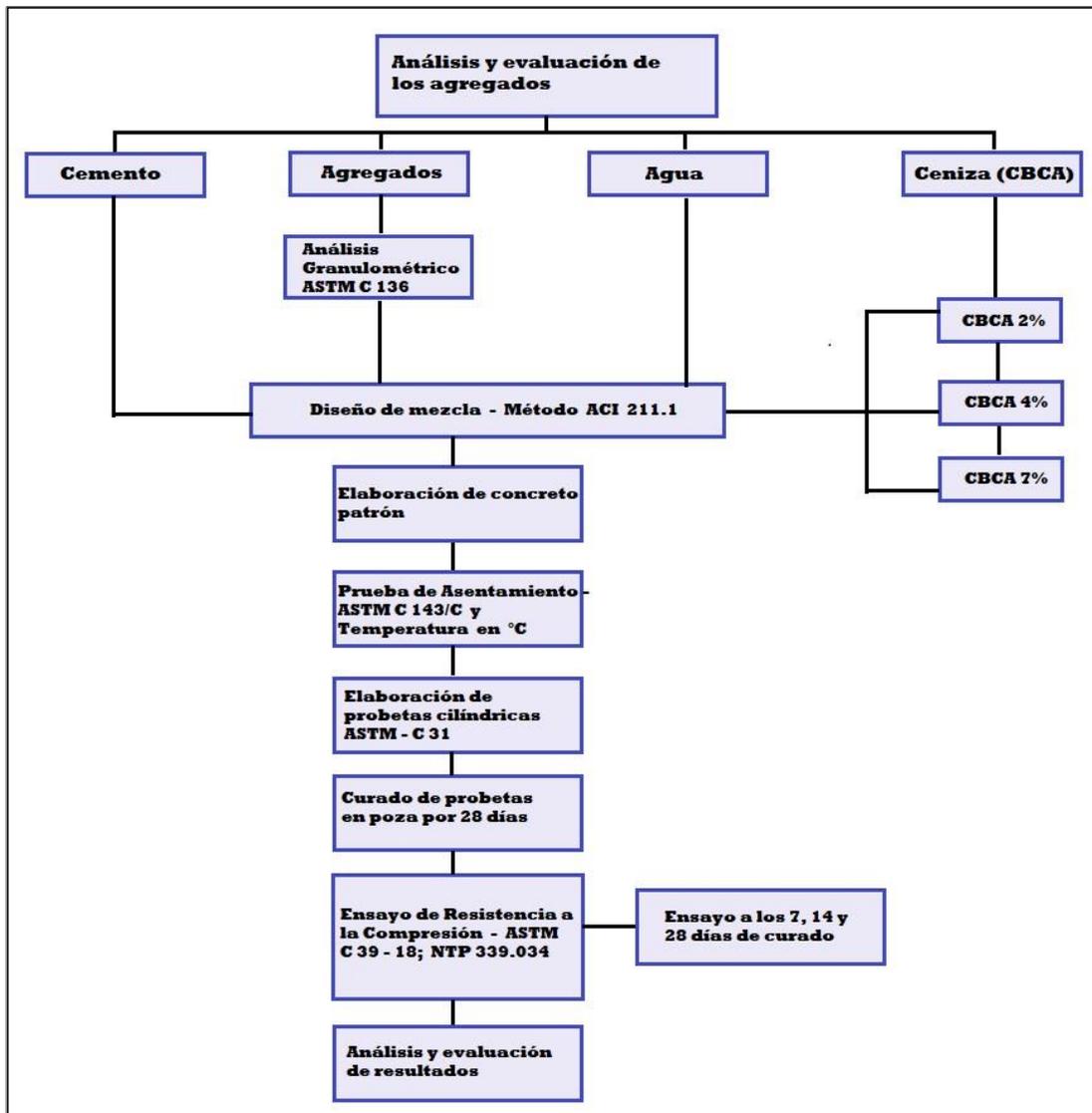
- ✓ Balanzas electrónicas (10 kg y 100 kg).
- ✓ Bandejas metálicas para agregados.
- ✓ Pala.
- ✓ Carretilla buggy.
- ✓ Recipientes para tara.
- ✓ Tamices para análisis granulométrico de agregados (NTP 400.012).
- ✓ Varilla de acero punta roma.
- ✓ Fiola de 500 ml para ensayo de peso específico de AF (NTP 400.022).
- ✓ Cesta metálica para ensayo de peso específico de AG (400.021).
- ✓ Horno a temperatura constante de 110 °C (NTP 339.185).
- ✓ Vernier.
- ✓ Cono de Abrams (NTM 339.184).
- ✓ Wincha de 5 m.

## 2.4 Procedimiento

A continuación, se presenta el procedimiento a seguir para el trabajo de investigación, el cual consiste en desarrollar el diseño de mezcla de acuerdo al método del Comité ACI 211.1 (Proporcionamiento de mezclas de concreto normal, pesado y masivo).

**Figura 2:**

*Procedimiento para el trabajo de investigación*



*Nota:* Se visualiza el procedimiento a seguir en el desarrollo de la investigación.

## **Paso N°1: Análisis granulométrico de agregados.**

De acuerdo a la norma ASTM C 136 o NTP 400.012 (Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global). Se calcula a través de una suma conformada por la cantidad de material acumulado retenido, expresado en porcentajes.

### Materiales

- ✓ Agregado fino: La cantidad de la muestra para este ensayo fue de 570.2 gramos, el cual fue secado para poder realizar el ensayo,
- ✓ Agregado grueso: La cantidad de la muestra de ensayo luego del secado, fue de 5454.0 gr.

### Equipos

- ✓ Balanza: Para el agregado fino, con aproximación de 0.1 gr y para el agregado grueso, con aproximación de 0.5 gr.
- ✓ Tamices: Los Tamices de acuerdo a la norma NTP 350.001.
  - Para agregado grueso: 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N° 4.
  - Para agregado fino: 3/8", N°4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, y N° 200.
- ✓ Horno: Un horno a temperatura constante de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Procedimiento

Se seleccionó la muestra por el método de cuarteo y se secó la muestra a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , seguidamente se pesó una muestra de 570.2 gr para agregado fino y para agregado grueso una muestra de 5454.0 gramos, luego se seleccionó los tamaños adecuados

de tamices para proporcionar la información de acuerdo al agregado a ensayar, luego se agitó los tamices manualmente por un periodo de 10 minutos aproximadamente, luego se pesa el agregado retenido por cada tamiz, seguidamente se calcula el porcentaje retenido, porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa por cada tamiz o número de malla, para así determinar y calcular el módulo de fineza del agregado.

### **Paso N°2: Contenido de humedad de agregados**

Este ensayo se realiza de acuerdo a la norma ASTM C 566 / NTP 339.185 (Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado), los cuales se muestran en los Anexos N°7 y N°8.

#### Materiales

Para la obtención de muestra se realizó una selección representativa del material, de acuerdo a la siguiente tabla, donde se indica el tamaño de muestra para agregados.

**Tabla 6**

*Tamaño de muestra para agregados*

Tamaño máximo nominal del agregado (pulg)	Masa mínima de muestra (kg)
# 4	0.5
3/8"	1.5
1/2 "	2
3/4"	3
1"	4
1 1/2"	6
2"	8

*Nota:* Se aprecia la tabla del tamaño de muestra para agregados (NTP 339.185)

### Equipos

- ✓ Balanza con aproximación de 0.1g. o el 0.1% del peso de la muestra, para agregado fino.
- ✓ Horno de temperatura constante de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Recipiente metálico para la muestra.
- ✓ Cuchara metálica.

### Procedimiento

Se pesó y codificó cada recipiente para poder secar el material en el horno por un tiempo de 24 horas, luego se pesó y se anotó los datos de las muestras secas para poder calcular el contenido de humedad.

Se realizó el cálculo de acuerdo a la norma ASTM C-566 (Contenido total de humedad por secado en agregados).

#### **Ecuación 1:**

*Porcentaje de humedad*

$$\text{Porcentaje de humedad}(\%) = \left[ \frac{[B - D] - [C - D]}{[C - D]} \right] * 100$$

Donde:

$B =$  *Peso de muestra húmeda*

$C =$  *Peso de muestra seca*

$D =$  *Peso de tara*

#### **Paso N°3: Peso unitario volumétrico**

Para el cálculo de los pesos unitarios se realizó bajo las especificaciones de la norma ASTM C 29 o NTP 400.017 (Método de ensayo para determinar el peso unitario en agregados)

### **Peso unitario del agregado grueso.**

Se realiza con una muestra de aproximadamente del 150 % de la cantidad requerida para el ensayo.

#### Materiales

- ✓ Balanza con aproximación a 0.05 Kg.
- ✓ Varilla metálica compactadora lisa de 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud.
- ✓ Recipiente metálico de medida para el volumen.

#### **Ecuación 2:**

*Peso unitario del agregado grueso*

$$Pu = \frac{Gc-T}{V}$$

Donde:

$$Pu = \text{Peso unitario}(kg/m^3)$$

$$Gc = \text{Peso con muestra}(kg)$$

$$T = \text{Peso de tara}(kg)$$

$$V = \text{Volumen del recipiente } (m^3)$$

#### **Peso unitario suelto:**

Se pesó el recipiente cilíndrico y se procedió a llenar con el agregado hasta su capacidad total del recipiente, el agregado sobrante se eliminó con la varilla de 5/8", luego se determinó el peso del recipiente más el agregado (grueso o fino) y se anotaron los resultados, este procedimiento se realizó dos veces para poder hallar el resultado promedio.

### **Peso unitario compactado**

Se llenó hasta la tercera parte del recipiente y se apisonó con barra compactadora dando 25 golpes sobre la superficie, seguidamente se llenó hasta las dos terceras partes del recipiente y se apisonó con 25 golpes, luego se llenó el volumen restante compactándole con 25 golpes, finalmente se elimina el material restante con la varilla metálica y se tomó nota de los resultados.

### **Paso N°4: Determinación del peso específico y Absorción del agregado grueso.**

Se realiza de acuerdo a la norma ASTM C-127 (Método de ensayo estándar para densidad, densidad relativa (Gravedad Especifica), y Absorción del Agregado Grueso), el cual establece un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso, los detalles se muestran en el Anexo N° 6.

#### Equipos

- ✓ Balanza Hidrostática equipada con aproximación de 0.5 g.
- ✓ Cesta metálica para el agregado.
- ✓ Horno a temperatura constante de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Procedimiento

Se secó la muestra a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  y se saturó el agregado con agua cubierta en su totalidad a temperatura ambiente durante 24 horas, luego de pasar las 24 horas se retiró el agregado y se secó superficialmente con una franela para tener la muestra en condición saturada superficialmente seca, seguidamente se procedió a colocar la muestra en la cesta metálica y se pesó en la balanza hidrostática. Una vez obtenido los datos se procedió a secar la muestra en el horno a una temperatura constante durante 24 horas y se anotó los datos.

### **Ecuación 3:**

*Absorción del agregado grueso*

$$\%Abs = \left[ \frac{S - A}{A} \right] * 100$$

Donde:

$\%Abs = \text{Absorción del agregado}$

$S = \text{Peso de la masa sss (g)}$

$A = \text{Peso de la muestra seca al horno (g)}$

### **Paso N°5: Determinación del peso específico y Absorción del agregado fino.**

Se realiza de acuerdo a la norma ASTM C-128 (Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino), en el cual establece un procedimiento para determinar el peso específico de masa, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado fino, los detalles se muestran en el Anexo N° 5.

### Equipos

- ✓ Balanza sensible a 0.1% de peso medido y con capacidad de 1000 gr o más.
- ✓ Fiola de 500 cm<sup>3</sup> de volumen de capacidad.
- ✓ Cono metálico de 40 mm de diámetro menor, 90 mm de diámetro mayor con 75 mm de altura.
- ✓ Pisón metálico de 340 gramos
- ✓ Horno a temperatura constante de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Procedimiento

Se seleccionó 1000 gramos del agregado fino aproximadamente el cual fue secado a temperatura constante de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , luego se saturó totalmente la muestra con agua durante 24 horas, seguidamente se retiró y colocó la muestra en una bandeja metálica para poder secarla hasta obtener la muestra saturada superficialmente seca y poder realizar el ensayo, para ello se verificó utilizando el cono metálico, el cual consiste en llenar el cono con la muestra, apisonar con 25 golpes y al retirar el cono, la muestra debe derrumbarse manteniendo una forma simétrica, esto indica que la muestra alcanzó la característica de saturada superficialmente seca y está lista para realizar el ensayo.

Seguidamente se coloca una muestra de 500 gramos aproximadamente en la fiola y se llena de agua hasta alcanzar el volumen total de la fiola, luego se agita horizontalmente para poder extraer el aire atrapado y se deja reposar por 1 hora, finalmente se retiró la muestra y se secó al horno a temperatura constante y se registró los datos.

### Cálculo

**Ecuación 4:**

*Peso específico de masa*

$$P_{em} = \frac{A}{(S - D)}$$

Donde:

$P_{em}$  = *Peso específico de masa*

$A$  = *Peso de la muestra seca al horno*

$S$  = *Peso de la muestra sss*

$D$  = *Peso del agua (f)*

**Ecuación 5:**

*Porcentaje de Absorción*

$$\% Abs = \frac{S - A}{A} \times 100$$

**Paso N°6: Especificaciones para agregados norma ASTM C 33 o NTP 400.037**

**(Especificaciones normalizadas para agregados en concreto)**

La granulometría de los agregados para el concreto, será determinado de acuerdo a la norma ASTM C 136 y deberá cumplir con la gradación como se indica en el siguiente cuadro, revisar los detalles en los anexos N° 3 y N° 4.

**Tabla 7**

*Análisis granulométrico del agregado fino*

<b>Tamiz (pulg)</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>
3/8"	100
N°4	95 a 100
N°8	80 a 100

N°16	50 a 85
N°30	25 a 60
N°50	05 a 30
N°100	0 a 10

Nota: se aprecia los tamices del análisis granulométrico del agregado fino

Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las características de gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida. Asimismo, el módulo de fineza para el agregado fino recomendable deberá estar entre 2.3 y 3.1, el cual es un índice óptimo de características granulométricas.

#### **Paso N°7: Diseño de mezcla para el concreto patrón**

Para conocer los principios básicos de la dosificación y realizar un diseño de mezcla es muy importante conocer la relación agua cemento (a/c), los contenidos de cemento y proporciones de los agregados para su influencia en las propiedades del concreto, se conocen diversos métodos de dosificación, los cuales se han convertido en un arte en el diseño de mezcla, que se busca factores influyentes en el diseño, condición y proporciones típicas de agregados, por lo que se busca generalmente su trabajabilidad adecuada, facilidad de colocación, acabado satisfactorio, durabilidad y economía, para así poder producir el volumen exacto, costo y beneficio esperado.

De acuerdo con el método ACI 211.1, se realiza el diseño de mezcla con una estrecha relación con la durabilidad, permeabilidad y porosidad del concreto, para concretos convencionales de resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> puede variar en función de la relación agua cemento a/c y la granulometría de los agregados.

Este diseño de mezcla teórico se formula en condición seca o S.S.S (Saturado Superficialmente Seca) de los agregados que solo se realiza en laboratorio, con el objetivo de estandarizar el procedimiento del diseño y preparación del concreto con el fin de tener resultados compatibles.

De acuerdo la normativa del método ACI, para usar el diseño de mezcla teórico en campo, es necesario corregirlos por absorción y humedad de los agregados, con el fin de ponerlos en su condición real al momento de usarlos en la producción del concreto en campo.

Según al método ACI 211.1, Las correcciones por humedad se efectúan por el aporte de humedad de los agregados, de acuerdo al contenido de humedad (%) y por absorción (%).

Seguidamente se presenta los pasos para realizar el diseño de mezcla de acuerdo a la norma del Comité ACI 211.1, los detalles se muestran en el Anexo N° 9.

#### **a) Especificaciones y materiales**

De acuerdo al requerimiento, se tiene una resistencia de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> del concreto, se definen el peso específico de materiales, tamaño máximo (TM) de los agregados, asentamiento (Slump), relación agua cemento (a/c), porcentaje de aire (%).

- ✓ Resistencia:  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.
- ✓ Colocación: Mezcla de concreto para vaciado
- ✓ Asentamiento: Slump 3" a 4"

#### Materiales

- ✓ Cemento: Sol Tipo I, de peso específico 3130 kg/m<sup>3</sup>.

- ✓ Agua: red pública – potable (SJL).
- ✓ Agregados: agregado fino y grueso de la cantera Pampa Azul
- ✓ CBCA: material de recolección propia, de peso específico 2.29 g/cm<sup>3</sup>

**b) Resistencia requerida**

De acuerdo a la tabla N° 1 del Comité ACI, para los concreto de una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> a 350 kg/cm<sup>2</sup>, se tiene un factor de seguridad de 84 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 8**  
*Resistencia Requerida promedio*

$f'c$	$f'cr$	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Menos de 210	$f'c + 70$	175	175+70=245
210 - 350	$f'c + 84$	210	210+84=294
>350	$f'c + 96$	350	350+96=448

Nota: Se puede apreciar la tabla N°1 del ACI, resistencia requerida promedio

**c) Selección de tamaño máximo nominal TMN agregado grueso**

TMN = Se determinó mediante ensayo de granulometría, el cual es el mayor porcentaje retenido en peso de la malla.

**d) Asentamiento**

Concreto para vaciado con Slump 3” a 4”

**e) Cálculo de volumen unitario de agua**

De acuerdo al comité ACI 211.1 Tabla N° 10.2.1, se define con el tamaño máximo del agregado (TM) y el asentamiento (Slump), el cual se determinó considerando concreto sin aire incluido.

**Figura 3:**

*Cálculo de volumen unitario de agua*

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---
% de Aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderada	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

*Nota:* Se visualiza la tabla de comité ACI – 211.1

**f) Determinar el contenido de aire**

Se determinó el porcentaje de aire atrapado en función del tamaño máximo nominal del agregado (TMN).

**Tabla 9**

*Contenido de aire atrapado*

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
-----------------------	---------------

3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

*Nota:* se visualiza el contenido de aire en el concreto (ACI 211.1)

**g) Determinar la relación agua / cemento**

En base al comité ACI 211.1 tabla N° 12.2.2, está establecido en las especificaciones técnicas por durabilidad, en este caso se tiene en consideración que el diseño de mezcla se realiza sin aire incorporado para una resistencia a la compresión a los 28 días.

**Tabla 10**

*Relación agua - cemento por resistencia requerida*

$f'_{cr}$ 28 días	Relación Agua – Cemento, por resistencia	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.0	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

*Nota:* se visualiza tabla del método del comité ACI 211.1

**h) Cálculo del factor cemento.**

**Ecuación 6:**

*Cálculo del factor cemento*

$$\text{Factor cemento} = \frac{\text{Volumen unitario del agua (lt/m}^3\text{)}}{\text{Relacion a/c}}$$

**i) Determinación del agregado grueso.**

Se determinó de acuerdo a la tabla 16.2.2 del ACI, el tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN) y el módulo de finura del agregado fino.

**j) Volumen absoluto**

Se determinó la sumatoria de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso, calculados anteriormente.

**k) Volumen absoluto del agregado fino.**

Se determinó el volumen absoluto del agregado fino, restándole a 1 la suma de los volúmenes absolutos (cemento, agua, aire y agregado grueso).

**l) Peso seco del agregado fino**

Se determinó multiplicando su volumen absoluto con el peso específico de la masa del agregado fino.

**m) Valores de diseño en laboratorio**

Se determinaron los valores de diseño del cemento, agua, agregado fino y agregado grueso.

**n) Corrección del diseño por humedad de los agregados.**

Se corrigió el diseño por el contenido de humedad de los agregados.

**Ecuación 7:**

*Peso de arena húmeda*

$$\text{Peso arena húmeda(kg)} = \text{Peso arena seca} * (1 + \text{Humedad arena})$$

**Ecuación 8:**

*Peso de piedra húmeda*

$$\text{Peso piedra húmeda(kg)} = \text{Peso piedra seca} * (1 + \text{Humedad piedra})$$

**o) Aporte del agua por los agregados.**

**Ecuación 9:**

*Aporte del agua de arena*

$$\text{Aporte del agua arena(kg)} = \text{Peso arena seca} * (\% \text{humedad} - \text{absorción arena})$$

**Ecuación 10:**

*Aporte del agua de piedra*

$$\text{Aporte del agua piedra(kg)} = \text{Peso piedra seca} * (\% \text{humedad} - \text{absorción piedra})$$

**p) Agua final de mezcla.**

**Ecuación 11:**

*Agua final de mezcla*

$$\text{Agua final de mezcla} = \text{Agua} - (\text{Aporte de agua arena} + \text{aporte de agua piedra})$$

**Paso N°8: Elaboración de muestras para ensayo**

De acuerdo a la norma ASTM C 192 o NTP.339.183 (Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio), los especímenes para los ensayos de resistencia a la compresión deben cumplir con las medidas establecidas, en el que se indica que las probetas debes ser coladas y fraguadas en forma vertical tal como se indica en la norma.

Equipos

- ✓ Moldes cilíndricos: Los moldes para el vaceado de especímenes que cumplen con la norma ASTM C 192 / NTP 339.033
- ✓ Varilla de compactación de 5/8” de diámetro.
- ✓ Carretilla buggy.
- ✓ Pala y cuchara metálica para el vaceado.
- ✓ Balanza: con precisión de 0.5 gramos
- ✓ Mezcladora (Trompo para concreto)

Especímenes

- ✓ Especímenes cilíndricos: Estos son de 100 mm de diámetro por 200 mm de altura.

- ✓ Numero de especímenes: se elaboraron tres (3) especímenes por cada ensayo de compresión (7 días, 14 días, 28 días).

### Procedimiento

- ✓ Se preparó los materiales y agregados de acuerdo a las tandas de diseño (cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y CBCA)
- ✓ Los moldes designados para la elaboración de los especímenes de concreto son moldes de PVC de 100 mm x 200 mm, los cuales cumplen con la normativa.
- ✓ Una vez iniciado la elaboración del concreto, se añadió primero el agregado grueso y una parte del agua, seguidamente se añadió el agregado fino y el cemento, finalmente se agregó la ceniza y la totalidad del agua, todo este proceso tomo aproximadamente 8 minutos.
- ✓ Una vez preparado el molde, se colocó en una superficie plana libre de vibraciones para verter el concreto fresco con la cuchara metálica en una tercera parte del molde y se apisonó con 25 golpes con la varilla metálica lisa, seguidamente se golpeó suavemente por los laterales entre 10 a 15 golpes con el martillo de goma de un peso de 600 gramos aproximadamente para liberar el aire atrapado del concreto.
- ✓ Se realizó este proceso de llenado en 3 partes iguales, una vez llenado el molde en su totalidad, se procedió a limpiar el exceso con la varilla metálica o con la ayuda de una plancha metálica para dar un mejor acabado.
- ✓ Una vez terminado la elaboración de los especímenes de concreto, se codificaron con la fecha y porcentaje de la adición de CBCA.

- ✓ Se desmoldó los especímenes a las 24 horas después de haber realizado el vaciado en el laboratorio.
- ✓ Finalmente, los especímenes fueron sumergidos en la poza de curado, de acuerdo a la norma ASTM C 192, hasta la fecha en la que fueron ensayados a compresión.

### **Paso N°9: Ensayo de resistencia a la compresión**

El ensayo se realiza de acuerdo a la norma ASTM C39-18 o NTP 339.034 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas).

#### Equipos

- ✓ Máquina de ensayo (Prensa Hidráulica)

#### Materiales

- ✓ Especímenes de concreto

#### Procedimiento

Para el ensayo de la resistencia a la compresión se siguió el procedimiento de acuerdo a la norma ASTM C39-18, este método de prueba de compresión determina la resistencia a la compresión de especímenes de concreto cilíndrico, el cual se limita a concretos que tiene una densidad mayor a 800 kg/m<sup>3</sup>.

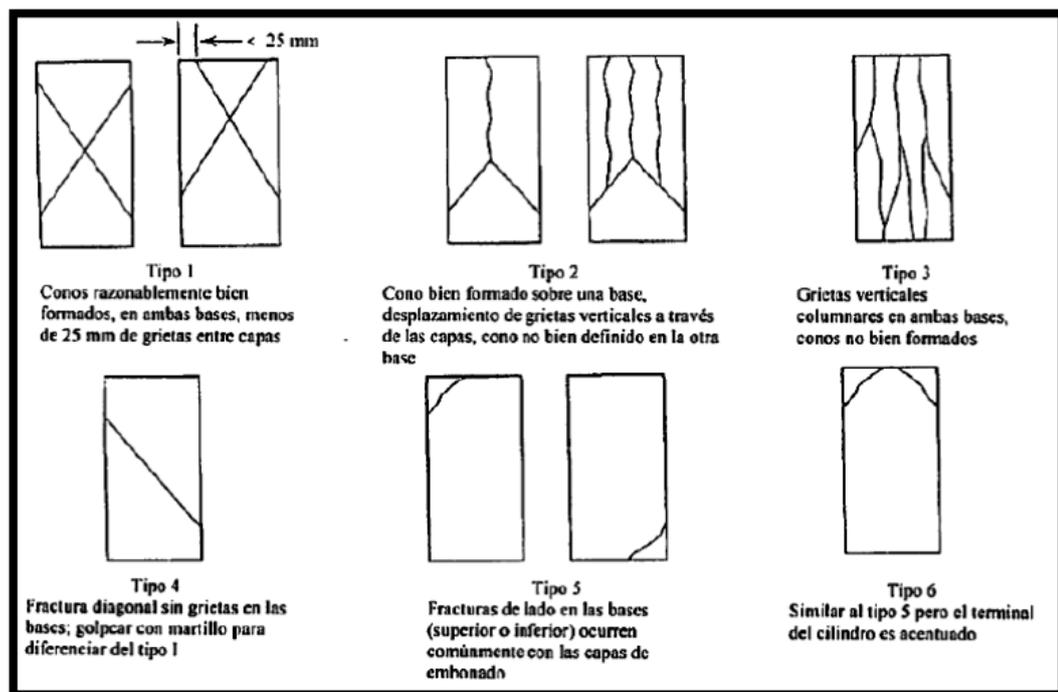
La prueba consiste en aplicar una carga axial de 0.25 +/- 0.05 MPa/s de compresión a una velocidad que se encuentra dentro del rango hasta que ocurra la falla a los especímenes de concreto cilíndricos 100mm por 20mm, los cuales deben ser ensayados en el número

mínimo de 3 unidades por cada ensayo. Esta prueba se realiza una vez que las muestras estén curadas a los días requeridos, seguidamente se limpian y secan para poder medir las dimensiones finales (diámetro superior, diámetro inferior y altura del espécimen) previos al ensayo en la prensa hidráulica.

Finalmente se anotaron los datos del ensayo de compresión, carga última de falla, resistencia alcanzada y tipo de falla de acuerdo a la norma NTP 339.034

**Figura 4:**

*Tipo de falla de espécimen de concreto*



*Nota:* Tipo de falla según norma NTP 339.034

### Cálculo

### **Ecuación 12:**

*Resistencia a la compresión*

$$f'c = \frac{Pmax}{A}$$

Donde:

$f'c$  = Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

$Pmax$  = Carga ultima de falla

$A$  = Area de la sección ensayada.

### Aspectos éticos

En la bibliografía consultada como tesis, libros, artículos de investigación y otros, se recopiló información relevante, los cuales nos brindan datos muy importantes para la presente investigación, ya que la búsqueda de información se hizo en páginas académicas como Cielo, Alicia, Scopus y diferentes repositorios universitarios.

La observación es un método muy importante para la obtención de datos en laboratorio, el cual consiste en registrar toda la información y seleccionar de acuerdo a la relevancia y la interpretación de cada dato obtenido en laboratorio.

Asimismo, se tuvo en consideración las diferentes normas ASTM, NTP y ACI para la realización del diseño de mezcla, se obtiene la muestra de especímenes que se emplea en esta investigación, por el cual la evaluación se realiza a través de los datos obtenidos en el laboratorio, teniendo siempre en cuenta el juicio por experto del asesor.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

Los resultados de la presente tesis de investigación, según su objetivo general: “Determinar las propiedades mecánicas del concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de ceniza de polímero natural al 2%, 4% y 7% (CBCA)”.

Para ello, primeramente, se muestran los resultados que corresponden a los ensayos de granulometría y diseño de mezcla, realizados en el laboratorio de suelos, concreto y pavimento de la Universidad Privada del Norte – sede San Juan de Lurigancho, los cuales se muestran en el anexo N° 3.

#### Análisis granulométrico de los agregados (ASTM C – 136 / NTP 400.012)

##### Agregado Grueso

**Tabla 11**

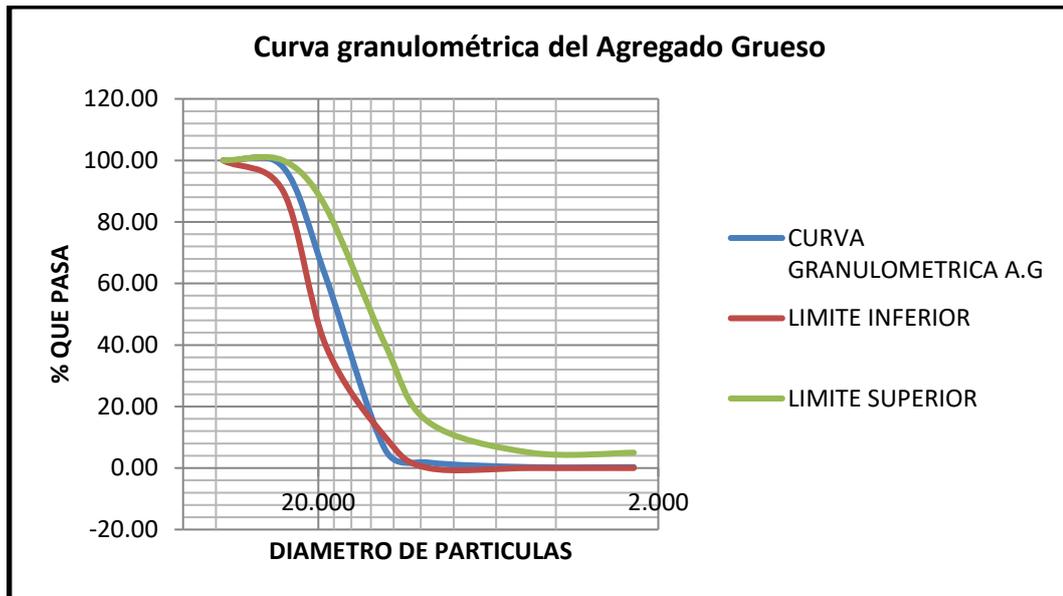
*Análisis granulométrico del agregado grueso*

Malla (N°)	Peso retenido en gramos (b)	% Retenido (c)=(b)/(a)*100	% Retenido Acumulado (d)=Suma(C)	% Pasante Acum 100-(d)
1 1/2"		0.00%	0.00	100.00
1"	117.00	2.20%	2.20	97.80
3/4"	1926.00	35.40%	37.60	62.40
1/2"	3076.00	56.60%	94.10	5.90
3/8"	222.00	4.10%	98.20	1.80
# 4	83.00	1.50%	99.70	0.30
# 8		0.00%	99.70	0.30
# 16				
# 30				
# 50				
# 100				
# 200				
FONDO	14.00			
<b>TOTAL</b>	<b>5438.00</b>			

*Nota:* De acuerdo a la norma ASTM C – 136 / NTP 400.012

**Figura 5:**

*Curva granulométrica del agregado grueso*



*Nota:* De acuerdo a la norma ASTM C – 136 / NTP 400.012

Agregado fino

**Tabla 12**

*Análisis granulométrico del agregado fino*

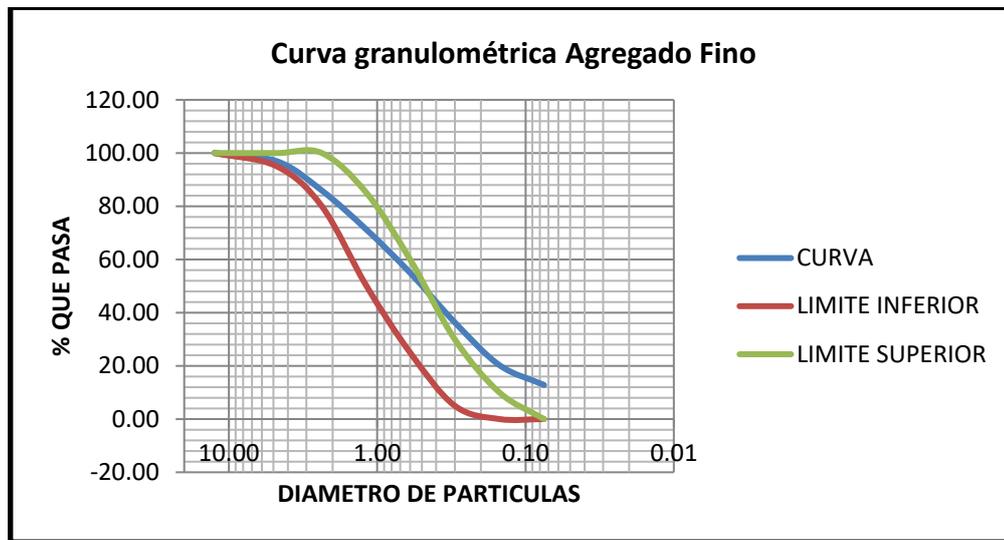
Malla (N°)	Peso retenido en gramos (b)	% Retenido (c)=(b)/(a)*100	% Retenido Acumulado (d)=Suma (c)	% Pasante Acum 100-(d)
3/8				100.00
4	17.10	3.10	3.10	96.93
8	61.40	11.00	15.10	85.90
16	81.90	14.70	28.80	71.19
30	90.20	16.20	45.00	54.99
50	103.70	18.60	63.60	36.37
100	89.60	16.10	79.70	20.28

200	41.60	7.50	87.20	12.81
FONDO	71.30	12.80	100.00	0
Total	<b>556.80</b>	Modulo Fineza	<b>2.35</b>	

Nota: De acuerdo a la norma ASTM C – 136 / NTP 400.012

**Figura 6:**

*Curva granulométrica del agregado fino*



Nota: De acuerdo a la norma ASTM C – 136 / NTP 400.012

En cuanto al concreto en su estado fresco, se realizó el ensayo de asentamiento mediante el cono de Abrams, según la norma ASTM C 143 (Asentamiento del concreto fresco) y se realizó el control de temperatura, lo descrito se puede ver en el siguiente cuadro:

**Tabla 13**

*Asentamiento del concreto fresco*

Descripción	Slump (pulg.)	Temperatura (°C)
Concreto patrón	6.0"	22.4
Concreto + 2% CBCA	6.0"	22.7
Concreto + 4% CBCA	5.75"	23.1

Concreto + 7% CBCA      5.5"      23.6

---

*Nota:* De acuerdo a la norma ASTM C – 136 / NTP 400.012

Según lo indicado en el primer objetivo específico: “Determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón de  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo a la norma ASTM C39-18”; se presentan los resultados de los ensayos a compresión a los 7 días, 14 días y 28 días:

**Tabla 14**

*Resistencia a la compresión del concreto patrón de  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>*

Nº	Descripción	Edad (Días)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Falla
PP-01		07	185.2	3
PP-02	$f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	07	190.3	2
PP-03		07	189.6	3
Promedio 07 días			188.3 kg/cm <sup>2</sup>	
PP-04		14	219.8	2
PP-05	$f'c =210$ kg/cm <sup>2</sup>	14	223.2	3
PP-06		14	228.6	2
Promedio 14 días			223.9 kg/cm <sup>2</sup>	
PP-07		28	238.4	3
PP-08	$f'c =210$ kg/cm <sup>2</sup>	28	235.6	2
PP-09		28	236.2	4
Promedio 28 días			236.7	

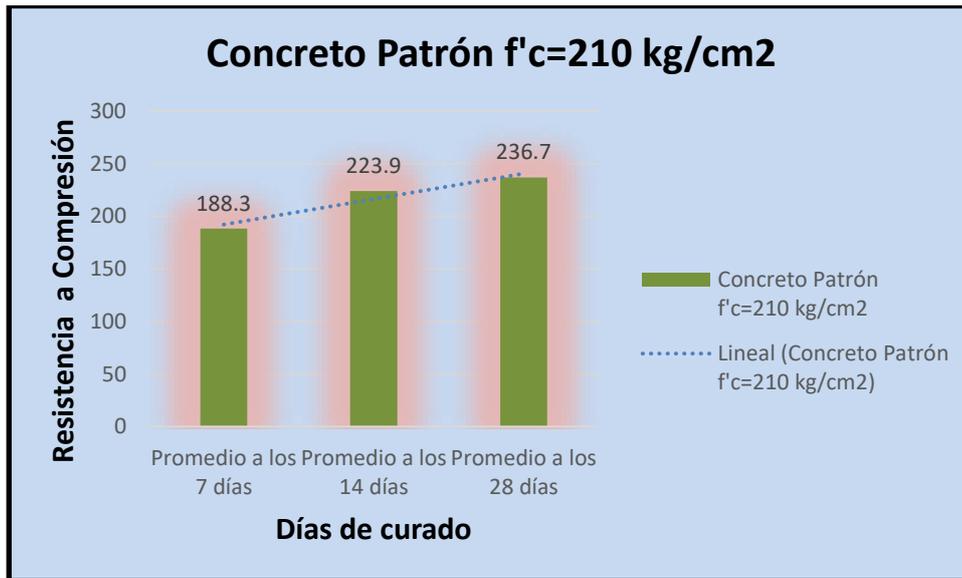
*Nota:* Se visualiza los resultados de acuerdo a la norma ASTM C39-18

De los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón, se pudo observar que a los 7 días de curado desarrolló una resistencia promedio de 188.3 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de curado desarrolló una resistencia de 223.9 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días de curado desarrolló la resistencia requerida de 236.7 kg/cm<sup>2</sup>, predominando el tipo de fractura

o falla 2 y 3 de acuerdo a la norma NTP 339.034/ASTM C 39 (Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas)

**Figura 7:**

*Resistencia a la compresión del concreto patrón*



*Nota:* Se visualiza los resultados de acuerdo a la norma ASTM C39-18

Según lo indicado en el segundo objetivo específico: “Determinar la resistencia a la compresión del concreto con adición del 2% de ceniza de polímero natural (CBCA)”, de acuerdo a la norma ASTM C39-18.

**Tabla 15**

*Resistencia a la compresión del concreto patrón con 2% de CBCA*

N°	Descripción	Edad (Días)	Resistencia (Kg/cm2)	Falla
PA-01		07	193.7	2
PA-02	f'c =210 kg/cm2 + CBCA 2%	07	174.8	3

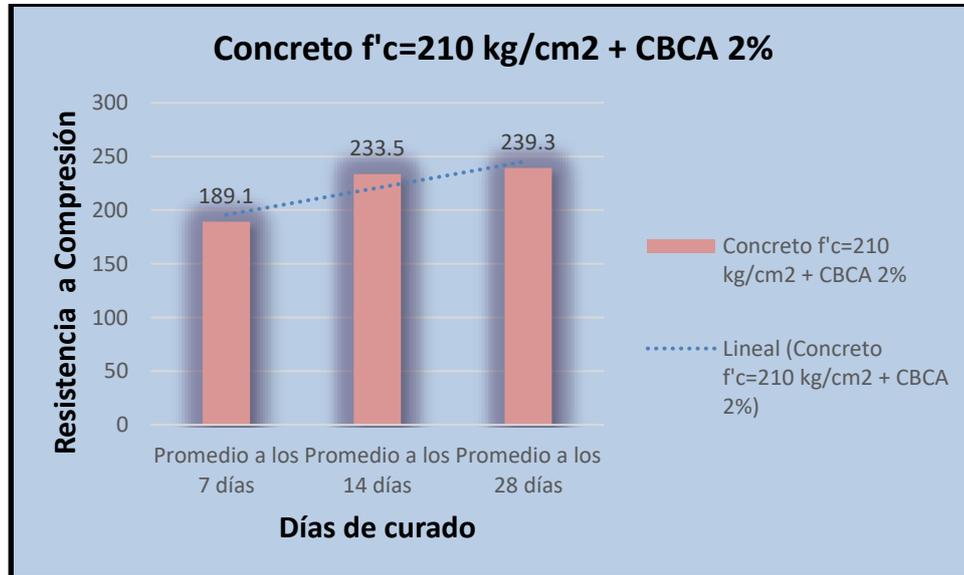
PA-03		07	198.8	2
Promedio 07 días			189.1 kg/cm <sup>2</sup>	
PA-04		14	233.4	2
PA-05	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + \text{CBCA } 2\%$	14	226.9	3
PA-06		14	240.1	3
Promedio 14 días			233.5 kg/cm <sup>2</sup>	
PA-07		28	226.8	3
PA-08	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + \text{CBCA } 2\%$	28	248.7	4
PA-09		28	242.5	4
Promedio 28 días			239.3 kg/cm <sup>2</sup>	

*Nota:* Se visualiza los resultados de acuerdo a la norma ASTM C39-18

Los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto con adición del 2% de CBCA, se pudo observar que a los 7 días de curado desarrolló una resistencia promedio de 189.1 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de curado desarrolló una resistencia de 233.5 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días de curado desarrolló la resistencia requerida de 239.3 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, se pudo observar que a los 14 días de curado desarrolló la resistencia requerida de diseño.

**Figura 8:**

*Resistencia a la compresión del concreto patrón más 2% CBCA*



*Nota:* Se visualiza los resultados de acuerdo a la norma ASTM C39-18

De acuerdo al tercer objetivo específico: “Determinar la resistencia a la compresión del concreto con adición del 4% de ceniza de polímero natural (CBCA)”, de acuerdo a la norma ASTM C39-18.

**Tabla 16**

*Resistencia a la compresión del concreto patrón con 4% de CBCA*

N°	Descripción	Edad (Días)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Falla
PB-01	$f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> + CBCA 4%	07	187.8	2
PB-02		07	191.7	2
PB-03		07	192.2	3
Promedio 07 días			190.6 kg/cm <sup>2</sup>	
PB-04		14	237.8	2

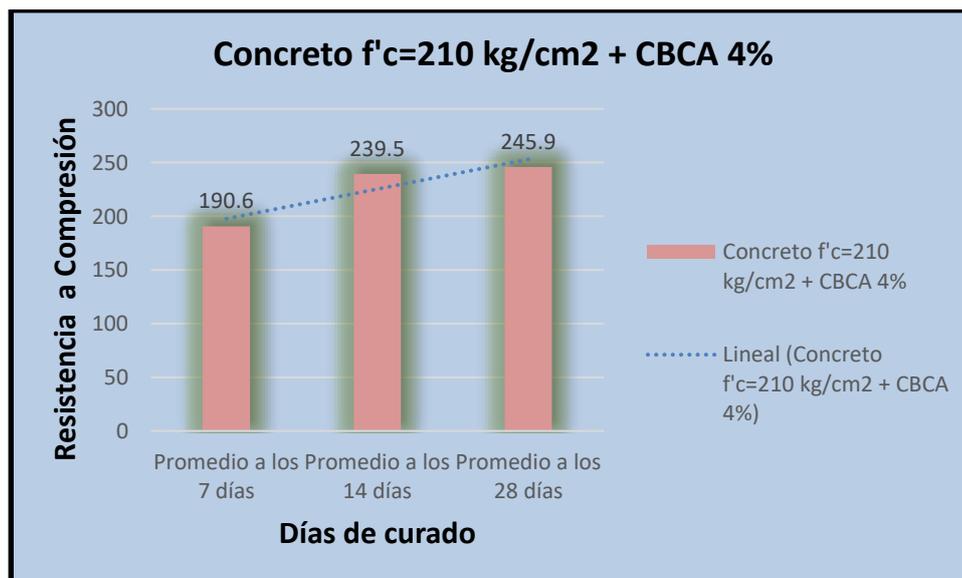
PB-05	f'c =210 kg/cm2 + CBCA 4%	14	239.2	3
PB-06		14	241.5	2
Promedio 14 días			239.5 kg/cm2	
PB-07		28	249.2	4
PB-08	f'c =210 kg/cm2 + CBCA 4%	28	246.9	3
PB-09		28	241.7	4
Promedio 28 días			245.9 kg/cm2	

*Nota:* Se visualiza los resultados de acuerdo a la norma ASTM C39-18

Los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto con adición del 4% de CBCA, se pudo observar que a los 7 días de curado desarrolló una resistencia promedio de 190.6 kg/cm2, a los 14 días de curado desarrolló una resistencia de 239.5 kg/cm2 y a los 28 días de curado desarrolló la resistencia requerida de 245.9 kg/cm2. Asimismo, se pudo observar que a los 14 días de curado desarrolló la resistencia requerida de diseño.

### Figura 9:

*Resistencia a la compresión del concreto patrón más 4% CBCA*



*Nota:* Se visualiza los resultados de acuerdo a la norma ASTM C39-18

Por último, se tienen los resultados del cuarto objetivo específico: “Determinar la resistencia a la compresión del concreto con adición del 7% de ceniza de polímero natural (CBCA)”, de acuerdo a la norma ASTM C39-18.

**Tabla 17**

*Resistencia a la compresión del concreto patrón con 7% de CBCA*

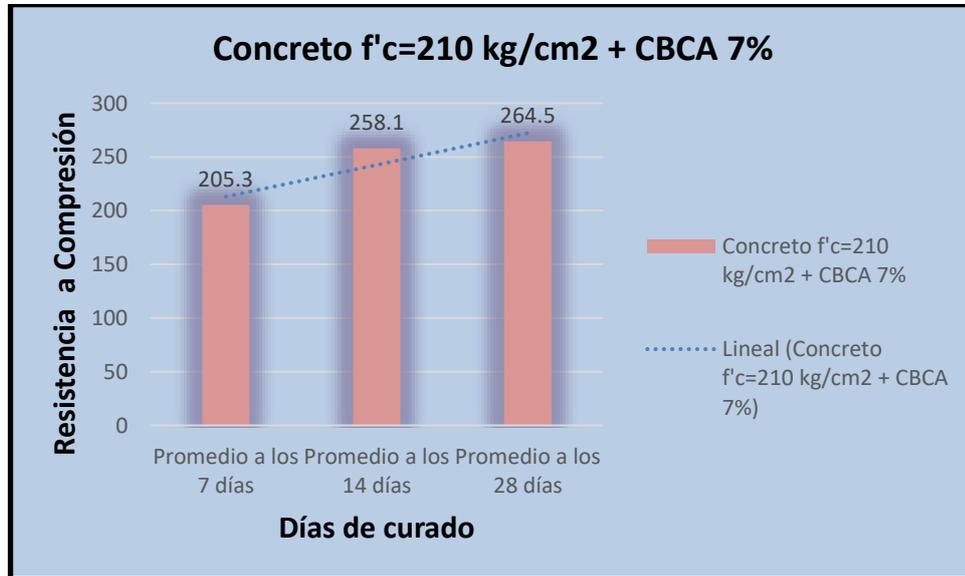
N°	Descripción	Edad (Días)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Falla
PC-01		07	204.5	3
PC-02	$f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> + CBCA 7%	07	208.2	3
PC-03		07	203.1	2
Promedio 07 días			205.3 kg/cm <sup>2</sup>	
PC-04		14	243.2	2
PC-05	$f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> + CBCA 7%	14	264.2	3
PC-06		14	267.1	2
Promedio 14 días			258.1 kg/cm <sup>2</sup>	
PC-07		28	262.3	3
PC-08	$f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> + CBCA 7%	28	266.6	4
PC-09		28	264.7	3
Promedio 28 días			264.5 kg/cm <sup>2</sup>	

*Nota:* Se visualiza los resultados de acuerdo a la norma ASTM C39-18

De los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto con adición del 7% de CBCA, se pudo observar que a los 7 días de curado desarrolló una resistencia promedio de 205.3 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de curado desarrolló una resistencia de 258.1 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días de curado desarrolló la resistencia requerida de 264.5 kg/cm<sup>2</sup>, predominando el tipo de falla 3 y 4. Asimismo, se pudo observar que a los 14 días de curado desarrolló la resistencia requerida de diseño.

**Figura 10:**

*Resistencia a la compresión del concreto patrón más 7% CBCA*



*Nota:* Se visualiza los resultados de acuerdo a la norma ASTM C39-18

A continuación, se presenta el resumen de los resultados de los especímenes ensayados a compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, de lo cual se define el porcentaje de aporte total por la adición de CBCA.

**Tabla 18**

Resumen de resultados del ensayo a compresión

Adición CBCA	Edad (Días)	Resistencia Obtenida (kg/cm2)	Diseño Patrón (kg/cm2)	Aumento de Resistencia	Aporte Total
2%	7	189.1	188.3	0.11%	1.83 %
	14	233.5	223.9	4.29%	
	28	239.3	236.7	1.10%	
4%	7	190.6	188.3	1.22%	4.03%
	14	239.5	223.9	6.97%	
	28	245.9	236.7	3.89%	
7%	7	205.3	188.3	9.03%	12.02%

14	258.1	223.9	15.27%
28	264.5	236.7	11.74%

*Nota:* Se visualiza los resultados de acuerdo a la norma ASTM C39-18

**Figura 11:**

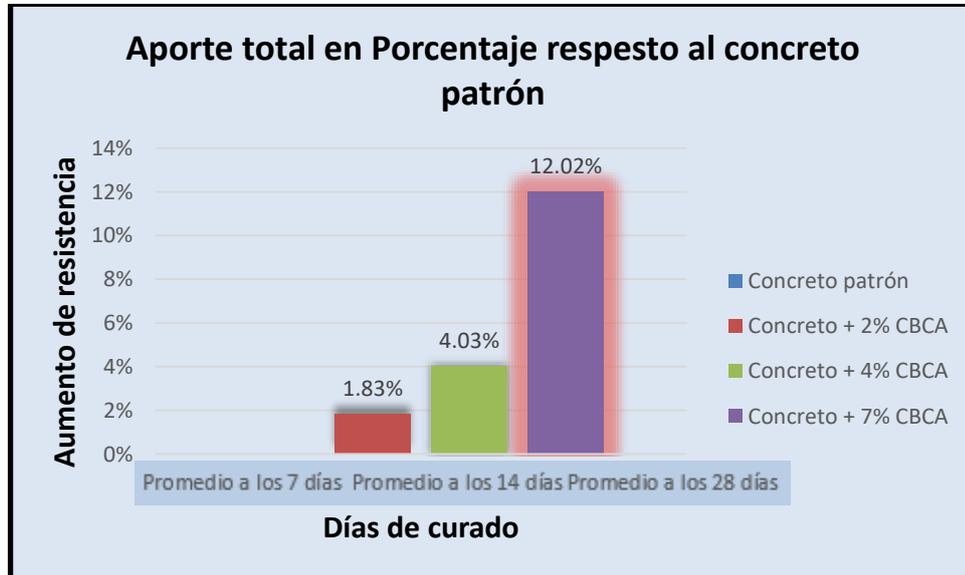
*Resumen de los resultados del ensayo a compresión*



*Nota:* Se visualiza los resultados obtenidos de acuerdo a la norma ASTM C39-18

**Figura 12:**

*Aporte total en porcentaje*



*Nota:* Se visualiza los resultados de acuerdo a la norma ASTM C39-18

**Análisis de varianza.**

Finalmente, para poder afirmar la hipótesis planeada, se realizó el análisis de varianza de un factor por el método estadístico, debido a que la presente investigación tiene un nivel descriptivo, de los cuales se validarán los datos obtenidos en el ensayo a compresión.

Análisis de varianza a los 7 días.

**Tabla 19**

*Análisis de varianza y Anova de un factor de ensayos a los 7 días*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
P	3	565.10	188.37	7.64
2 (%)	3	567.30	189.10	159.87
4 (%)	3	571.70	190.57	5.80
7 (%)	3	615.80	205.27	6.94

Anova de un factor del ensayo a compresión a los 7 días de curado

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Significancia
Entre grupos	577.94	3	192.65	4.27	0.04	0.03
Dentro de los grupos	360.52	8	45.07			
Total	938.46	11				

*Nota:* Se puede apreciar los resultados del análisis de varianza de los ensayos realizados a los 7 días de curado.

Se visualiza el análisis Anova de un factor de los resultados del ensayo de compresión especímenes del concreto a los 7 días de curado, ya que la significancia resulta menor al 5%, podemos aceptar la hipótesis planteada.

Análisis de varianza a los 14 días.

**Tabla 20**

*Análisis de varianza y Anova de un factor de ensayos a los 14 días*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
P	3	671.6	223.87	19.69
2 (%)	3	700.4	233.47	43.56
4 (%)	3	718.5	239.50	3.49
7 (%)	3	774.5	258.17	170.10

Anova de un factor del ensayo a compresión a los 14 días de curado

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Significancia
Entre grupos	1880.99	3	627.00	10.59	0.004	0.04
Dentro de los grupos	473.70	8	59.21			
Total	2354.69	11				

*Nota:* Se puede apreciar los resultados del análisis de varianza de los ensayos realizados a los 14 días de curado.

Se visualiza el análisis Anova de un factor de los resultados del ensayo de compresión especímenes del concreto a los 14 días de curado, ya que la significancia resulta menor al 5%, podemos aceptar la hipótesis planteada.

Análisis de varianza a los 28 días.

**Tabla 21**

*Análisis de varianza y Anova de un factor de ensayos a los 28 días*

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
P	3	710.20	236.73	2.17
2 (%)	3	718.00	239.33	127.42
4 (%)	3	737.80	245.93	14.76
7 (%)	3	793.60	264.53	4.64

Anova de un factor del ensayo a compresión a los 28 días de curado

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Significancia
Entre grupos	1416.60	3.00	472.20	12.68	0.002	0.04
Dentro de los grupos	298.01	8.00	37.25			
Total	1714.61	11.00				

*Nota:* Se puede apreciar los resultados del análisis de varianza de los ensayos realizados a los 28 días de curado.

Se visualiza el análisis Anova de un factor de los resultados del ensayo de compresión especímenes del concreto a los 28 días de curado, ya que la significancia resulta menor al 5%, podemos aceptar la hipótesis planteada.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para el presente trabajo de tesis, se ha presentado las siguientes **limitaciones**:

- ✓ La obtención de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) en la ciudad de Lima, debido a que no se tiene cerca una planta procesadora de caña de azúcar, la ceniza lo he obtenido de la incineración de los residuos de caña obtenidos en el distrito de La Victoria (Mercado de frutas), para lo cual se utilizó un acondicionamiento de ladrillos de arcilla, elaborado manualmente.
- ✓ La obtención del agregado grueso y fino, los cuales han sido obtenidos de la cantera Pampa Azul, el cual se encuentra distante a la capital Lima, ya que se encuentra en el km 40.2 de la Antigua Panamericana Sur (Paradero Explosivo ET – Lurín).
- ✓ Los diseños de mezcla que no sean realizados con los agregados de la cantera Pampa Azul ubicados en el distrito de Lurín - Lima, ya que las características físicas y mecánicas obtenidas en el laboratorio son datos determinantes para realizar el diseño de mezcla.
- ✓ El tiempo de curado, debido a que el análisis de datos de los ensayos de compresión de las probetas en el laboratorio requiere de un tiempo determinado de acuerdo a la norma ASTM C39-18, es por ello que no se realizó ensayos superiores a los 28 días de curado.
- ✓ No se realizaron otros ensayos con respecto a las propiedades mecánicas del concreto, debido a que la presente investigación está centrada en determinar y analizar la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición del 2%, 4% y 7% de CBCA. Asimismo, se debe considerar las limitaciones descritas en esta tesis para futuras investigaciones en cuanto al uso de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

En relación a la **interpretación comparativa con estudios previos citados y referenciados**

en el capítulo de introducción, podemos indicar que:

- ✓ Según la investigación de (Hernández & Rodríguez, 2021), citado en esta investigación en los antecedentes, evaluaron la adición del bagazo de caña de azúcar como material fibra – esfuerzo del concreto; concluyeron que, a medida que se aumenta el porcentaje del bagazo de caña de azúcar, la resistencia tiende a disminuir en el tiempo, obteniendo el resultado más óptimo con una adición del 0.5%, ya que en este porcentaje se muestra una mejora del 7.5% en la resistencia a compresión, finalmente recomiendan que en futuras investigaciones se realicen con ceniza de bagazo de caña de azúcar y cemento portland tipo I.
- ✓ De acuerdo a la investigación de (Araujo, 2019) realizado en la ciudad de Cajamarca, citado y referenciado en la presente investigación, concluye que se obtuvieron resultados favorables con una sustitución del agregado fino con el 10% de CBCA, en el que se mejoró la resistencia en un 7.10% con respecto al concreto patrón. Asimismo, en la presente investigación se tomó en cuenta los resultados obtenidos en el estudio mencionado.
- ✓ Según (Apaza, 2018) realizada en la ciudad de Lima, citado y referenciado en la presente investigación, concluyó que con una sustitución del agregado fino del 15% de CBCA, se obtiene una mejora del 25.09% a los 28 días de curado respecto al concreto patrón.

**Las implicancias,** que presenta el desarrollo de la investigación – Tesis, se detallan a continuación:

- ✓ Entre las implicancias prácticas durante el desarrollo de la presente tesis, es aportar conocimiento a cerca del uso de la CBCA en el concreto, con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas del concreto, en base al uso de un residuo que se desecha al medio ambiente.
- ✓ Asimismo, con respecto a la implicancia teórica, la presente investigación proporciona información que será útil para estudios posteriores y así mejorar el conocimiento sobre la adición de CBCA en el concreto y sus propiedades.
- ✓ La aplicación del análisis estadístico referido al análisis de varianza, contribuye a una implicancia metodológica en el desarrollo del presente trabajo de investigación – tesis.

### **Conclusiones.**

De los resultados obtenidos, tanto de las características físicas y mecánicas del concreto, se puede mencionar que las proporciones del concreto patrón, no sufrió alteraciones de ningún tipo, manteniéndose para la elaboración del concreto con adición de CBCA al 2%, 4% y 7%.

De los resultados obtenidos de las propiedades físicas de los agregados en base a la norma ASTM C 33 / NTP 400.037 de la cantera Pampa Azul utilizados en esta investigación, se obtuvieron resultados dentro de lo permisible, obteniendo para el agregado fino un módulo de fineza de 2.4, peso específico de masa de 2661 kg/m<sup>3</sup>, contenido de humedad de 2.41%, absorción 0.89%. Asimismo, para el agregado grueso se obtuvo un TMN de 1/2'', peso específico de masa de 2682 kg/m<sup>3</sup>, contenido de humedad de 0.29%, contenido de absorción de 0.49% y peso específico seco compactado de 1628 kg/m<sup>3</sup>.

Seguidamente, se presentan las siguientes conclusiones:

- ✓ De acuerdo al primer objetivo específico, de los resultados obtenidos del ensayo a compresión del concreto patrón, se determinó que a los 7 días desarrolló una resistencia promedio de 188.3 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días desarrolló una resistencia de 223.9 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días de curado desarrolló una resistencia requerida de 236.7 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ De acuerdo al segundo objetivo específico, resultados obtenidos del ensayo de compresión del concreto con adición de CBCA al 2%, se pudo observar que la resistencia aumenta de acuerdo a los días de curado con respecto al concreto patrón, a los 7 días de curado desarrolló una resistencia promedio de 189.1 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días desarrolló una resistencia de 233.5 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días desarrolló una resistencia de 239.3 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ También, acuerdo al tercer objetivo específico, con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión del concreto con adición de CBCA al 4%, la resistencia aumenta considerablemente, a los 7 días desarrolló una resistencia promedio de 190.6 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días desarrolló una resistencia de 239.5 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días desarrolló una resistencia de 245.9 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Asimismo, acuerdo al cuarto objetivo específico, de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión de concreto con adición de CBCA al 7%, se obtuvo resultados muy favorables, a los 7 días desarrolló una resistencia promedio de 205.3 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días desarrolló una resistencia de 258.1 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días desarrolló una resistencia de 264.5 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ De la comparación de los resultados obtenidos con la adición de 2%, 4% y 7% de CBCA, se concluye que, con una adición del 2% se tiene un aporte del 1.83%, con una adición del 4% se tiene un aporte del 4.03%, con una adición del 7% se tiene un aporte del

12.02%, obteniendo la máxima resistencia a la compresión con una adición de 7% a los 28 días de curado, todos los resultados referidos a la probeta patrón.

- ✓ Por otra parte, la presente investigación contribuirá los datos y resultados obtenidos en los ensayos de las probetas cilíndricas de concreto  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> de resistencia con adición de CBCA, ya que se quiere dar un valor agregado a un residuo que generalmente no tiene otros usos en la industria.
- ✓ También, durante el proceso de elaboración de los especímenes de concreto, se debe dar un buen acabado en la superficie (enrasado liso), ya que podrían generarse errores al momento de realizar el ensayo a compresión, debido a que el equipo (prensa hidráulica) no pueda tomar uniformemente toda la sección de área del espécimen, generando un dato erróneo o desfasado.
- ✓ Asimismo, para futuras investigaciones del uso de CBCA en el concreto, se recomienda realizar ensayos de compresión mayores a los 28 días de curado.
- ✓ Finalmente, de la tesis planteada se puede concluir que, los especímenes ensayados con adición 2%, 4% y 7% de CBCA, se obtuvo mejores resultados con el 7% de CBCA a los 28 días de curado, afirmando así la hipótesis planteada en esta investigación.

## Referencias

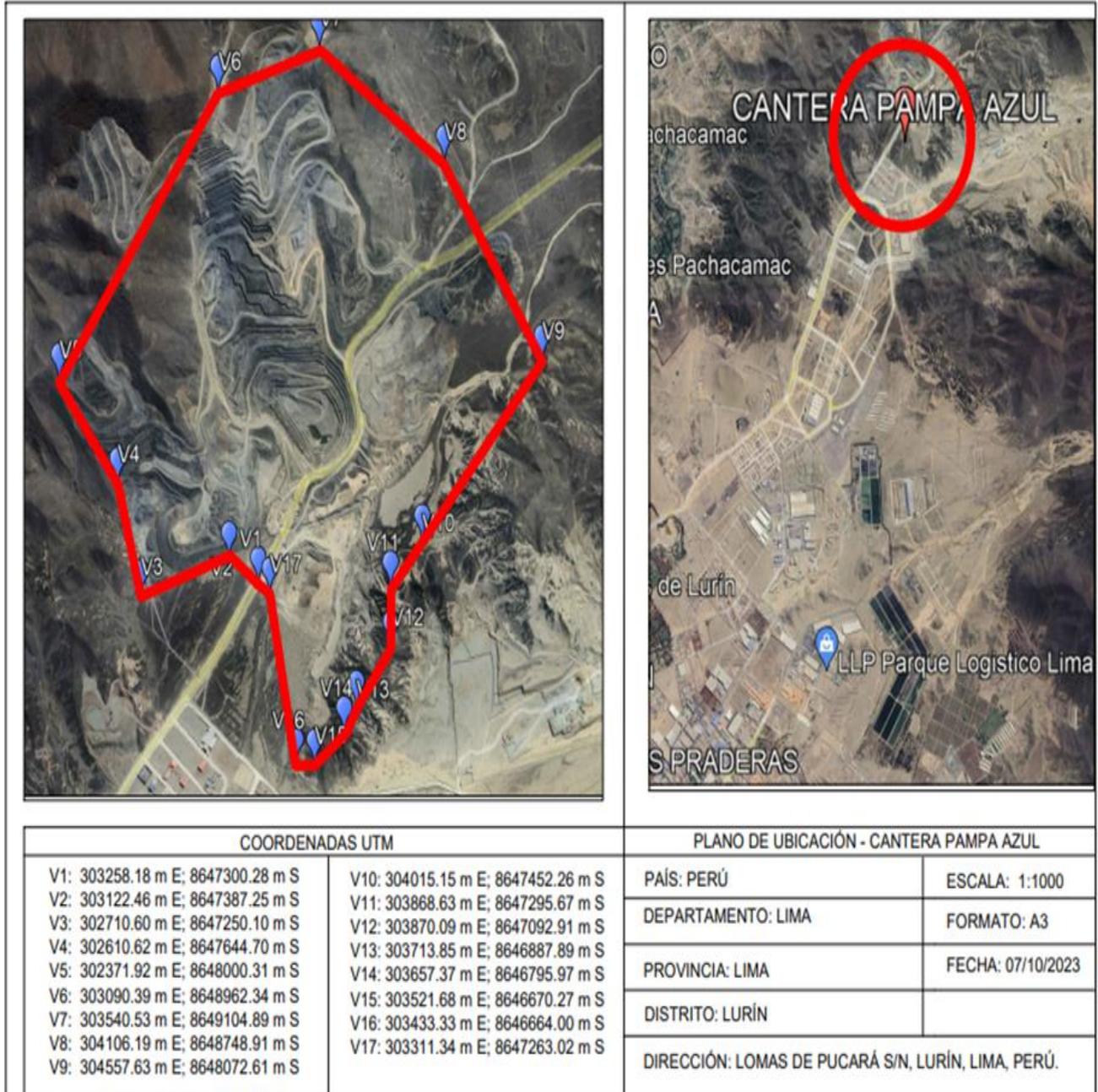
- Abanto, L., & Olivera, Y. N. (2021). *Análisis comparativo del uso de aditivos químicos, orgánicos e inorgánicos para mejorar la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Cajamarca 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/31295>
- ACI 211.1 . (2002). *Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, pesado y masivo*. Estados Unidos: American Concrete Institute.
- Apaza, D. (2018). *Durabilidad del concreto elaborado en base a la ceniza del Bagazo de Caña de Azucar (Cbca) con cemento Portland, ante agentes agresivos [Tesis de Grado]*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2157>
- Araujo, J. P. (2019). *Resistencia a la compresión del concreto, adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar, en reemplazo del agregado fino [Tesis de grado]*. Cajamarca: repositorio institucional UPN. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/21768>
- ASTM C 136. (2014). *Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso*. Estados Unidos.
- ASTM C 150. (2013). *Especificación Normalizada para Cemento Portland*. Estados Unidos.
- ASTM C 192. (2003). *Práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo de concreto en el laboratorio*. Estados Unidos.
- ASTM C 33. (2003). *Especificación Normalizada de Agregados para Concreto*. Estados Unidos.
- Chávez, C. (2017). *Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración del concreto hidráulico [Tesis de Grado]*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1048>

- Espinoza, L., & Zuniga, Z. (2022). *Influencia de las condiciones de activacion sobre la resistencia a la compresión, microestructura y productos de reacción de cementos de ceniza de bagazo de caña de azúcar*. Nicaragua: Nexo, Revista Científica. Obtenido de <https://doi.org/10.5377/nexo.v35i02.14624>
- Galarza, C. R. (2020). Los alcances de una investigación. *Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7746475>
- González, E. (2016). *Mezcla del concreto hidráulico con ceniza de bagazo de caña como sustituto del cemento: Evaluación de las propiedades físico – mecánicas y la durabilidad*[Tesis de Licenciatura]. Repositorio Institucional de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Obtenido de [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/7564](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/7564)
- 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 de Grado]. Piura: Universidad de Piura. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/4609>
- Hernández, A. F., & Rodríguez, Á. M. (2021). *Evaluación de los efectos de la incorporación del bagazo de caña de azúcar sobre las propiedades físico-mecánicas del concreto hidráulico*[Tesis de Pregrado]. Colombia: Universidad de Cartagena. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.57799/11227/7616>
- Jaimes, D., García, J., & Rondón, J. (2020). *Importancia del concreto en el campo de la construcción. Universidad Francisco De Paula Santandé (Revista de Formación Estratégica)*. Obtenido de <https://formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/18/14>
- NTP 339.034. (2008). *Metodo de Ensayo Normalizado para La Determinacion de La Resistencia A La Compresion Del Concreto en Muestras Cilindricas*. Perú.
- NTP 339.034. (2008). *Método de ensayo normalizado para la determinacion de la resistencia a la compresion del concreto en muestras cilindricas*. Perú.
- NTP 400.012. (2001). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Perú.

- Pillco, J. (2022). *Orientaciones para la selección y el cálculo del tamaño de la muestra en investigación*. Lima, Perú: Repocitorio.consitec.gob.pe.
- Souza, E. (2023). De los residuos agrícolas a las estructuras sostenibles: "*Alternativas al hormigón fabricadas con caña de azúcar*" [From Agro-Waste to Sustainable Structures: Concrete Alternatives Made from Sugarcane]. *Residuos agrícolas*. Obtenido de <https://www.archdaily.pe/pe/1001508/ISSN 0719-8914>
- Trezza, M., & Crozes, A. (2012). *Cenizas de carbón sedimentadas: su efecto puzolánico en clinker portland*. Facultad de Ingeniería, UNCPBA. av. del Valle 5737 (7400) Olavarría. Buenos Aires, Argentina: Revista Materia.
- UNACEM. (2023). *Ficha técnica del Cemento Sol Tipo I, Cemento Portland de uso general*. Perú: [www.unacem.pe](http://www.unacem.pe).

**Anexos**

**Anexo N° 1. Plano de ubicación de la cantera de agregados (cantera Pampa Azul.)**



## Anexo N° 2. Panel fotográfico

**Fotografía N° 1:** Selección de muestra para ensayo de granulometría del agregado fino.



**Fotografía N° 2:** Selección de tamices para ensayo de granulometría del agregado fino.



**Fotografía N° 3:** Horno a temperatura constante de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Fotografía N° 4:** Agregado fino en lavado de malla N° 200.



**Fotografía N° 5:** Pesos retenidos en los tamices de agregado fino.



**Fotografía N° 6:** Selección del agregado grueso por el método de cuarteo.



**Fotografía N° 7:** Pesos retenidos en los tamices de agregado grueso.



**Fotografía N° 8:** Cálculo del peso unitario suelto del agregado fino y agregado grueso.



**Fotografía N° 9:** Ensayo de muestra saturada superficialmente seca y fiola de vidrio para ensayo de peso específico de agregado fino.



**Fotografía N° 10:** Muestra del agregado grueso saturado en agua para el ensayo de absorción y balanza hidrostática.



**Fotografía N° 11:** Recolección y secado del bagazo de caña de azúcar en el distrito de La Victoria.



**Fotografía N° 12:** Calcinación del bagazo de caña de azúcar una vez secado.



**Fotografía N° 13:** Muestra obtenida de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) mediante el proceso de incineración, para realizar los ensayos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte – Sede San Juan de Lurigancho.



**Fotografía N° 14:** Peso de los agregados de acuerdo a las tandas de diseño y ceniza de bagazo de caña de azúcar CBCA.



**Fotografía N° 15:** Elaboración de especímenes de 100 x 200 mm de acuerdo al método ACI

211.1



**Fotografía N° 16:** Desmolde de especímenes de concreto y colocación de especímenes en la poza de curado.



**Fotografía N° 17:** Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes de concreto en el laboratorio, de acuerdo a la norma ASTM C 39-18 / NTP 339.034



**Anexo N° 3.** Ensayos de laboratorio para el Análisis Granulométrico del agregado fino.

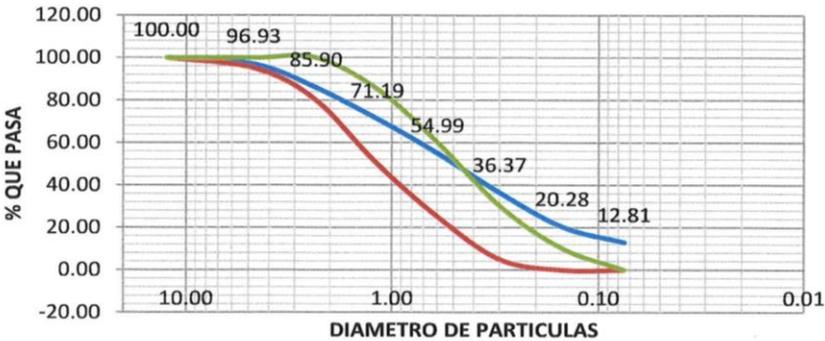
		LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO					
		ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS PARA CONCRETO				
		NORMA	ASTM C 136 - NTP 400.012				
Tesis	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023						
Bachiller	YHON FARFAN SALAS					FECHA	20/09/2023
Asesor	ING. TULLIO EDGAR GUILLÉN SHEEN						
Cantera	PAMPA AZUL (LURÍN, LIMA)						
<b>GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO</b>						<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>	
MALLA		Peso retenido en gramos (b)	% Retenido (c)=(b)/(a)*100	% Retenido Acumulado (d)=Suma ©	% Pasante Acum 100- (d)	Especificaciones (Huso) ASTM C-33	
N°	mm					lim inf	lim sup
3/8	12.50				100.00	100.00	100.00
4	4.75	17.10	3.10	3.10	96.93	95.00	100.00
8	2.36	61.40	11.00	15.10	85.90	80.00	100.00
16	1.18	81.90	14.70	28.80	71.19	50.00	85.00
30	0.60	90.20	16.20	45.00	54.99	25.00	60.00
50	0.30	103.70	18.60	63.60	36.37	5.00	30.00
100	0.15	89.60	16.10	79.70	20.28	0.00	10.00
200	0.08	41.60	7.50	87.20	12.81	0.00	0.00
FONDO		71.30	12.80	100.00	0		
Total		<b>556.80</b>					
TAMAÑO MAXIMO		N° 3/8	Modulo Fineza	2.35			

Modulo de Fineza		2.4
(D) : Peso de Tara (gr)		0.00
(B) : Peso de muestra Húmeda (gr)		570.2
(C) Peso de muestra seca (gr)		556.8
% HUMEDAD (((B-D)-(C-D))/(C-D))*100		2.41%
(E) : Peso de muestra seca (gr)		556.8
(F) : Peso de muestra despues de lavado seca (gr)		491.9
% Pasante malla # 200 [(E-F)/E]*100		11.7%

### Curva granulométrica Agregado Fino

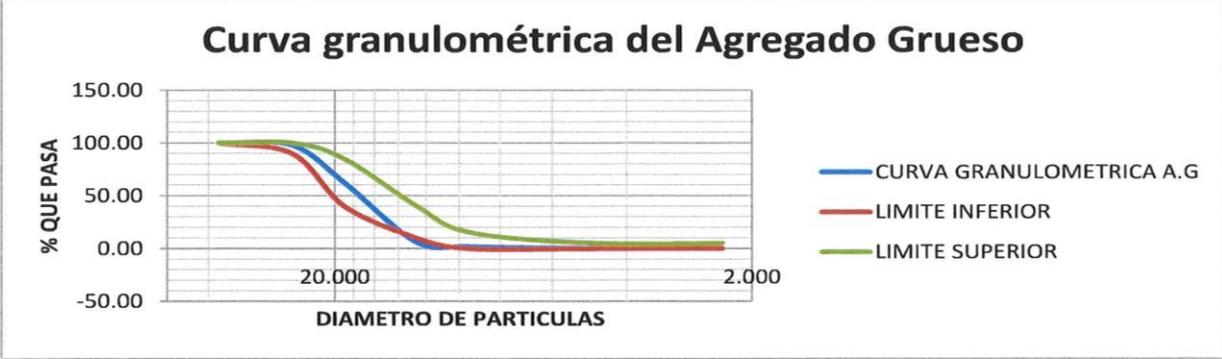


— CURVA  
— LIMITE INFERIOR  
— LIMITE SUPERIOR

Observaciones:

FIRMA:		FIRMA:	
NOMBRE:	Yhon Farfan Salas	NOMBRE:	William Oblitas H.
FECHA:	02-11-2023	FECHA:	02-11-2023

**Anexo N° 4. Ensayos de laboratorio para el Análisis Granulométrico del agregado grueso**

		LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO				
		ENSAYO	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO			
		NORMA	ASTM C 136 - NTP 400.012			
Tesis	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023					
Bachiller	YHON FARFAN SALAS					
Asesor	ING. TULLIO EDGAR GUILLÉN SHEEN					
Cantera	PAMPA AZUL (LURÍN, LIMA)					
<b>GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO</b>						
MALLA	Peso retenido en gramos (b)	% Retenido $(c)=(b)/(a)*100$	% Retenido Acumulado $(d)=\text{Suma}(C)$	% Pasante Acum 100- (d)	Especificaciones (Huso) ASTM C-33	
					lim inf	lim sup
N°	mm					
1 1/2"	38.100	0.00%	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.400	117.00	2.20%	2.20	97.80	90.00
3/4"	19.050	1926.00	35.40%	37.60	62.40	40.00
1/2"	12.700	3076.00	56.60%	94.10	5.90	10.00
3/8"	9.500	222.00	4.10%	98.20	1.80	0.00
# 4	4.750	83.00	1.50%	99.70	0.30	0.00
# 8	2.360		0.00%	99.70	0.30	0.00
# 16	1.180					
# 30	0.600					
# 50	0.300					
# 100	0.150					
# 200	0.075					
FONDO	14.00	MODULO FINEZA	7.35			
TOTAL	5438.00					
<b>GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO</b>						
FECHA		20/09/2023				
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>						
Modulo de Fineza		7.4				
(D) : Peso de Tara (gr)		0.00				
(B) : Peso de muestra Húmeda (gr)		5454				
(C) Peso de muestra seca (gr)		5438				
% HUMEDAD $\frac{((B-D)-(C-D))}{(C-D)}*100$		0.29%				
(E) : Peso de muestra seca (gr)		5438				
(F) : Peso de muestra despues de lavado seca (gr)		5410				
% Pasante malla # 200 $\frac{((E-F))}{E}*100$		0.5%				
TAMAÑO MAXIMO		N° 1/2"				
Huso		56				
 <p><b>Curva granulométrica del Agregado Grueso</b></p> <p>% QUE PASA vs DIAMETRO DE PARTICULAS</p> <p>— CURVA GRANULOMETRICA A.G        — LIMITE INFERIOR        — LIMITE SUPERIOR</p>						
Observaciones:						
ELABORADO POR			COORDINADOR DE LABORATORIO UPN			
FIRMA:			FIRMA:			
						
NOMBRE:			NOMBRE:			
Yhon Farfan Salas			William Oblitas H.			
FECHA:			FECHA:			
02-11-2023			02-11-2023			

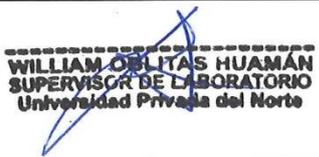
Anexo N° 5. Ensayos de laboratorio para el Peso Específico y Absorción del agregado fino.

		LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO														
		ENSAYO	DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO													
		NORMA	ASTM C 128													
Tesis	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023															
Bachiller	YHON FARFAN SALAS															
Asesor	ING. TULIO EDGAR GUILLÉN SHEEN															
Descripción	Arena gruesa - Cantera Pampa Azul		FECHA	16/09/2023												
Item	Datos (g)	A	B													
1	(S) : Peso de la muestra saturada con superficie seca	502	502													
2	(B) : Peso del agua + fiola	649.9	649.9													
3	(C) : Peso del agua + fiola + muestra sss	964.9	964.9													
4	(A) : Peso de la muestra sec al horno $105 \text{ }^\circ\text{C}$	498	497.1													
5	(D) : Peso del agua = $[A-S-(\text{Peso de la fiola})]$	315	315													
Item	Resultados	A	B	Promedio												
1	Peso específico de masa (g/cm <sup>3</sup> )	2.445	2.658	2.66												
2	Peso específico de masa sss (g/cm <sup>3</sup> )	2.684	2.684	2.68												
3	Peso específico aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.721	2.73	2.72												
4	Porcentaje de absorción %	0.8	0.99	0.89												
<p>Peso específico de masa = <math>A / (S-D)</math></p> <p>Peso específico de masa SSS = <math>S / (B+S-C)</math></p> <p>Peso específico aparente = <math>A / [(S-D)-(S-A)]</math></p> <p>Absorción = <math>[(S-A)/A]*100</math></p>																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Peso específico de CBCA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(P) Peso de la muestra, en gramos</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>(Q) Peso de fiola + agua, en gramos</td> <td>665.36</td> </tr> <tr> <td>(R) Peso de fiola+agua+muestra, en gramos</td> <td>724.56</td> </tr> <tr> <td>Volumen desplazado (cm<sup>3</sup>) = <math>[(P)+(Q)]-(R)</math></td> <td>45.8</td> </tr> <tr> <td>(V) Peso específico de CBCA (g/cm<sup>3</sup>) = <math>(P)/(V)</math></td> <td>2.29</td> </tr> </tbody> </table>					Peso específico de CBCA		(P) Peso de la muestra, en gramos	105	(Q) Peso de fiola + agua, en gramos	665.36	(R) Peso de fiola+agua+muestra, en gramos	724.56	Volumen desplazado (cm <sup>3</sup> ) = $[(P)+(Q)]-(R)$	45.8	(V) Peso específico de CBCA (g/cm <sup>3</sup> ) = $(P)/(V)$	2.29
Peso específico de CBCA																
(P) Peso de la muestra, en gramos	105															
(Q) Peso de fiola + agua, en gramos	665.36															
(R) Peso de fiola+agua+muestra, en gramos	724.56															
Volumen desplazado (cm <sup>3</sup> ) = $[(P)+(Q)]-(R)$	45.8															
(V) Peso específico de CBCA (g/cm <sup>3</sup> ) = $(P)/(V)$	2.29															
Observaciones:																
FIRMA:		FIRMA:														
																
NOMBRE:	Yhon Farfan Salas	NOMBRE:	William Oblitos H.													
FECHA:	02-11-2023	FECHA:	02-11-2023													

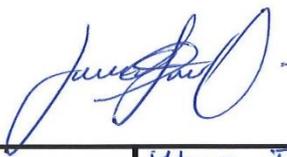
Anexo N° 6. Ensayos de laboratorio del Peso Específico y Absorción del agregado grueso

	LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO			
	ENSAYO	DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO		
	NORMA	ASTM C 127		
Tesis	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023			
Bachiller	YHON FARFAN SALAS			
Asesor	ING. TULLIO EDGAR GUILLÉN SHEEN			
Descripción	Piedra chancada - Cantera Pampa Azul			FECHA: 16/09/2023
Item	Datos (g)	A	B	
1	(S) : Peso de la muestra saturada con superficie seca	3097	3097	
2	(B) : Peso de la canastilla dentro del agua	861	861	
3	(C) : Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso canasilla	2809	2809	
4	(A) : Peso de la muestra sec al horno 105 °C	3082	3082	
5	(D) : Peso de la muestra saturada dentro del agua	1948	1948	
Item	Resultados	A	B	Promedio
A	Peso específico de masa (g/cm <sup>3</sup> )	2.68	2.68	2.68
B	Peso específico de masa sss (g/cm <sup>3</sup> )	2.69	2.69	2.69
C	Peso específico aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.71	2.71	2.71
D	Porcentaje de absorción %	0.49	0.49	0.49
<p> <math>\text{Peso específico de masa} = A / (S-D)</math>  <math>\text{Peso específico de masa SSS} = S / (B+S-C)</math>  <math>\text{Peso específico aparente} = A / [(S-D)-(S-A)]</math>  <math>\text{Absorción} = [(S-A)/A] * 100</math> </p>				
Observaciones:				
FIRMA:		FIRMA:		
		 <b>WILLIAM OBLITAS HUAMÁN</b> SUPERVISOR DE LABORATORIO Universidad Privada del Norte		
NOMBRE:	Yhon Farfan Salas	NOMBRE:	William Oblitas Huaman	
FECHA:	02-11-2023	FECHA:	02-11-2023	

**Anexo N° 7.** Ensayos de laboratorio para calcular el Peso Unitario del agregado grueso.

		LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO			
		ENSAYO	METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO DE AGREGADOS		
		NORMA	ASTM C 29		
Tesis	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023				
Bachiller	YHON FARFAN SALAS				
Asesor	ING. TULIO EDGAR GUILLÉN SHEEN				
Descripción	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA 1/2 (Cantera Pampa Azul)		FECHA	20/09/2023	
A - PESO UNITARIO SUETO					
1. Peso de la muestra suelta +recipiente (kg)		13.937		13.925	
2. Peso del recipiente (kg)		3.512		3.512	
3. Peso del agregado (kg)		10.425		10.413	
4. Constante o Volumen (m3)		0.00699		0.00699	
5. Peso unitario sueto húmedo (kg/m3)		1492		1490	
6. Peso unitario suelto seco (promdio)				1485	
B - PESO UNITARIO COMPACTADO					
1. Peso de la muestra suelta +recipiente (kg)		14.931		14.943	
2. Peso del recipiente (kg)		3.512		3.512	
3. Peso del agregado (kg)		11.419		11.431	
4. Constante o Volumen (m3)		0.00699		0.00699	
5. Peso unitario sueto húmedo (kg/m3)		1634		1636	
6. Peso unitario suelto seco (promdio)				1628	
C - CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE EN AGREGADOS MEDIANTE SECADO (ASTM C 566)					
1. Peso de la muestra húmeda (g)		436.4		436.4	
2. Peso de la muestra seca (g)		435.1		435.1	
3. Peso del recipiente (g)		0		0	
4. Contenido de humedad (%)		0.29		0.29	
5. Contenido de humedad Promedio (%)				0.29	
Observaciones:					
FIRMA:		FIRMA:			
					
NOMBRE:	Yhon Farfan Salas	NOMBRE:	William Oblitas H.		
FECHA:	02-11-2023	FECHA:	02-11-2023		

**Anexo N° 8.** Ensayos de laboratorio para calcular el Peso Unitario del agregado fino

		LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO			
		ENSAYO	METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO DE AGREGADOS		
		NORMA	ASTM C 29		
Tesis	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'c=210$ KG/CM <sup>2</sup> CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023				
Bachiller	YHON FARFAN SALAS				
Asesor	ING. TULLIO EDGAR GUILLÉN SHEEN				
Descripción	ARENA GRUESA (Cantera Pampa Azul)		FECHA	20/09/2023	
A - PESO UNITARIO SUETO					
1. Peso de la muestra suelta +recipiente (kg)		13.396		13.394	
2. Peso del recipiente (kg)		3.512		3.512	
3. Peso del agregado (kg)		9.884		9.882	
4. Constante o Volumen (m <sup>3</sup> )		0.00699		0.00699	
5. Peso unitario sueto húmedo (kg/m <sup>3</sup> )		1414		1414	
6. Peso unitario suelto seco (promdio)				1381	
B - PESO UNITARIO COMPACTADO					
1. Peso de la muestra suelta +recipiente (kg)		15.578		15.61	
2. Peso del recipiente (kg)		3.512		3.512	
3. Peso del agregado (kg)		12.066		12.098	
4. Constante o Volumen (m <sup>3</sup> )		0.00699		0.00699	
5. Peso unitario sueto húmedo (kg/m <sup>3</sup> )		1727		1731	
6. Peso unitario suelto seco (promdio)				1689	
C - CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE EN AGREGADOS MEDIANTE SECADO (ASTM C 566)					
1. Peso de la muestra húmeda (g)		449.4		449.4	
2. Peso de la muestra seca (g)		438.8		438.8	
3. Peso del recipiente (g)		0		0	
4. Contenido de humedad (%)		2.41		2.41	
5. Contenido de humedad Promedio (%)				2.41	
Observaciones:					
FIRMA:		FIRMA:			
					
NOMBRE:	Yhon Farfan Salas	NOMBRE:	William Oblitas H.		
FECHA:	02-11-2023	FECHA:	02-11-2023		

Anexo N° 9. Diseño de mezcla para concreto patrón de acuerdo al método ACI 211.1

UPN		LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO						
UPN		DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ ACI 211.1						
Tesis:	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023							
Bachiller:	Yhon Farfan Salas							
Asesor:	Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen							
Fecha	29/09/2023							
DISEÑO PATRÓN								
Código de Diseño	PP	Resistencia Nominal $\text{kg/cm}^2$	Cemento Tipo		Huso	CBCA	Slump Vaciado (Pulg)	N° Diseño Prueba
		210	SOL	I	67	-	3-4	1
I.- DATOS DEL AGREGADO GRUESO			Cantera:	PAMPA AZUL				
01.- Tamaño máximo nominal		1/2"	pulg.					
02.- Peso unitario suelto seco		1485	$\text{kg/m}^3$					
03.- Peso unitario compactado seco		1628	$\text{kg/m}^3$					
04.- Peso específico de masa seco		2682	$\text{kg/m}^3$					
05.- Contenido de humedad		0.29	%					
06.- Contenido de absorción		0.49	%					
II.- DATOS DEL AGREGADO FINO			Cantera:	PAMPA AZUL				
01.- Peso unitario suelto seco		1381	$\text{kg/m}^3$					
02.- Peso unitario compactado seco		1689	$\text{kg/m}^3$					
04.- Peso específico de masa seco		2661	$\text{kg/m}^3$					
05.- Contenido de humedad		2.41	%					
05.- Contenido de absorción		0.89	%					
06.- Módulo de fineza		2.35						
III.- ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO								
01.- Resistencia especificada	$f_c$	210	$\text{kg/cm}^2$					
02.- Resistencia requerida	$f_{cr}$	294	$\text{kg/cm}^2$					
03.- Contenido de aire atrapado		2	%					
04.- Relación agua cemento		0.620	R a/c					
05.- Asentamiento		>5	Pulg.					
06.- Volumen unitario de agua		221	$\text{L/m}^3$					
07.- Volumen del agregado grueso		0.600	$\text{m}^3$					
08.- Peso específico del cemento		3130	$\text{kg/cm}^3$					
IV.- CALCULOS DE VOLUMENES ABSOLUTOS.				V.- CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y APORTE DE AGUA.				
a) Cemento	356	$\text{kg/m}^3$	0.114	$\text{m}^3$	d) Agregado fino	766	-11.36	$\text{l/m}^3$
b) Agua	221	$\text{l/m}^3$	0.221	$\text{m}^3$	e) Agregado grueso	980	1.95	$\text{l/m}^3$
c) Aire	2	%	0.02	$\text{m}^3$			-9.41	$\text{l/m}^3$
d) Agregado fino	747.5	$\text{kg/m}^3$	0.281	$\text{m}^3$				
e) Agregado grueso	976.8	$\text{kg/m}^3$	0.364	$\text{m}^3$				
	2303.8		1.000	$\text{m}^3$				
VI.- RESULTADOS FINAL DE DISEÑO (Húmedo).			VII.- TANDAS DE ENSAYO			VIII.- RELACIONES		
a) Cemento	356	$\text{kg/m}^3$	0.0220	7.842	kg	1.0000	F/Cemento	8.4 Bolsas
b) Agua	212	$\text{l/m}^3$		4.655	lt		R a/c	0.620 Diseño
c) Agregado fino	766	$\text{kg/m}^3$		16.841	kg		R a/c	0.594 Obra
d) Agregado grueso	980	$\text{kg/m}^3$		21.552	kg		Agregado fino	44 %
	2313.2	$\text{kg/m}^3$		50.890	kg		Agregado grueso	56 %
VIII.- DOSIFICACIÓN (Material con humedad natural)								
Tipo	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua				
En peso (1 bolsa de Cemento):	1.00	2.15	2.75	25.2				
En volumen (bolsa de 1 pie3):	1.00	2.33	2.78	25.2				
ELABORADO POR:					COORDINADOR DE LABORATORIO UPN			
Firma:					Firma:			
Nombre:	Yhon Farfan Salas				Nombre:	WILLIAM OBITAS HUAMÁN		
Fecha:	29-11-2023				Fecha:	SUPERVISOR DE LABORATORIO		
						Universidad Privada del Norte		

**Anexo N° 10.** Diseño de mezcla para concreto, método ACI 211.1, diseño con el 2% de CBCA.

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO								
		DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ ACI 211.1								
<b>Tesis:</b>	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023									
<b>Bachiller:</b>	Yhon Farfan Salas									
<b>Asesor:</b>	Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen									
<b>Fecha</b>	29/09/2023									
DISEÑO CON ADICIÓN DE 2% DE CBCA										
Codigo de Diseño	A&A	Resistencia Nominal $\text{kg/cm}^2$	Cemento Tipo		Huso	CBCA	Slump Vaciado (Pulg)	N° Diseño Prueba		
		210	SOL	I	67	2%	3-4	2		
I.- DATOS DEL AGREGADO GRUESO		Cantera:	PAMPA AZUL				II.- DATOS DEL AGREGADO FINO		Cantera:	PAMPA AZUL
01.- Tamaño máximo nominal		1/2"	pulg.					01.- Peso unitario suelto seco	1381	$\text{kg/m}^3$
02.- Peso unitario suelto seco		1485	$\text{kg/m}^3$					02.- Peso unitario compactado seco	1689	$\text{kg/m}^3$
03.- Peso unitario compactado seco		1628	$\text{kg/m}^3$					04.- Peso específico de masa seco	2661	$\text{kg/m}^3$
04.- Peso específico de masa seco		2682	$\text{kg/m}^3$					05.- Contenido de humedad	2.41	%
05.- Contenido de humedad		0.29	%					05.- Contenido de absorción	0.89	%
06.- Contenido de absorción		0.49	%					06.- Módulo de fineza	2.35	
III.- ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO										
01.- Resistencia especificada	$f'c$	210	$\text{kg/cm}^2$							
02.- Resistencia requerida	$f'cr$	294	$\text{kg/cm}^2$							
03.- Contenido de aire atrapado		2	%							
04.- Relación agua cemento		0.620	R a/c							
05.- Asentamiento		>5	Pulg.							
06.- Volumen unitario de agua		221	$\text{lit/m}^3$							
07.- Volumen del agregado grueso		0.600	$\text{m}^3$							
08.- Peso específico del cemento		3130	$\text{kg/cm}^3$							
09.- Aditivo ceniza de caña de azúcar		2	%							
10.- Peso específico de ceniza de caña de azúcar		2.30	$\text{gr/cm}^3$							
IV.- CALCULOS DE VOLUMENES ABSOLUTOS.					V.- CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y APORTE DE AGUA.					
a) Cemento	356	$\text{kg/m}^3$	0.114	$\text{m}^3$	d) Agregado fino	766	-11.36	$\text{lit/m}^3$		
b) Agua	221	$\text{lit/m}^3$	0.221	$\text{m}^3$	e) Agregado grueso	980	1.95	$\text{lit/m}^3$		
c) Aire	2	%	0.02	$\text{m}^3$			-9.41	$\text{lit/m}^3$		
d) Agregado fino	747.5	$\text{kg/m}^3$	0.281	$\text{m}^3$						
e) Agregado grueso	976.8	$\text{kg/m}^3$	0.364	$\text{m}^3$						
	2303.8		1.000	$\text{m}^3$						
VI.- RESULTADOS FINAL DE DISEÑO (Húmedo).				VII.- TANDAS DE ENSAYO				VII.- RELACIONES		
a) Cemento	356	$\text{kg/m}^3$	0.0220	7.842	kg	1.0000	356.45	kg	F/Cemento	8.4 Bolsas
b) Agua	212	$\text{lit/m}^3$	4.814	lit			212.00	lit	R a/c	0.620 Diseño
c) Agregado fino	766	$\text{kg/m}^3$	16.841	kg			765.52	kg	R a/c	0.595 Obra
d) Agregado grueso	980	$\text{kg/m}^3$	21.552	kg			979.63	kg	Agregado fino	44 %
	2313.61	$\text{kg/m}^3$	51.049	kg			2313.61	kg	Agregado grueso	56 %
e) ceniza de caña de azúcar	3.10	$\text{kg/m}^3$	0.068	kg					ceniza caña de azúcar	3.10 $\text{kg/m}^3$
VIII.- DOSIFICACIÓN (Material con humedad natural)										
Tipo	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua	CBCA					
En peso (1 bolsa de Cemento):	1.00	91.27	116.80	25.3	0.37					
En volumen (bolsa de 1 pie3):	1.00	2.33	2.78	25.3	0.37					
ELABORADO POR:					COORDINADOR DE LABORATORIO UPN					
Firma:					Firma:					
										
Nombre: Yhon Farfan Salas					Nombre: WILLIAM OBLITAS HUAMÁN					
Fecha: 02-10-2023					SUPERVISOR DE LABORATORIO					
					Universidad Privada del Norte					

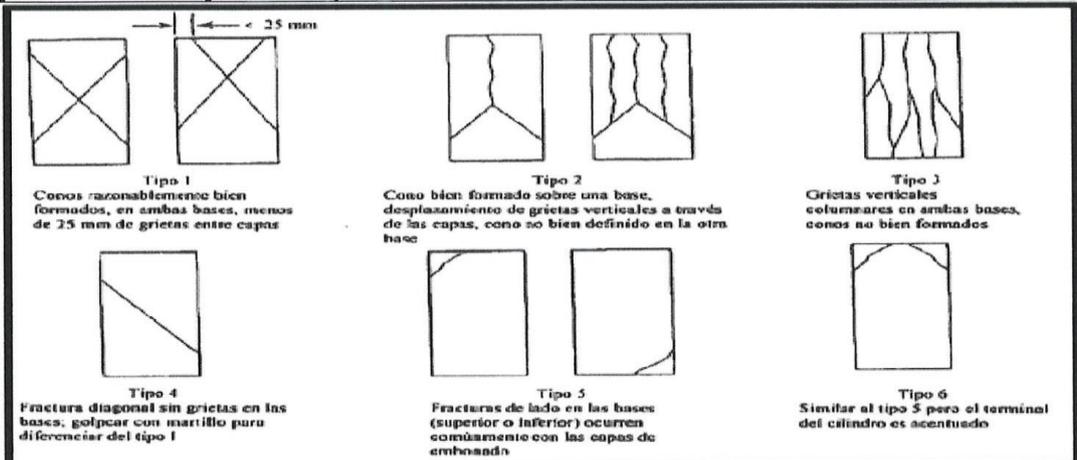
**Anexo N° 11.** Diseño de mezcla para concreto, método ACI 211.1, diseño con el 4% de CBCA.

UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO									
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ ACI 211.1											
<b>Tesis:</b>	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023										
<b>Bachiller:</b>	Yhon Farfan Salas										
<b>Asesor:</b>	Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen										
<b>Fecha</b>	29/09/2023										
DISEÑO CON ADICIÓN DE 4% DE CBCA											
Código de Diseño	A&A	Resistencia Nominal $\text{kg/cm}^2$	Cemento Tipo		Huso	CBCA	Slump Vaciado (Pulg)	N° Diseño Prueba			
		210	SOL	I	67	4%	3-4	3			
I.- DATOS DEL AGREGADO GRUESO			Cantera: PAMPA AZUL		II.- DATOS DEL AGREGADO FINO			Cantera: PAMPA AZUL			
01.- Tamaño máximo nominal	1/2"	pulg.	01.- Peso unitario suelto seco			1381	$\text{kg/m}^3$	02.- Peso unitario compactado seco			
02.- Peso unitario suelto seco	1485	$\text{kg/m}^3$	02.- Peso unitario compactado seco			1689	$\text{kg/m}^3$	04.- Peso específico de masa seco			
03.- Peso unitario compactado seco	1628	$\text{kg/m}^3$	04.- Peso específico de masa seco			2661	$\text{kg/m}^3$	05.- Contenido de humedad			
04.- Peso específico de masa seco	2682	$\text{kg/m}^3$	05.- Contenido de humedad			2.41	%	05.- Contenido de absorción			
05.- Contenido de humedad	0.29	%	06.- Módulo de fineza			2.35		06.- Contenido de absorción			
06.- Contenido de absorción	0.49	%									
III.- ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO											
01.- Resistencia especificada	$f'c$	210 $\text{kg/cm}^2$									
02.- Resistencia requerida	$f'cr$	294 $\text{kg/cm}^2$									
03.- Contenido de aire atrapado		2 %									
04.- Relación agua cemento		0.620 R a/c									
05.- Asentamiento		>5 Pulg.									
06.- Volumen unitario de agua		221 $\text{L/m}^3$									
07.- Volumen del agregado grueso		0.600 $\text{m}^3$									
08.- Peso específico del cemento		3130 $\text{kg/cm}^3$									
09.- Aditivo ceniza de caña de azucar		4 %									
10.- Peso específico de ceniza de caña de azucar		2.30 $\text{gr/cm}^3$									
IV.- CALCULOS DE VOLUMENES ABSOLUTOS.				V.- CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y APORTE DE AGUA.							
a) Cemento	356 $\text{kg/m}^3$	0.114 $\text{m}^3$			d) Agregado fino	766	-11.36 $\text{L/m}^3$				
b) Agua	221 $\text{L/m}^3$	0.221 $\text{m}^3$			e) Agregado grueso	980	1.95 $\text{L/m}^3$				
c) Aire	2 %	0.02 $\text{m}^3$					-9.41 $\text{L/m}^3$				
d) Agregado fino	747.5 $\text{kg/m}^3$	0.281 $\text{m}^3$									
e) Agregado grueso	976.8 $\text{kg/m}^3$	0.364 $\text{m}^3$									
	2303.8	1.000 $\text{m}^3$									
VI.- RESULTADOS FINAL DE DISEÑO (Húmedo).				VII.- TANDAS DE ENSAYO				VII.- RELACIONES			
a) Cemento	356 $\text{kg/m}^3$	7.842 kg	0.0220	1.0000	F/Cemento	8.4 Bolsas					
b) Agua	212 $\text{L/m}^3$	4.814 lt	7.842 kg	356.45 kg	R a/c	0.620 Diseño					
c) Agregado fino	766 $\text{kg/m}^3$	16.841 kg	4.814 lt	212.00 lt	R a/c	0.595 Obra					
d) Agregado grueso	980 $\text{kg/m}^3$	21.552 kg	16.841 kg	765.52 kg	Agregado fino	44 %					
	2313.61 $\text{kg/m}^3$	51.049 kg	21.552 kg	979.63 kg	Agregado grueso	56 %					
e) ceniza de caña de azucar	6.20 $\text{kg/m}^3$	0.136 kg	51.049 kg	2313.61 kg	ceniza caña de azucar	6.20 $\text{kg/m}^3$					
VIII.- DOSIFICACIÓN (Material con humedad natural)											
Tipo		Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua	CBCA					
En peso (1 bolsa de Cemento):		1.00	91.27	116.80	25.3	0.74					
					0.74						
En volumen (bolsa de 1 pie3):		1.00	2.33	2.78	25.3						
ELABORADO POR:						COORDINADOR DE LABORATORIO UPN					
Firma:						Firma:					
											
Nombre: Yhon Farfan Salas						Nombre: WILLIAM OBLITAS HUAMÁN					
Fecha: 02-11-2023						SUPERVISOR DE LABORATORIO					
						Universidad Privada del Norte					

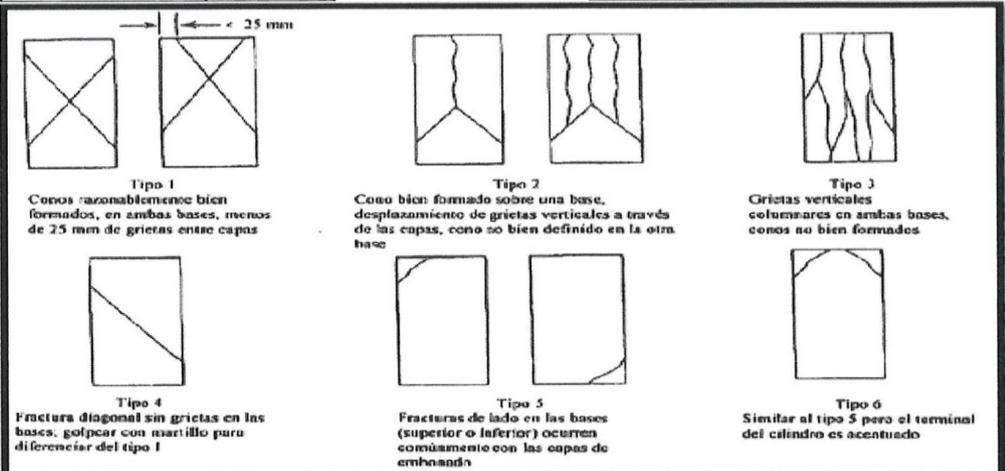
**Anexo N° 12.** Diseño de mezcla para concreto, método ACI 211.1, diseño con el 7% de CBCA.

		LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO							
		DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ ACI 211.1							
<b>Tesis:</b>	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023								
<b>Bachiller:</b>	Yhon Farfan Salas								
<b>Asesor:</b>	Ing. Tulio Edgar Guillén Sheen								
<b>Fecha</b>	29/09/2023								
<b>DISEÑO CON ADICIÓN DE 7% DE CBCA</b>									
Codigo de Diseño	A&A	Resistencia Nominal $\text{kg/cm}^2$		Cemento Tipo		Huso	CBCA	Slump Vaciado (Pulg)	N° Diseño Prueba
		210		SOL	I	67	7%	3-4	4
<b>I.- DATOS DEL AGREGADO GRUESO</b>				Cantera:	<b>PAMPA AZUL</b>				
01.- Tamaño máximo nominal		1/2"	pulg.						
02.- Peso unitario suelto seco		1485	$\text{kg/m}^3$						
03.- Peso unitario compactado seco		1628	$\text{kg/m}^3$						
04.- Peso específico de masa seco		2682	$\text{kg/m}^3$						
05.- Contenido de humedad		0.29	%						
06.- Contenido de absorción		0.49	%						
<b>II.- DATOS DEL AGREGADO FINO</b>				Cantera:	<b>PAMPA AZUL</b>				
01.- Peso unitario suelto seco		1381	$\text{kg/m}^3$						
02.- Peso unitario compactado seco		1689	$\text{kg/m}^3$						
04.- Peso específico de masa seco		2661	$\text{kg/m}^3$						
05.- Contenido de humedad		2.41	%						
05.- Contenido de absorción		0.89	%						
06.- Módulo de fineza		2.35							
<b>III.- ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO</b>									
01.- Resistencia especificada	$f'c$	210	$\text{kg/cm}^2$						
02.- Resistencia requerida	$f'cr$	294	$\text{kg/cm}^2$						
03.- Contenido de aire atrapado		2	%						
04.- Relación agua cemento		0.620	R/a/c						
05.- Asentamiento		6	Pulg.						
06.- Volumen unitario de agua		221	$\text{L/m}^3$						
07.- Volumen del agregado grueso		0.600	$\text{m}^3$						
08.- Peso específico del cemento		3130	$\text{kg/cm}^3$						
09.- Aditivo ceniza de caña de azúcar		7	%						
10.- Peso específico de ceniza de caña de azúcar		2.30	$\text{gr/cm}^3$						
<b>IV.- CALCULOS DE VOLUMENES ABSOLUTOS.</b>				<b>V.- CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y APORTE DE AGUA.</b>					
a) Cemento	356	$\text{kg/m}^3$	0.114	$\text{m}^3$	d) Agregado fino	766	-11.36	$\text{lt/m}^3$	
b) Agua	221	$\text{lt/m}^3$	0.221	$\text{m}^3$	e) Agregado grueso	980	1.95	$\text{lt/m}^3$	
c) Aire	2	%	0.02	$\text{m}^3$			-9.41	$\text{lt/m}^3$	
d) Agregado fino	747.5	$\text{kg/m}^3$	0.281	$\text{m}^3$					
e) Agregado grueso	976.8	$\text{kg/m}^3$	0.364	$\text{m}^3$					
	2303.8		1.000	$\text{m}^3$					
<b>VI.- RESULTADOS FINAL DE DISEÑO (Húmedo).</b>				<b>VII.- TANDAS DE ENSAYO</b>		<b>VII.- RELACIONES</b>			
			0.0220	1.0000					
a) Cemento	356	$\text{kg/m}^3$	7.842	kg	356.45	kg	F/Cemento	8.4 Bolsas	
b) Agua	212	$\text{lt/m}^3$	4.814	lt	212.00	lt	R/a/c	0.620 Diseño	
c) Agregado fino	766	$\text{kg/m}^3$	16.841	kg	765.52	kg	R/a/c	0.595 Obra	
d) Agregado grueso	980	$\text{kg/m}^3$	21.552	kg	979.63	kg	Agregado fino	44 %	
	2313.61	$\text{kg/m}^3$	51.049	kg	2313.61	kg	Agregado grueso	56 %	
e) ceniza de caña de azúcar	10.85	$\text{kg/m}^3$	0.239	kg			ceniza caña de azúcar	10.85 $\text{kg/m}^3$	
<b>VIII.- DOSIFICACIÓN (Material con humedad natural)</b>									
Tipo	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua	CBCA				
En peso (1 bolsa de Cemento):	1.00	91.27	116.80	25.3	1.29				
En volumen (bolsa de 1 pie <sup>3</sup> ):	1.00	2.33	2.78	25.3					
ELABORADO POR:					COORDINADOR DE LABORATORIO UPN				
Firma:					Firma:				
 Yhon Farfan Salas					 <b>WILLIAM OBLITAS HUAMAN</b> SUPERVISOR DE LABORATORIO Universidad Privada del Norte				
Nombre:					Nombre:				
Fecha:					Fecha:				

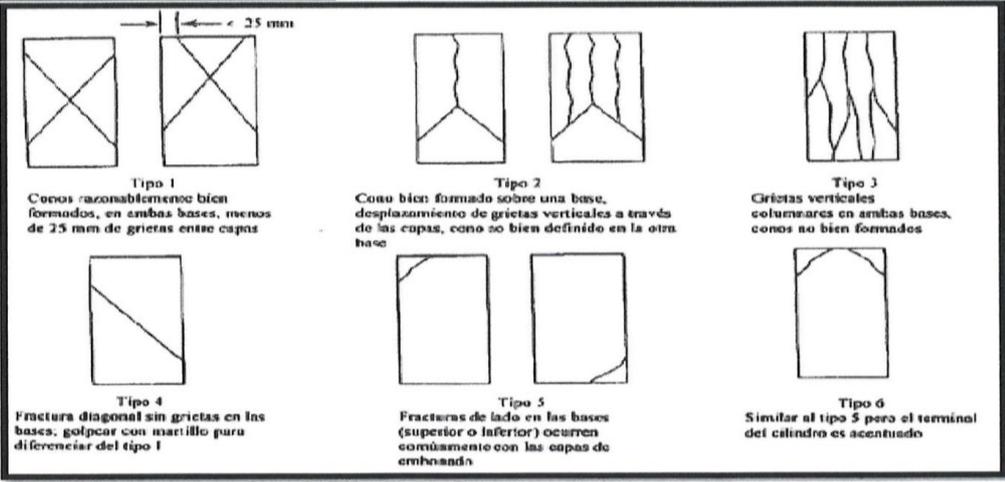
**Anexo N° 13.** Ensayo de resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de curado.

	<b>LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO</b>																																																												
	ENSAYO	<b>MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS</b>																																																											
	NORMA	ASTM C 39-18 - NTP 339.034																																																											
Tesis	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'_C=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023																																																												
Bachiller	YHON FARFAN SALAS																																																												
Asesor	ING. TULIO EDGAR GUILLÉN SHEEN																																																												
Edad de ensayo	ENSAYO A LOS 7 DÍAS DE CURADO		FECHA	7/10/2023																																																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Espécimen</th> <th>Fuerza de falla (kgf)</th> <th><math>f'_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Tipo de falla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Concreto Patrón</td> <td>PP</td> <td>14543.8</td> <td>185.2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>PP</td> <td>14944.3</td> <td>190.3</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>PP</td> <td>14889.3</td> <td>189.6</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Concreto + 2% CBCA</td> <td>P2</td> <td>15211.3</td> <td>193.7</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>13727.0</td> <td>174.8</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>15611.8</td> <td>198.8</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Concreto + 4% CBCA</td> <td>P4</td> <td>14747.9</td> <td>187.8</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>15054.2</td> <td>191.7</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>15093.5</td> <td>192.2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Concreto + 7% CBCA</td> <td>P7</td> <td>16059.4</td> <td>204.5</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>P7</td> <td>16349.9</td> <td>208.2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>P7</td> <td>15949.4</td> <td>203.1</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>						Espécimen	Fuerza de falla (kgf)	$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla	Concreto Patrón	PP	14543.8	185.2	3	PP	14944.3	190.3	2	PP	14889.3	189.6	3	Concreto + 2% CBCA	P2	15211.3	193.7	2	P2	13727.0	174.8	3	P2	15611.8	198.8	2	Concreto + 4% CBCA	P4	14747.9	187.8	2	P4	15054.2	191.7	2	P4	15093.5	192.2	3	Concreto + 7% CBCA	P7	16059.4	204.5	3	P7	16349.9	208.2	3	P7	15949.4	203.1	2
	Espécimen	Fuerza de falla (kgf)	$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla																																																									
Concreto Patrón	PP	14543.8	185.2	3																																																									
	PP	14944.3	190.3	2																																																									
	PP	14889.3	189.6	3																																																									
Concreto + 2% CBCA	P2	15211.3	193.7	2																																																									
	P2	13727.0	174.8	3																																																									
	P2	15611.8	198.8	2																																																									
Concreto + 4% CBCA	P4	14747.9	187.8	2																																																									
	P4	15054.2	191.7	2																																																									
	P4	15093.5	192.2	3																																																									
Concreto + 7% CBCA	P7	16059.4	204.5	3																																																									
	P7	16349.9	208.2	3																																																									
	P7	15949.4	203.1	2																																																									
																																																													
Observaciones:																																																													
FIRMA:		FIRMA:																																																											
																																																													
NOMBRE:		NOMBRE:																																																											
Yhon Farfan Salas		WILLIAM OBLITAS HUAMÁN SUPERVISOR DE LABORATORIO Universidad Privada del Norte																																																											
FECHA:		FECHA:																																																											
02-11-2023		02-11-2023																																																											

**Anexo N° 14.** Ensayo de resistencia a la compresión del concreto a los 14 días de curado.

	<b>LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO</b>																																																												
	ENSAYO	<b>MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS</b>																																																											
	NORMA	ASTM C 39-18 - NTP 339.034																																																											
Tesis	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023																																																												
Bachiller	YHON FARFAN SALAS																																																												
Asesor	ING. TULIO EDGAR GUILLÉN SHEEN																																																												
Edad de ensayo	<b>ENSAYO A LOS 14 DÍAS DE CURADO</b>		FECHA	14/10/2023																																																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Espécimen</th> <th>Fuerza de falla (kgf)</th> <th><math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Tipo de falla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Concreto Patrón</td> <td>PP</td> <td>17260.9</td> <td>219.8</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>PP</td> <td>17527.9</td> <td>223.2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>PP</td> <td>17952.0</td> <td>228.6</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Concreto + 2% CBCA</td> <td>P2</td> <td>18328.9</td> <td>233.4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>17818.5</td> <td>226.9</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>18855.1</td> <td>240.1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Concreto + 4% CBCA</td> <td>P4</td> <td>18674.4</td> <td>237.8</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>18784.4</td> <td>239.2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>18965.0</td> <td>241.5</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Concreto + 7% CBCA</td> <td>P7</td> <td>19098.5</td> <td>243.2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>P7</td> <td>20747.6</td> <td>264.2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>P7</td> <td>20975.4</td> <td>267.1</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>						Espécimen	Fuerza de falla (kgf)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla	Concreto Patrón	PP	17260.9	219.8	2	PP	17527.9	223.2	3	PP	17952.0	228.6	2	Concreto + 2% CBCA	P2	18328.9	233.4	2	P2	17818.5	226.9	3	P2	18855.1	240.1	3	Concreto + 4% CBCA	P4	18674.4	237.8	2	P4	18784.4	239.2	3	P4	18965.0	241.5	2	Concreto + 7% CBCA	P7	19098.5	243.2	2	P7	20747.6	264.2	3	P7	20975.4	267.1	2
	Espécimen	Fuerza de falla (kgf)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla																																																									
Concreto Patrón	PP	17260.9	219.8	2																																																									
	PP	17527.9	223.2	3																																																									
	PP	17952.0	228.6	2																																																									
Concreto + 2% CBCA	P2	18328.9	233.4	2																																																									
	P2	17818.5	226.9	3																																																									
	P2	18855.1	240.1	3																																																									
Concreto + 4% CBCA	P4	18674.4	237.8	2																																																									
	P4	18784.4	239.2	3																																																									
	P4	18965.0	241.5	2																																																									
Concreto + 7% CBCA	P7	19098.5	243.2	2																																																									
	P7	20747.6	264.2	3																																																									
	P7	20975.4	267.1	2																																																									
																																																													
Observaciones:																																																													
FIRMA:		FIRMA:																																																											
		 <b>WILLIAM OBLITAS HUAMAN</b> <b>SUPERVISOR DE LABORATORIO</b> <b>Universidad Privada del Norte</b>																																																											
NOMBRE:	Yhon Farfan Salas	NOMBRE:	William Oblitas H.																																																										
FECHA:	02-11-2023	FECHA:	02-11-2023																																																										

Anexo N° 15. Ensayo de resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de curado.

		LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SEDE SAN JUAN DE LURIGANCHO																																																												
ENSAYO		MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS																																																												
NORMA		ASTM C 39-18 - NTP 339.034																																																												
Tesis	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$ CON ADICIÓN DE CENIZA DE POLÍMERO NATURAL (CBCA) AL 2%, 4% Y 7%, LIMA 2023																																																													
Bachiller	YHON FARFAN SALAS																																																													
Asesor	ING. TULIO EDGAR GUILLÉN SHEEN																																																													
Edad de ensayo	ENSAYO A LOS 28 DÍAS DE CURADO		FECHA	28/10/2023																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Espécimen</th> <th>Fuerza de falla (kgf)</th> <th><math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</th> <th>Tipo de falla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Concreto Patrón</td> <td>PP</td> <td>18721.6</td> <td>238.4</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>PP</td> <td>18501.7</td> <td>235.6</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>PP</td> <td>18548.8</td> <td>236.2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Concreto + 2% CBCA</td> <td>P2</td> <td>17810.6</td> <td>226.8</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>19530.4</td> <td>248.7</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>19043.5</td> <td>242.5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Concreto + 4% CBCA</td> <td>P4</td> <td>19569.7</td> <td>249.2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>19389.1</td> <td>246.9</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>18980.7</td> <td>241.7</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Concreto + 7% CBCA</td> <td>P7</td> <td>20598.4</td> <td>262.3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>P7</td> <td>20936.1</td> <td>266.6</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>P7</td> <td>20786.9</td> <td>264.7</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>							Espécimen	Fuerza de falla (kgf)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla	Concreto Patrón	PP	18721.6	238.4	3	PP	18501.7	235.6	2	PP	18548.8	236.2	4	Concreto + 2% CBCA	P2	17810.6	226.8	3	P2	19530.4	248.7	4	P2	19043.5	242.5	4	Concreto + 4% CBCA	P4	19569.7	249.2	4	P4	19389.1	246.9	3	P4	18980.7	241.7	4	Concreto + 7% CBCA	P7	20598.4	262.3	3	P7	20936.1	266.6	4	P7	20786.9	264.7	3
	Espécimen	Fuerza de falla (kgf)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla																																																										
Concreto Patrón	PP	18721.6	238.4	3																																																										
	PP	18501.7	235.6	2																																																										
	PP	18548.8	236.2	4																																																										
Concreto + 2% CBCA	P2	17810.6	226.8	3																																																										
	P2	19530.4	248.7	4																																																										
	P2	19043.5	242.5	4																																																										
Concreto + 4% CBCA	P4	19569.7	249.2	4																																																										
	P4	19389.1	246.9	3																																																										
	P4	18980.7	241.7	4																																																										
Concreto + 7% CBCA	P7	20598.4	262.3	3																																																										
	P7	20936.1	266.6	4																																																										
	P7	20786.9	264.7	3																																																										
																																																														
Observaciones:																																																														
FIRMA:			FIRMA:																																																											
																																																														
NOMBRE:			NOMBRE:																																																											
Yhon Farfan Salas			William Oblitas H.																																																											
FECHA:			FECHA:																																																											
02-11-2023			02-11-2023																																																											

**Anexo N° 16. Ficha técnica del cemento.**



**FICHA TÉCNICA  
CEMENTO  
SOL**

**DESCRIPCIÓN:**

Tipo I, Cemento Portland de uso general.

**BENEFICIOS:**

- > Acelerado desarrollo de resistencias iniciales.
- > Óptima trabajabilidad.
- > Permite menor tiempo de desencofrado.
- > Excelente desarrollo de resistencias en shotcrete.
- > Excelente permanencia del slump.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**

- > Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP - 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

**APLICACIONES:**

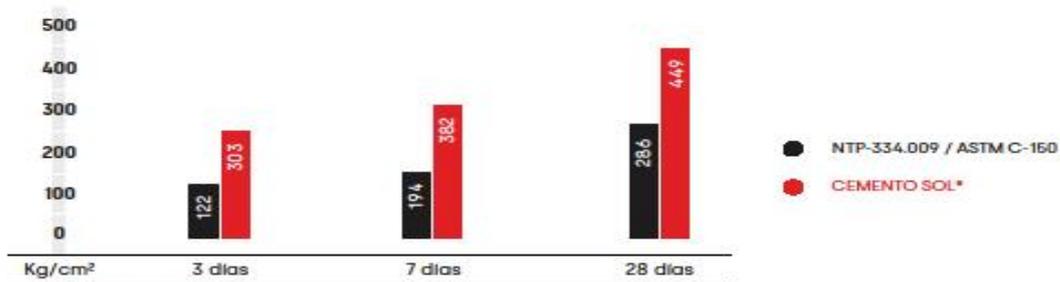
- > Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- > Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.

**FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:**

- > Bolsas de 42.5 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Bolsas de 25 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Granel: A despacharse en camiones bombonas y big bags.

**REQUISITOS MECÁNICOS:**

COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO SOL



\* Valores referenciales

### PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO SOL	REQUISITOS NTP-334.009/ ASTM C-150
Contenido de aire	%	7	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	323	Mínimo 260
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	3.13	No específica
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	303	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	382	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	449	Mínimo 285 (*)
<b>TIEMPO DE FRAGUADO</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	129	45 a 375
<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA</b>			
MgO	%	2.9	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.8	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.9	Máximo 1.5
<b>FASES MINERALÓGICAS</b>			
C2S	%	12	No específica
C3S	%	55	No específica
C3A	%	10	No específica
C4AF	%	10	No específica

(\*) Requisito opcional

### RECOMENDACIONES GENERALES

#### DOSIFICACIÓN:

- > Utilizar agua, arena y piedra libre de impurezas.
- > Respetar la relación agua-cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- > Para desarrollar la resistencia a la compresión del concreto y evitar grietas, se necesita curar por lo menos durante 7 días.

#### MANIPULACIÓN:

- > Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- > Usar la vestimenta y epp adecuados: casco, protectores para los ojos, guantes y botas.
- > El contacto con la humedad o con el polvo de cemento sin protección puede causar irritación o daño en la piel.

#### ALMACENAMIENTO:

- > Las bolsas con cemento deben ser almacenadas en recintos secos, protegidos de la intemperie, lluvia y humedad.
- > Las bolsas deben ser colocadas sobre parihuelas de madera seca, en áreas niveladas y estables. Posteriormente cubrirlas con mantas de plástico.
- > Apilar como máximo 10 bolsas de cemento y evitar tiempos prolongados de almacenamiento.