

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
sustituyendo al cemento por cenizas de paja de arroz en 5% y 10%,
Chimbote – 2023**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor:

Chavarria Carrillo Allison Kimberly
Código ORCID: 0000-0002-6342-6645

Asesor:

Flores Reyes Gumercindo
Código ORCID: 0000-0002-2305-7339

CHIMBOTE – PERÚ

2023

Índice general

Índice general	i
Índice de tablas.....	ii
Índice de figuras	iv
Palabras claves	v
Título	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
Introducción	1
Metodología	15
Resultados	25
Análisis y discusión de resultados	33
Conclusiones	35
Recomendaciones.....	36
Agradecimiento	37
Referencias bibliográficas	38
Anexos.....	44

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Principales compuestos del cemento</i>	4
Tabla 2	<i>Niveles normales de óxidos en el cemento expresado en porcentaje</i>	5
Tabla 3	<i>Límites Aceptables para el agua en mezcla y curado</i>	7
Tabla 4	<i>Porcentaje de Resistencia a la Compresión del Concreto</i>	9
Tabla 5	<i>Requisitos Químicos de las puzolanas</i>	10
Tabla 6	<i>Composición química de la paja de arroz en porcentaje de peso.</i>	11
Tabla 7	<i>Cantidad de elaboración de probetas con y sin CPA</i>	16
Tabla 8	<i>Distribución de probetas cilíndricas</i>	16
Tabla 9	<i>Técnica e instrumentos de investigación</i>	17
Tabla 10	<i>Normas de referencia para ensayos de los materiales</i>	18
Tabla 11	<i>Granulometría del Agregado Fino</i>	20
Tabla 12	<i>Análisis Granulométrico para el Agregado Grueso</i>	21
Tabla 13	<i>Características de los materiales</i>	22
Tabla 14	<i>Diseño de mezcla por metro cúbico (m³) para el concreto convencional</i> 22	
Tabla 15	<i>Diseño de mezcla para el concreto convencional y experimental por metro cúbico (m³)</i>	23
Tabla 16	<i>Cantidad de materiales del concreto convencional y experimental al 5% y 10% por probeta</i>	23
Tabla 17	<i>Cantidad de cenizas totales para 12 probetas</i>	23
Tabla 18	<i>Composición elemental de ceniza de paja de arroz en % de la masa total</i> 26	
Tabla 19	<i>Potencial de hidrógeno de los materiales cementantes y las combinaciones</i>	26
Tabla 20	<i>Relación agua/cemento</i>	27
Tabla 21	<i>Pesos específicos de los materiales</i>	27
Tabla 22	<i>Resistencia a la compresión promedio del concreto convencional y experimental</i>	28
Tabla 23	<i>Cantidad de datos para las pruebas estadísticas</i>	29
Tabla 24	<i>Prueba de Normalidad de Shapiro - Wilk</i>	30
Tabla 25	<i>Prueba de Homogeneidad de Levene</i>	30
Tabla 26	<i>Estadística paramétrica ANOVA</i>	31

Tabla 27 *Prueba Post Hoc de Tukey* 31

Índice de figuras

Figura 1. Procedimiento experimental. Elaboración propia.	18
Figura 2. Curva de pérdida de masa – Análisis Termogravimétrico, Informe No 08 – May – 23. UNT – Laboratorio de Polímeros.....	25
Figura 3. Curva Calorimétrica - Análisis Térmico diferencial Informe No 08 – May – 23. UNT – Laboratorio de Polímeros.	25
Figura 4. Comparación de resistencia a la compresión del concreto convencional y experimental al 5% y 10%.....	28
Figura 5. Línea de tendencia de la resistencia a la compresión del concreto convencional y experimental al 5% y 10%.	29

Palabras claves

Resistencia, Concreto, Cenizas de paja de arroz.

Tema	Resistencia a la compresión
Especialidad	Tecnología del concreto

Keywords

Strength, Concrete, Rice Straw Ash.

Subject	Compressive Strength
Specialty	Concrete Technology

Líneas de investigación - OCDE

Línea de Investigación	Construcción y Gestión de la construcción
Área	Ingeniería civil
Sub – Área	Ingeniería civil
Disciplina	Ingeniería civil



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Resistencia a la compresión de un concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento por cenizas de paja de arroz en 5% y 10%, Chimbote - 2023**" del (a) estudiante: **CHAVARRIA CARRILLO ALLISON KIMBERLY**, identificado(a) con Código N° **1113000355**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **28%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 11 de diciembre de 2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

Título

Resistencia a la compresión de un concreto $f'_c=210$ kg/cm² sustituyendo al cemento por cenizas de paja de arroz en 5% y 10%, Chimbote - 2023

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue conocer la resistencia a la compresión de un concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando parcialmente cenizas de paja de arroz en 5% y 10% en lugar de cemento, Chimbote - 2023.

Como población y muestra se crearon 36 probetas cilíndricas de concreto, utilizando un diseño cuasi – experimental y un enfoque cuantitativo la técnica empleada fue la observación y se utilizó como instrumento las fichas técnicas de laboratorio.

Se obtuvo cenizas a partir de 420°C por un periodo de dos horas, en la composición química resalta el óxido de silicio 67.47% y óxido de calcio 3.91%, el resultado del potencial de hidrogeno de las cenizas fue 10.74 demuestra alcalinidad. El ensayo de resistencia a la compresión en sustitución de cemento por 5% cenizas obtuvo a los 7, 14 y 28 días 186.81 kg/cm^2 , 206.40 kg/cm^2 y 236.36 kg/cm^2 . Al sustituir el cemento por 10% de cenizas obtuvo a los 7, 14 y 28 días 153.55 kg/cm^2 , 177.72 kg/cm^2 y 202.09 kg/cm^2 .

Se concluye que al sustituir un 5% de ceniza de paja de arroz por cemento, logra una resistencia mayor respecto al concreto convencional $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, influye significativamente en las características del concreto.

Abstract

The objective of this research was to determine the compressive strength of a concrete $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ using partially rice straw ash at 5% and 10% instead of cement, Chimbote - 2023.

As population and sample, 36 cylindrical concrete specimens were created, using a quasi-experimental design and a quantitative approach, the technique used was observation and the laboratory technical data sheets were used as an instrument.

Ashes were obtained from 420°C for a period of two hours, in the chemical composition the silicon oxide 67.47% and calcium oxide 3.91% stand out, the result of the hydrogen potential of the ashes was 10.74 showing alkalinity. The compressive strength test in substitution of cement by 5% ashes obtained at 7, 14 and 28 days 186.81 kg/cm^2 , 206.40 kg/cm^2 and 236.36 kg/cm^2 . When replacing cement with 10% ashes, at 7, 14 and 28 days, 153.55 kg/cm^2 , 177.72 kg/cm^2 and 202.09 kg/cm^2 were obtained.

It is concluded that by substituting 5% of rice straw ash for cement, a higher resistance is achieved with respect to conventional concrete $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, which significantly influences the characteristics of the concrete.

Introducción

Ahora mismo, los avances en tecnología e investigación nos ofrecen oportunidades únicas para optimizar las propiedades del concreto, lo que es especialmente relevante, buscando alternativas más sostenibles y eficientes en la construcción se impulsa a la exploración de nuevos materiales ecológicos como son las cenizas de paja de arroz en la mezcla de concreto con el fin de mejorar la resistencia, para este trabajo es crucial evaluar tanto los trabajos antiguos como los contemporáneos para integrar elementos teóricos, conceptuales y metodológicos, así ofrecer a la tesis mayor sustento.

A continuación algunos antecedentes a nivel internacional tenemos a Pandey y Kumar (2019) su investigación relacionada al estudio preliminar de pasta de cemento mezclada con ceniza de paja de arroz, micro sílice y paja de arroz compuesto de ceniza micro sílice. Realizó su estudio en Varanasi – India, el objetivo fue estudiar las pastas para ver si era posible utilizar ceniza paja de arroz sin procesar, con o sin micro sílice en el hormigón de pavimentos rígidos, la metodología fue experimental aplico ensayos de composición química y propiedades físicas, según el análisis químico la ceniza de paja de arroz, tiene dióxido de silicio en 79,82%, los diferentes porcentajes de sustitución del cemento portland ordinario (OPC) fueron del 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% y 100%. En comparación con el OPC, la ceniza de paja de arroz (RSA) es de menor tamaño y características físicas en forma de aguja, da como resultado que la combinación mejora el llenado de vacíos y tiene más resistencia, la consistencia aumenta un 32% y requiere más agua en dosis de 5% al 30% respectivamente, los tiempos de del fraguado inicial y final con RSA son mayores comparados con la pasta de cemento. Se concluye que (RSA) es una puzolana de clase F según la ASTM C618 y podría ser utilizada en varias proporciones en proyectos de construcción que requieran una alta resistencia a la compresión.

En una línea similar Hidalgo (2018) investigó la ceniza de paja de arroz para su uso potencial como adición puzolánica en mezclas de mortero de cemento portland durante su proyecto de investigación Evaluación de la reactividad puzolánica de la ceniza de paja de arroz, que llevó a cabo en España, la investigación fue de diseño experimental aplicando ensayos, según los datos de fluorescencia de rayos x, el óxido de silicio (52.44%), el potasio (12.05%) y el cloro (3.52%) se encuentran entre los principales componentes que integran la cenizas. Los distintos porcentajes de sustitución del cemento portland fueron 15% y 30%. El 15% de ceniza alcanza niveles comparables de resistencia a los 3 días de curado y los supero a los 28 días, en contraste con el 30% de sustitución, que lo hizo a los 98 días en comparación con la resistencia

control. En conclusión, la autora comprueba que el empleo de ceniza de paja de arroz mejora las cualidades mecánicas y tiene reactividad puzolánica.

Prosiguiendo con la revisión de estudios similares a nivel nacional, More y Yarleque (2022) desarrollan su tesis en la ciudad de Piura, la ceniza de paja de arroz se utiliza en el diseño del concreto en lugar del agregado fino. Este estudio tuvo como objetivo conocer el porcentaje más ventajoso en términos de resistencia a la compresión mediante la evaluación y determinación del impacto de un diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ que modificó parcialmente el agregado fino por la ceniza de pajilla de arroz. La investigación es de diseño cuasi experimental y de enfoque cuantitativo, los autores realizaron una muestra de 16 testigos de hormigón con distintas cantidades de reemplazo del 4%, 8% y 12% y curados a los 7, 14 y 28 días. Para ello utilizaron la observación directa, los equipos de laboratorio y fichas técnicas. En comparación con la muestra de referencia, los valores de resistencia a la compresión a los 28 días de curado fueron $f'c = 210,40 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 139,20 \text{ kg/cm}^2$, y $f'c = 127,00 \text{ kg/cm}^2$. Los porcentajes del 8% y el 12% indican un descenso significativo. La dosificación recomendada, según los autores, es de un 4% de cenizas de pajilla de arroz para alcanzar una resistencia muy similar a la desada.

Por su parte Medina (2020) en su tesis relacionada al Impacto del plástico y ceniza de paja de arroz en adoquines de concreto, el objetivo de la investigadora fue determinar cómo el (PET) y la ceniza afectan el comportamiento mecánico de los adoquines para el tráfico peatonal en Lima. Utilizó un diseño cuasi experimental y una metodología cuantitativa, la autora creó 63 adoquines de concreto utilizando diferentes proporciones de ceniza y plástico (2%, 7% y 11%). Los adoquines fueron curados durante siete, catorce y veintiocho días para alcanzar una resistencia de diseño de 320 kg/cm^2 de acuerdo a la NTP 399.611, y el instrumento utilizado fue el equipo de laboratorio y las fichas técnicas. En comparación, los adoquines de (PET) mostraron la mayor resistencia cuando se integraron al 11%, superando la resistencia del adoquín estándar. Los resultados de resistencia a la compresión y a la flexión de los adoquines de hormigón que contienen cenizas de paja de arroz al 2%, 7% y 11% demuestran un descenso. Al utilizar las cenizas, la autora llega a la conclusión de que las cualidades mecánicas del hormigón, en particular su resistencia a la flexión, se ven afectadas significativamente.

Considerando específicamente el nivel local de investigación, Vásquez (2020) realizó un estudio en la ciudad de Chimbote sobre la resistencia a la compresión del concreto con una $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y sustituyó el cemento por una mezcla de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de cáscara de lapicero. Sustituyendo el 5% y el 10% del cemento por cenizas de cáscara de

arroz (CCA) y cenizas de cáscara de lapicero (CCL) en una proporción de 1:3, el estudio pretendía calcular la resistencia a la compresión. Utilizando como instrumento la observación y registro de ensayos, la metodología del estudio es cuasi experimental. El autor creó 27 probetas cilíndricas, y la resistencia de la combinación del 5% a los 7, 14 y 28 días son, 180.05 kg/cm², 201.16 kg/cm² y 235 kg/cm² cuya resistencia equivale al 85,74%, 95,79%, y 112,31%. A los 7, 14 y 28 días son 172,50 kg/cm², $f'_c = 191,64$ kg/cm², y $f'_c = 221,82$ kg/cm², correspondientes al 82,14%, 91,25%, y 91,25% de la combinación del 10%. Se concluye que después de 28 días de curado, la mezcla compuesta por el 5% y el 10% del concreto experimental supera la resistencia a la compresión esperada, $f'_c=210$ kg/cm².

Considerando a León (2020), quien realizó una investigación en Chimbote y examinó la resistencia a la compresión del concreto con una $f'_c = 210$ kg/cm² sustituyendo el cemento por una mezcla de polvo de cáscara de huevo y cenizas de cascarilla de arroz. El objetivo del estudio fue determinar la resistencia a la compresión mediante la sustitución de cenizas de CCA y PCH en una proporción de 1:3 por 8% y 15% del cemento. Utilizó un diseño cuasi-experimental, el autor realizó 27 probetas cilíndricas. En los términos de óxidos totales ($SiO_2+CaO+Al_2O_3$), los resultados para la cáscara de huevo en polvo muestran un 96,74% y para la ceniza de cáscara de arroz un 85,36%, respectivamente. Al sustituir el cemento por un 8% de la mezcla de CCA y PCH, se alcanzaron resistencias del 87,71%, 97,62% y 125,67%. Del mismo modo, cuando se sustituyó el 15% del cemento, se alcanzaron resistencias del 67.37%, 74.90% y 94.00%. Como la combinación tenía una resistencia a la compresión superior a la del hormigón normal, el autor llega a la conclusión de que podría utilizarse como puzolana. La mezcla debería contener polvo de cáscara de huevo y ceniza de cascarilla de arroz, con un porcentaje máximo de sustitución del 8%.

Como fundamentación se tiene lo siguiente el hormigón se compone de una amalgama de agregados, que pueden incluir arena, grava, y otros materiales, que se cohesionan para formar una estructura sólida cuando se combina con agua y cemento (Mc Cormac y Brown, 2011). De igual manera se puede decir que, los ingredientes del hormigón incluyen áridos (el material de relleno), agua, cemento (el material aglutinante) y, por último, aditivos. La combinación se endurece para crear una piedra artificial que es compacta y tiene un tiempo limitado para soportar cargas de compresión significativas (Sánchez, 2001).

Tan bien hay autores que resaltan que el hormigón es un material pétreo sintético que se fabrica combinando pasta y partículas minerales en determinadas proporciones. La pasta está hecha de cemento y agua, y cuando se endurece, la interacción química entre estos dos

ingredientes uno los agregados para crear un conglomerado que se asemeja a la roca. El esqueleto pétreo del hormigón debe compactarse al máximo, la dosis de cemento rellena los espacios dejados, a fin de producir las cualidades mecánicas óptimas. (Chan, Carcaño y Moreno, 2003, p.39).

El cemento es un material fundamental que ha soportado el paso del tiempo y a cimentado las estructuras Pérez y Merino (2016), lo define como aquello que puede unir diversos materiales y darles cohesión mediante reacciones químicas, lo que lo convierte en un aglutinante (párr. 4). Así mismo Norma Técnica Peruana 334.001 (2011), indica que el Clinker Portland está compuesto en gran parte por silicatos cálcicos hidráulicos y suele contener sulfato cálcico en una o varias formas como aditivo de molienda, se muele como parte del proceso de fabricación del cemento hidráulico.

Hoy en día, el cemento se produce de diversas maneras, dependiendo las normativas nacionales de cada país. En este caso, se trata de la Norma Técnica Peruana 334.009, para esta investigación se utiliza el cemento Tipo I es de amplia aplicación. Ideal para todas las aplicaciones en las que no se necesitan las características particulares de otros cementos. Entre las muchas cosas que se utiliza esta los pavimentos, suelos, puentes, tanques, depósitos, tuberías, unidades de mampostería y productos prefabricados de hormigón son sólo algunas de sus aplicaciones en el concreto. CEMEX Perú (2019).

Adentrándonos en el tema de la composición química del cemento Chipatecua (s.f.) señala que las materias primas utilizadas para producir el Clinker deben estar presentes los siguientes elementos: óxido de calcio (CaO), dióxido de sílice (SiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃), óxido de hierro (Fe₂O₃). Estos elementos se encuentran en forma de óxidos. (párr. 6). Véase tabla 1 y 2.

Tabla 1
Principales compuestos del cemento

Nombre	Formula	Abreviatura
Silicato Tricálcico	3CaO.SiO ₂	C3S
Silicato Dicálcico	2CaO.SiO ₂	C2S
Aluminato Tricálcico	3CaO.AlO ₃	C3A
Ferroaluminato Tetracálcico	4CaOAl ₂ .Fe ₂ O ₃	C4AF

Fuente: Composición química del cemento. (Chipatecua, L. , s.f.)

Tabla 2*Niveles normales de óxidos en el cemento expresado en porcentaje*

Nombre	Oxido	Porcentaje
Cal combinada	CaO	62.50%
Sílice	SiO ₂	21.00%
Alúmina	Al ₂ O ₃	6.50
Hierro	Fe ₂ O ₃	2.50
Cal libre	CaO	0.00%
Azufre	SO ₃	2.00%
Magnesio	MgO	2.00%
Álcalis	Na ₂ O y K ₂ O	0.50%
Perdida de fuego	P.F.	2.00%
Residuo insoluble	R.I.	1

Fuente: ASTM C-150

Citando a McCormac y Brown (2017) definen a los áridos como ingredientes esenciales en la industria de la construcción, ya que se utilizan en el concreto y constituyen alrededor del 75% de su volumen (p. 18).

Según la Norma Técnica Peruana 400.011. (2008) el término áridos se refiere a un compuesto de partículas, naturales o manufacturadas, que son manipuladas o tratadas, los tamaños están dentro de los parámetros establecidos se menciona a dos categorías agregado fino y grueso.

Desde la posición de McCormac y Brown (2017) afirma que cualquier árido que supere la malla N° 4 se considera agregado fino, (malla con alambres separados ¼ pulgada entre si en ambas direcciones) (p. 18). Así mismo la Norma Técnica Peruana 400.037, (2002) define como el árido que resulta por medio de desintegración natural o controlada, que filtra la malla especificada de (3/8") y se ajusta a parámetros indicados.

Continuando la ASTM C125-20, define al agregado grueso como "partículas de roca que tienen una dimensión nominal mayor que 4,75 mm y se emplea en la elaboración de hormigón." El agregado que queda retenido en el tamiz normalizado, proviene de la desintegración artificial o natural de la roca y se ajusta a los requisitos según la Norma Técnica Peruana 400.037 (2018).

Explorando la caracterización de los agregados éstos satisfacen unas normas mínimas de calidad, por lo tanto, se realiza ensayos como la granulometría según la NTP 400.012 (2018)

se refiere al procedimiento ya sea manual o mecánico que permite la separación de las partículas a través del tamizado, para la separación se emplea tamices con diferentes aberturas, cada una de ellas representa el tamaño máximo que puede pasar a través de ellas, se registra el peso de cada fracción a partir de los porcentajes de retención, que se calculan para cada tamiz de manera individual como en acumulativo, estos valores se utilizan para crear una representación gráfica de la distribución del tamaño del material.

Otro de los ensayos que se realiza a los agregados es el peso unitario la NTP 400.017 (2011) menciona que se utiliza tradicionalmente para especificar una característica establecida por este procedimiento, que es la masa dividida por el volumen, este método arroja resultados que son críticos para la aceptación de materiales y el diseño de mezclas, pues calcula los huecos entre partículas y la densidad aparente del árido su estado suelto o compactado.

Prosiguiendo con las características se realiza el ensayo de gravedad específica y absorción para ello debemos conocer que es la cada uno de los términos, como dice la NTP 400.021 (2002) la absorción se define como la porción del peso en seco del agregado que este puede retener en el agua después de estar sumergido durante 24 horas. El método consiste en tomar una muestra de agregado introducirla en el agua durante un periodo aproximado de 24 horas para permitir que los poros se llenen por completo. Después de retirar el agua se procede a secar el agua de la superficie de las partículas y se registra su peso. Luego la muestra se pesa nuevamente mientras se encuentra sumergida en el agua. Finalmente la muestra se seca mediante un horno y se obtiene un tercer peso, utilizando estos pesos y fórmulas específicas se puede realizar los cálculos.

Finalmente el contenido de humedad es otro ensayo importante de los agregados, la NTP 339.127 (2019) lo define como el peso del agua en proporción al peso de las partículas sólidas en una masa determinada de suelo. El proceso consiste en calcular cuánta agua se evapora cuando el material húmedo se seca a una temperatura controlada de 110 ± 5 °C hasta que alcanza un peso constante. El peso del material que permanece en el horno después del secado se utiliza para determinar el peso de las partículas sólidas, y el peso que disminuye durante el proceso de secado se toma para representar el peso del agua que estaba presente inicialmente.

Uno de los componentes indispensables en la preparación del concreto es el agua que debe cumplir con límites para ello la NTP 339.088, (2006), señala que no existen criterios establecidos para los niveles aceptables de sales y otros químicos en el agua que puedan ser utilizados. Aceites, ácidos, álcalis, sales y materiales orgánicos no deben estar presentes en el

agua utilizada. Su función principal es hidratar el cemento, pero también sirve para facilitar la trabajabilidad de la mezcla. Véase tabla 3.

Tabla 3
Límites Aceptables para el agua en mezcla y curado

Descripción	Límite permisible
Cloruros	1000 ppm
Sulfatos	600 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales Solubles Totales	1500 ppm
Ph	5 a 8 ppm
Sólidos en Suspensión	5000 ppm
Materia Orgánica	3 ppm

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.088., (2006)

Así mismo el agua sirve para el curado este se refiere que una vez el concreto esté listo debe mantenerse húmedo, ya que pierde agua y necesita reponer la que ha perdido. El agua potable es ideal para el curado; si no se dispone de ella, se puede utilizar agua de río, pozo o lluvia, el agua debe ser clara o transparente, si se deja curar el concreto perderá hasta un 40% de su resistencia, se pueden formar fisuras y dañar la estructura. SENSICO (2014, p 11)

Por otro lado, el curado del concreto consiste en dejar que permanezca húmedo por un tiempo, para maximizar su resistencia. El hormigón que tiene más tiempo de curado será más resistente (IMCYC, 2004, p. 14).

Dado que el concreto ha sido un material de construcción esencial a lo largo de la historia es por ello que exploraremos sus propiedades teniendo en cuenta a IMCYC (2004) señala que los atributos físicos del hormigón son los que pueden observarse o pueden medirse fácilmente se consideran propiedades físicas del concreto. Estas cualidades son intrínsecas, lo que significa que no dependen de la cantidad de la mezcla, sino más bien de la meticulosidad que se emplee para crearla.

Otra de las características físicas del concreto es el asentamiento, tal y como describe Navarro (2011) se produce cuando el hormigón está en reposo tras su compactación y colocación en un encofrado u otro recipiente. El agua menos densa sube a la parte superior de la mezcla, mientras que los componentes más pesados, como el cemento, los áridos finos y gruesos, tienden a bajar. Cuando esto sigue ocurriendo, la mezcla de concreto se estratifica, con

los ingredientes más pesados amontonándose en la parte inferior y la concentración de agua en la parte superior, creando una capa menos resistente y duradera.

Sánchez (2001) menciona que la que cada concreto tiene una temperatura diferente, la temperatura del hormigón depende fundamentalmente de sus elementos, incluidos la masa y el calor específico, así como de factores externos que afectan directamente a la mezcla, como las condiciones ambientales, la temperatura del ambiente, el grosor de la pieza estructural y las medidas de seguridad aplicadas en cada caso. Por ejemplo, el calor afecta a las limitaciones de la velocidad de evaporación, mientras que el frío ralentiza las actividades de hidratación. Así, estos factores pueden producir efectos estrechamente relacionados con fenómenos físicos y mecánicos, como la fisuración.

Citando a Ruiz y Vasallo (2018), la relación entre el volumen total de una unidad cúbica y su volumen sólido se conoce como peso unitario del hormigón. Puede considerarse como la proporción de la sustancia sólida hormigón en un volumen específico. La unidad de medida es kg/m^3 , y su rango típico se sitúa entre 2240 y 2400 kg/m^3 . Los cambios en el peso del árido pueden afectar al peso unitario y a la densidad del hormigón de diferentes maneras. Por ejemplo, el peso del árido puede fluctuar, afectando al peso unitario del hormigón sin afectar a su densidad.

En cuanto al contenido de aire en el concreto se refiere a la introducción natural de aire en el material por diversas causas, incluyendo los diámetros máximos nominales insuficientes, mezclas de periodos largos y hormigones con un mínimo de cemento; a su vez, este aire puede liberarse mediante procesos de compactación, y también existen hormigones en los que se incorpora aire de forma intencionada para proporcionar una mayor trabajabilidad; dado que la resistencia a la compresión disminuye un 5% por cada 1% de aire incluido, este procedimiento debe realizarse con cuidado, (Ruiz y Vasallo, 2018).

Así mismo el concreto tiene propiedades mecánicas de acuerdo según IMCYC (2004) menciona que el comportamiento del material bajo esfuerzos mecánicos está influido por las cualidades del hormigón, lo que hace que las características mecánicas sean esenciales para el diseño estructural del concreto.

La resistencia a la compresión es el principal parámetro mecánico que debe evaluarse en este estudio. Según Oré (2014), la resistencia a la compresión es la mayor tensión que una muestra de hormigón puede soportar antes de romperse. La calidad y la capacidad portante del

hormigón pueden evaluarse utilizando su capacidad para realizar tareas asociadas a la resistencia a la compresión.

Este método consiste en aplicar una fuerza de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones de diamante a una velocidad que se encuentra dentro de un rango prescrito hasta la falla, tal como se indica en la Norma Técnica Peruana 339.034 (2015). Dividiendo la mayor fuerza alcanzada durante el ensayo por el área de la sección transversal de la probeta, se puede calcular la resistencia a la compresión de la probeta.

El diseño de mezcla del concreto según Bartz (2016) es un procedimiento que implica determinar que cantidad de componentes se debe utilizar con el objetivo de lograr el mejor resultado óptimo, hay diversos enfoques para diseñar mezclas, algunos de los cuales pueden ser bastante complicados debido a la presencia de múltiples variables que influyen en los resultados. Las proporciones adecuadas de los elementos que componen el hormigón se determinan en esta investigación utilizando el diseño de mezclas ACI 211, que tiene en cuenta una serie de parámetros como la resistencia a la compresión, el contenido de cemento, el tamaño máximo nominal de los áridos, el asentamiento y otros requisitos. Los valores necesarios para este procedimiento se obtienen mediante ensayos de los agregados.

Según Kosmata et al. (2004). Después de crear los testigos de concreto y curados durante todo su proceso menciona que un testigo debe estar listo para someterse a una prueba de laboratorio a los 28 días y alcanzar el 100% de su resistencia de diseño. Si el núcleo se prepara correctamente, los resultados deberían coincidir o superar la resistencia de diseño; de lo contrario sería incorrecto.

Tabla 4
Porcentaje de Resistencia a la Compresión del Concreto

Días	% De resistencia
01	25 – 35%
03	42 – 53%
07	70 – 85%
14	85 – 95%
28	100 – 120%
60	Sube entre 10 y 15% de la resistencia a los 28 días

Fuente: Tesis Resistencia a la compresión de concreto sustituyendo al cemento de ceniza de paja de trigo y cenizas conchas de abanico. (Carranza, J., 2020, p. 24).

En la ingeniería las puzolanas son un ejemplo de cómo se incorpora estos materiales para mejorar las propiedades del concreto y se define como sustancias silíceas y/o aluminosas inertes que, por sí solas, carecen de propiedades aglutinantes, cuando se muelen finamente y combinan con agua e hidróxidos de calcio desarrollan capacidades cementantes. Las puzolanas se fabrican normalmente a partir de arcillas calcinadas, tierras de diatomeas, tobas, cenizas volcánicas y residuos industriales como cenizas volantes, ladrillos pulverizados, etc. (Estrada y Bartolo, 2021, p. 66).

Como expresa Vargas y Zarate (2005) las puzolanas naturales y las manufacturadas son las dos categorías principales en las que se suelen clasificarse en función de su lugar de origen. Cuando las puzolanas son de origen natural, suelen ser depósitos de esqueletos silíceos y caparazones de diminutas criaturas y plantas que se han acumulado en lagos o rocas sedimentarias marinas. Cuando las puzolanas son de origen mineral, suelen ser cenizas volcánicas procedentes de erupciones explosivas. En cambio, para producir puzolanas artificiales se requieren altas temperaturas de calcinación de rocas arcillosas o esquistosas o de subproductos industriales.

Según la Norma Técnica Peruana 334.104 (2011), clasifica a las puzolanas en los siguientes grupos: La clase N comprende las puzolanas crudas sin calcinar o calcinadas, tales como diatomitas; tobas y cenizas volcánicas que han sido calcinadas o sin calcinar para proporcionar las cualidades deseadas. Las cenizas volantes de clase F, que tienen cualidades puzolánicas, se fabrican calcinando carbón bituminoso o antracítico. Las cenizas volantes clasificadas como clase C se fabrican calcinando lignito o carbón subbituminoso. Este tipo de ceniza posee a la vez cualidades puzolánicas y cementantes. Véase la Tabla 5.

Tabla 5
Requisitos Químicos de las puzolanas

Composición química	Clase		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO ₂) + Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) + Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃), % min.	70.00	70.00	50.00
Trióxido de azufre (SO ₃), % min.	4.00	5.00	5.00
Contenido de humedad, % min.	3.00	3.00	3.00
Perdida por calcinación, % min.	10.00	6.00	6.00

Fuente: Cementos. Ceniza volante y puzolana natural o cruda calcinada para uso en concreto. (Norma Técnica Peruana 334.104., 2011 p.7).

Para esta investigación es importante mencionar la producción de la paja de arroz según datos del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2020), en el Perú, la producción de paja de arroz es considerable debido a que el cultivo de arroz es una actividad relevante en el país. se cultivaron alrededor de 58,399 hectáreas de arroz en todo el territorio nacional, lo que permitió producir 1,247,573 toneladas de arroz cáscara en cáscara y 841,048 toneladas de limpio pulido, como resultado de la cosecha de arroz, también se produce una gran cantidad de paja de arroz es importante destacar que en la industria agrícola lo utilizan como abono orgánico, mediante métodos de estabilización y compactación, se emplea como material sostenible en el sector de la construcción. Según la INEI (2016) en el Perú se siembran anualmente 396.774 hectáreas de arroz, que producen 3,13 millones de toneladas de arroz y 2,5 millones de toneladas de paja de arroz (párr. 5).

Como expresa Hidalgo (2018) la ceniza de paja de arroz un término que se refiere al residuo que se produce luego de ser quemada, este residuo una vez procesado adecuadamente, se puede utilizar para diversas aplicaciones, como la fabricación de hormigón, morteros, mezclas asfálticas, productos cerámicos y otros materiales de construcción. Se caracteriza por ser rica en sílice y otros componentes beneficiosos para la construcción, lo que la convierte en una alternativa ecológica y económica comparada con otros materiales.

Tabla 6

Composición química de la paja de arroz en porcentaje de peso.

Composición química	%
SiO ₂	52.44
Al ₂ O ₃	0.47
Fe ₂ O ₃	0.17
CaO	8.01
MgO	2.71
SO ₃	2.26
K ₂ O	12.05
Na ₂ O	0.89
P ₂ O ₅	2.58
Cl	3.52
Otros	0.29
P.F.	14.60

Fuente: Trabajo de investigación Evaluación de la reactividad puzolánica de la ceniza de paja de arroz. (Hidalgo, S., 2018, p.58)

Por consiguiente, en la justificación teórica la resistencia y la durabilidad del concreto lo convierten en uno de los materiales de construcción con mayor demanda en el mundo, sin embargo, su producción y uso presenta también problemas que deben ser considerados, uno de ellos es la elevada demanda de consumo de cemento en el proceso de fabricación del concreto (Mamani y Quispe, 2022)

La sustitución de cemento por cenizas de paja de arroz en la elaboración de concreto podría tener un impacto positivo en la resistencia a la compresión del material, las cenizas de paja de arroz son un sub producto de la quema de este residuo agrícola, el cual contiene altos porcentajes de sílice este componente puede actuar en el proceso de producción del cemento, lo que mejoraría la calidad del concreto.

Además, la sustitución parcial por cenizas de paja de arroz puede tener beneficios ambientales al reducir la cantidad de residuos agrícolas generados y sus efectos perjudiciales para el medio ambiente, también puede reducir la cantidad de energía utilizada en la producción de cemento, ya que la producción de cenizas de paja de arroz implica un proceso menos complejo y requiere menos energía.

Desde el punto de vista científico, se presenta el interés de sustituir el cemento en porcentajes de dióxido de silicio presentes en las cenizas de paja de arroz, se requiere aumentar la resistencia a la compresión. En el Perú es un material abundante poco reciclado por lo tanto se quiere darle uso en la ingeniería.

Este proyecto es importante desde el punto de vista social, ya que pretende utilizar los conocimientos y los avances técnicos para mejorar los futuros proyectos de construcción y elevar el nivel de vida de la población en su conjunto. Es importante porque contribuirá a la preparación académica de los futuros ingenieros.

Esta investigación es factible porque dispone de los recursos, tiempo, herramientas, conocimientos y equipos, para llevar a cabo el diseño del hormigón para la aplicación de la resistencia a la compresión.

Se presenta la realidad problemática a nivel mundial la construcción con cemento es una práctica muy extendida, el consumo de cemento alcanzó los 4.150 millones de toneladas (Mt) en 2014, pico más alto histórico registrado, desde el 2010 hasta 2016, los principales consumidores de cemento a nivel mundial han sido China con 2.400 Mt en 2016, India con 288 Mt y Usa con 85 Mt. Uno de los principales problemas de la producción de cemento son las emisiones de CO₂, se estima que por cada Kg de cemento producido se emiten 0,9 Kg de CO₂,

teniendo el peso más importante en el proceso de calcinación, a 900 °C, de la caliza (CaCO₃) seguido de las emisiones provenientes de la quema de combustible para los procesos de calcinación del Clinker. (Armenta, 2022).

En el Perú la construcción de viviendas con cemento es una práctica muy extendida, sin embargo, también existen problemas asociados a su uso. Uno de los principales problemas es la baja calidad y resistencia del concreto utilizado, lo que puede afectar la seguridad y durabilidad de las estructuras construidas debido a sus múltiples beneficios, el concreto premezclado se ha vuelto mucho más popular en Perú en los últimos años. Sin embargo, dada la falta de infraestructura, nuestro consumo seguiría siendo extremadamente bajo en comparación con otras regiones latinoamericanas. El gerente general de Mixercon, ingeniero José Luis Viacava, brindó información respecto a la cantidad de concreto que se produce mensualmente en Lima. Dijo que la ciudad produce alrededor de 230 mil metros cúbicos de concreto cada mes, o 2 millones 800 mil metros cúbicos anuales (CONSTRUYE, 2018).

Aznaran (2018) enfatiza que en Chimbote la problemática está asociado a falta de acceso de materiales y tecnologías avanzadas generando las construcciones de bajo rendimiento, esto se debe a que a lo esfuerzos por abaratar costos originan el deterioro de las estructuras que producen pérdida de resistencia del concreto ocasionando inconvenientes para su buen servicio y optima función.

De aquí inicia la idea de realizar la investigación, que busca innovar la idea de autoconstrucción para lugares de bajos recursos económicos utilizando las cenizas de origen vegetal como ingrediente cementante en sustitución para modificar la resistencia del concreto, impulsando en la innovación de tecnologías eco amigables que busca implementar elementos para reemplazar o adicionar a los materiales convencionales.

En razón de lo antes expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación: ¿Cuál sería la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² sustituyendo al cemento por cenizas de paja de arroz en 5% y 10%, Chimbote – 2023?

Se consideró la conceptualización y operacionalización como variable dependiente se tiene a resistencia a la compresión, Ore (2014) lo define conceptualmente como la mayor tensión que muestra el concreto que soporta sin romperse. La definición operacional consiste en aplicar una fuerza de compresión axial hasta el fallo sobre los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad que se encuentra de un intervalo predefinido, hasta la falla.

Como variable independiente se tiene a las cenizas de paja de arroz, cuya definición conceptual es un residuo agrícola compuesto de celulosa fibrosa típica con un alto contenido de sílice, que comprende hojas, raíces y tallos. La ceniza es un subproducto de la calcinación para la obtención principal de fuente puzolánica. (Hidalgo,2018). La definición operacional de la ceniza es recolectar la paja de arroz del campo, después dejar secar a temperatura ambiente, se procede a pre calcinar para reducir su volumen por último se realiza una calcinación a temperatura controlada en un tiempo determinado por medio del ensayo de térmico diferencial así mismo especificar su composición química (ASTM C618-03, 2019).

Por lo tanto, se plantea la siguiente hipótesis la resistencia a la compresión de un concreto $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento por cenizas de paja de arroz en 5% y 10% lograría una resistencia mayor respecto al concreto convencional Chimbote – 2023.

Siendo el objetivo general determinar la resistencia a la compresión de un concreto $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento por cenizas de paja de arroz en 5% y 10%, Chimbote 2023.

A continuación, se presenta los objetivos específicos:

- Determinar la temperatura de calcinación de la paja de arroz mediante el Análisis Térmico Diferencial.
- Determinar la composición química de la ceniza de paja de arroz mediante Fluorescencia de Rayos X.
- Analizar el Ph de la ceniza, cemento, cemento + ceniza de paja de arroz con 5% y 10%.
- Determinar el peso específico del cemento convencional y experimental.
- Determinar la relación agua/cemento del concreto convencional y experimental.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto convencional y experimental a los 7, 14 y 28 días y comparar resultados mediante la interpretación estadística.

Metodología

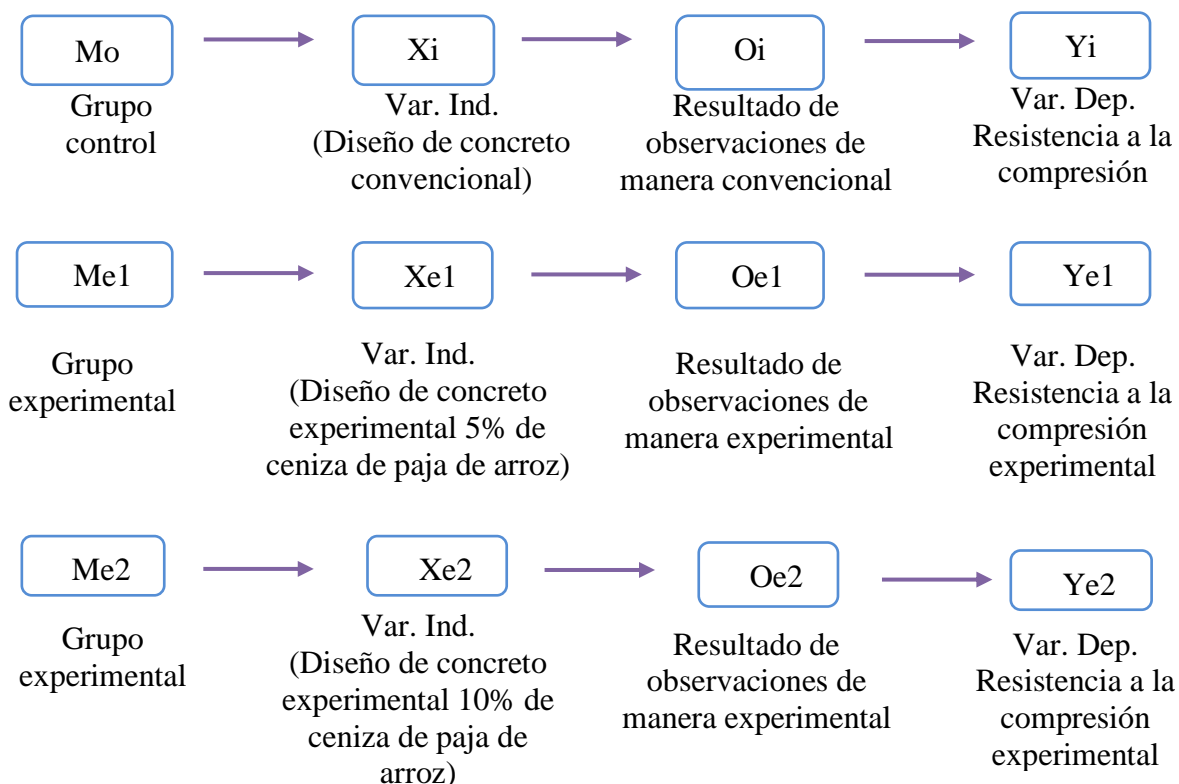
Tipo de investigación

Según Rodríguez (2020) indica que la investigación aplicada es el tipo de investigación que conoce el problema específico y utiliza los conocimientos y resultados obtenidos para mejorar situaciones prácticas en diversos campos. Esta tesis es un ejemplo de investigación de tipo aplicada porque modifica las propiedades del concreto añadiendo parcialmente cenizas de paja de arroz, lo que alterará en las cualidades del concreto y estas nuevas mediciones determinarán si se alcanza o no una mayor resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Diseño de la investigación.

Un diseño cuasiexperimental es aquel en el que se modifica intencionadamente al menos una variable independiente para ver cómo afecta a una o más variables dependientes, según (Hernández et al., 2014).

Dado, que los grupos se establecieron antes del ensayo, este estudio utiliza un diseño cuasi - experimental y está conformado por un diseño convencional y dos diseños experimentales donde se modificará al cemento afectando a la variable dependiente se observa gráficamente.



Población y muestra

Población

Briones (2002) afirma: una población comprende todos los individuos, cosas y/o entidades que forman parte del área definida donde se realiza el estudio (p.57). Para esta investigación la población incluyo todo el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con y sin cenizas de paja de arroz. Se realizó 12 probetas por cada valor de porcentaje de sustitución.

Tabla 7

Cantidad de elaboración de probetas con y sin CPA

% de sustitución por cenizas de paja de arroz	Cantidad de probetas cilíndricas
-	12
5	12
10	12










Fuente: elaboración propia

Muestra

Hernández, et al. (2014) lo define como el subconjunto de la población interesada sobre la que se recogerán datos. Para esta investigación la muestra consistió en 36 testigos de concreto con una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, que es la misma que la de la población a beneficio del indagador.

Tabla 8

Distribución de probetas cilíndricas

Días de curado	Diseño de concreto control	Diseño de concreto experimental 5%	Diseño de concreto experimental al 10%
7			
14			
28			

Fuente: elaboración propia.

Técnicas e instrumentos de investigación

Técnica de investigación

Según Carrasco (2006) proporciona el conjunto de pautas que sirven de marco a los investigadores que trabajan en todos los niveles de indagación científica. Dado que para esta investigación planteada servirá la observación directa implica la utilización de diversos métodos y recursos para analizar un entorno particular, siendo una herramienta práctica que permite adentrarse en la realidad detallada que se desea explorar.

Instrumentos

Se trata de métodos cualificados que permiten recoger los datos y referencias necesarios para abordar la cuestión planteada por el estudio; no obstante, esos instrumentos deben cumplir unas normas específicas para aumentar la eficacia de esas muestras científicas. (Carrasco, 2006, p.335). Por lo tanto, los instrumentos empleados para este procedimiento fueron las hojas de recolección de datos de laboratorio, que se utilizaron para el diseño estándar y experimental de la mezcla de concreto, utilizando ceniza de paja de arroz en lugar de 5% y 10% del cemento. Se utilizaron programas informáticos como Excel y SPSS Statistics 29.0 para examinar los datos, junto con ensayos normalizados que siguieron las normas técnicas peruanas (NTP) y las directrices de la ASTM.

Tabla 9

Técnica e instrumentos de investigación

Técnica de investigación	Instrumentos	Ámbito del proyecto
Observación directa	Fichas técnicas de laboratorio de los ensayos a realizarse.	Grupo convencional. Muestra de probetas de resistencia a la compresión del concreto sin modificar. Grupo experimental. Muestras de probetas de resistencia a la compresión del concreto con sustitución del cemento en 5% y 10% por cenizas de paja de arroz.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se menciona las normas ASTM y NTP que se utilizó para los ensayos de los materiales.

Tabla 10
Normas de referencia para ensayos de los materiales

Ensayo	Norma	
Ensayo granulométrico de los agregados	ASTM C-136	NTP 400.012
Ensayo de peso específico de agregado fino	ASTM – C 33	NTP 400.022
Ensayo de peso específico de agrado grueso	ASTM – C 33	NTP 400.021
Ensayo de peso unitario de los agregados	ASTM – C 29	NTP 400.021
Contenido de humedad de los agregados	ASTM – D 2216	NTP 339.127
Diseño de mezcla	ACI – 211	-
Ensayo de resistencia a la compresión	ASTM – C39	NTP 339.034

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento de la investigación

Como se ve en la Figura 1, se han tenido en cuenta varios pasos para la investigación.

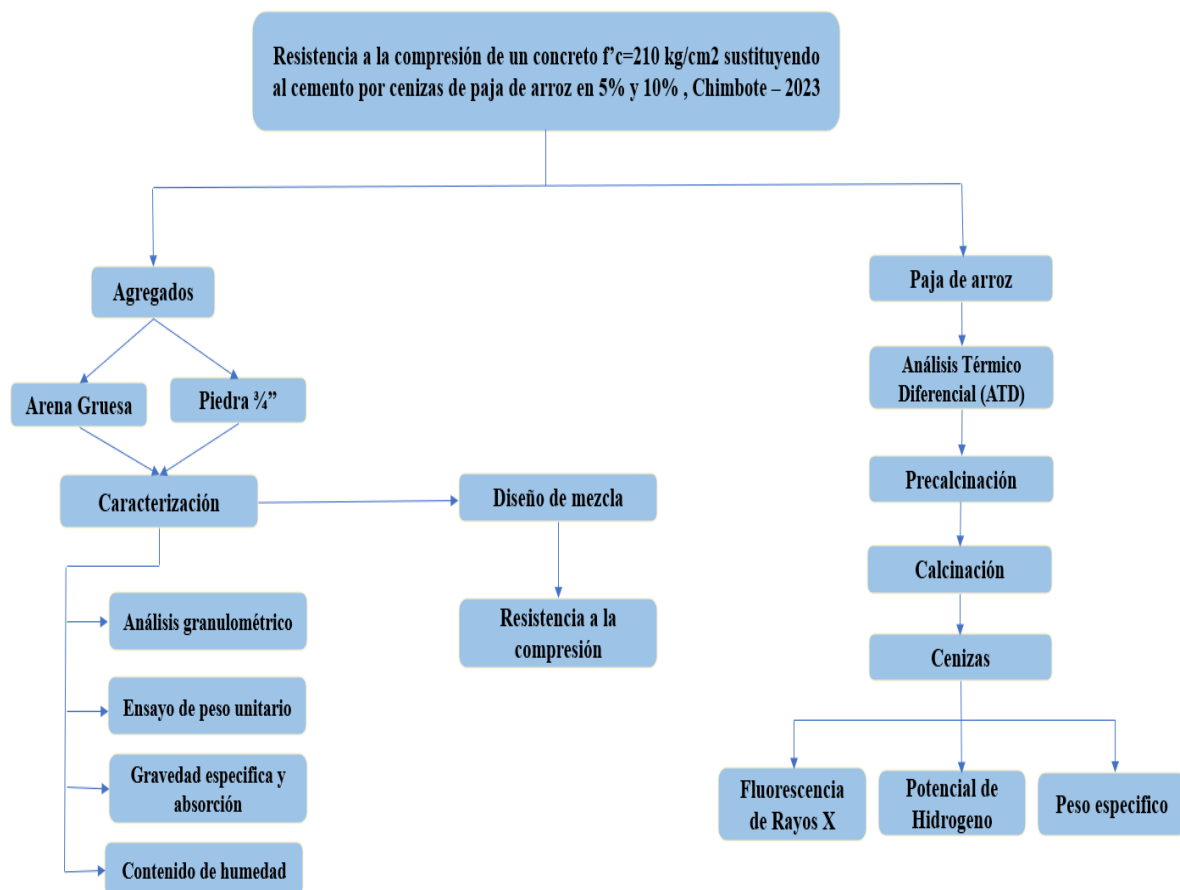


Figura 1. Procedimiento experimental. Elaboración propia.

Recopilación de datos

Adquisición de materiales

Ubicación y recolección de los agregados

La cantera Rubén, situada en el distrito de Chimbote y departamento de Ancash, se recolectó los agregados: piedra de $\frac{3}{4}$ de pulgada y arena gruesa.

Ubicación y recolección de la materia prima

La paja de arroz fue recolectada del campo días después de la cosecha de arroz ubicado en el asentamiento humano La Huaca segunda etapa que pertenece al distrito de Santa, departamento de Ancash.

Limpieza y secado de la materia prima

Se colocó el material en el suelo limpio donde hubo sol y ventilación suficiente para quitar la humedad volteando regularmente la paja y se seque de manera homogénea luego de verificar que se encuentre seco y de color homogéneo, se procedió a limpiar superficialmente retirando el material no deseado como el polvo y eliminar la paja que contenga impurezas.

Procedimiento para el ensayo de ATD

Una vez elegido el material que presenta tono uniforme y un aspecto superficial seco y limpio, se cuarteo hasta conseguir una muestra representativa.

Luego se procede a cortar la paja en pequeños trozos para molerlos manualmente en un molino corona hasta alcanzar la textura deseada, se tamizo por la tela organza hasta obtener una muestra de tres gramos de polvo de paja de arroz por último se envió a la UNT para realizar el ensayo de análisis térmico diferencial en el laboratorio de polímeros.

Activación térmica de la paja de arroz

Se efectuó una pre calcinación a cielo abierto de la paja de arroz para reducir el volumen del material, se dejó enfriar para luego recolectar en bolsas de papel este proceso de pre calcinación duro un día logrando pre calcinar ocho sacos de paja de arroz. Luego de recolectar las cenizas de paja de arroz posteriormente se pulverizo con la ayuda de un molino corona, seguidamente se tamizo por la tela organza así recolectar lo pasante en bolsas de papel, finalmente se llevó las cenizas de paja de arroz pre calcinadas a la Universidad San Pedro en donde se realizó la calcinación a la temperatura indicada por el análisis térmico diferencia (420°C en un intervalo de tiempo de dos horas).

Ensayo de Fluorescencia de Rayos X

Se recolectó 40 gramos de ceniza de paja de arroz en un envase hermético y rotulado. Finalmente se llevó la muestra al laboratorio de física de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en la ciudad de Lima y se realizó el ensayo propio.

Ensayo de Potencial de Hidrogeno Ph en cenizas, cemento y mezclas de cemento y cenizas en 5% y 10%.

Se recolectó una porción de 50 gramos de ceniza de paja de arroz, 50 gr de cemento, 50 gramos de la mezcla de cemento + cenizas de paja de arroz en 5% y 50 gr de la combinación de cemento + cenizas de paja de arroz en 10%. Posteriormente se llevaron las muestras al laboratorio COLECBI en la ciudad Chimbote y se realizó el ensayo propio.

A continuación, los materiales se llevaron al laboratorio y de acuerdo con la norma ACI 211 se realizaron pruebas de análisis granulométrico para determinar el tamaño de los agregados, el tamaño nominal máximo de la piedra triturada, el módulo de finura de la arena, el peso específico y la absorción de cada árido y el peso unitario. Seguidamente, se realizó la mezcla diseñada para un metro cúbico con una $f'c=210$ kg/cm² para la dosificación de concreto convencional y experimental de 5% y 10% de ceniza de paja de arroz. La tabla 11 proporciona más información. Se determinó una granulometría para el agregado fino sostenido por la malla N°4 a N°200, con un módulo de finura de 2.8.

Tabla 11
Granulometría del Agregado Fino

	Tamiz	Peso retenido	% Ret. Parcial	% Ret. Acumu.	% Que pasa	
	N°4	4.76	20.30	4.10	4.10	95.90
	N°8	2.36	50.00	10.00	14.10	85.90
	N°16	1.18	94.00	18.90	33.00	67.00
	N°30	0.60	121.60	24.40	57.40	42.60
	N°50	0.30	112.20	22.50	79.90	20.10
	N°100	0.15	67.50	13.60	93.50	6.50
	N°200	0.08	27.00	5.40	98.90	1.10
	PLATO ASTM	5.50	1.10	100.00	0.00	
	TOTAL	C-117-04	498.10	100.00		

Fuente: Resultados del laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro.

En cuanto al agregado grueso se ha retenido desde la malla 1 ½” hasta la malla 3/8”, teniendo como tamaño máximo nominal 3/4”, para más detalle ver tabla 12.

Tabla 12
Análisis Granulométrico para el Agregado Grueso

Tamiz		Peso retenido	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% Que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr)	(%)	(%)	(gr)
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	60.50	4.51	4.51	95.49
3/4"	19.10	870.40	64.93	69.44	30.56
1/2"	12.50	396.90	29.61	99.05	0.95
3/8"	9.52	9.60	0.72	99.77	0.23
N°4	4.76	0.00	0.00	99.77	0.23
N°8	2.36	0.00	0.00	99.77	0.23
N°16	1.18	0.00	0.00	99.77	0.23
N°30	0.60	0.00	0.00	99.77	0.23
N°50	0.30	0.00	0.00	99.77	0.23
N°100	0.15	0.00	0.00	99.77	0.23
N°200	0.08	0.00	0.00	99.77	0.23
PLATO	ASTM C-117-04	3.20	0.23	100.00	0.00
TOTAL		1340.6	100		

Fuente. Resultados del laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro.

A continuación, los agregados se sometieron a pruebas físicas, siguiendo la norma ACI-211 para un protocolo correcto. La granulometría de los agregados se examinó utilizando la norma ATM C 136, su peso específico y los resultados de las pruebas de absorción se determinaron utilizando las normas ASTM C128 y 127, la capacidad de humedad se determinó utilizando la norma ASTM D2216, y el peso unitario se determinó utilizando la norma ASTM C29. Todos estos ensayos se realizaron para encontrar la mezcla de diseño $f'c=210$ kg/cm². En la tabla 13 se ofrecen más detalles.

Tabla 13
Características de los materiales

Materiales		
Cemento Tipo I “Pacasmayo”		
Peso Especifico	3.12	
Especificaciones	A. Fino	A. Grueso
Peso específico de masa	2.70	2.85
Peso unitario suelto	1567	1406
Peso unitario compactado	1772	1521
Contenido de humedad	0.35%	0.64%
Absorción	0.60%	0.28%
Módulo de fineza	2.82	-
Tamaño Máximo Nominal	-	3/4"

Nota. Resultados del laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro.

Las pruebas físicas de los agregados revelaron tenía un peso específico de 2.70 y 2.85 respectivamente. Los pesos unitarios sueltos de los agregados fino y grueso fueron de 1567 kg/m³ y 1406 kg/m³, los pesos unitarios sueltos de los agregados fino y grueso fueron de 1567 kg/m³ y 1406 kg/m³, y los pesos unitarios compactados fueron de 1772 kg/m³ y 1521 kg/m³. El contenido de humedad de los agregados era del 0,35% y del 0,64% para el agregado grueso. El tamaño nominal máximo de es de 3/4" para la piedra; el módulo de finura es de 2,82; la característica de absorción es de 0,60% y 0,28% respectivamente. El diseño de la mezcla para 1 m³ de hormigón con f'c=210 kg/cm² de concreto se muestra en la tabla 14.

Tabla 14
Diseño de mezcla por metro cúbico (m³) para el concreto convencional

Diseño de mezcla convencional			
Materiales	Peso (kg)	Porción en peso	Porción en volumen
Cemento	299.71	1	1
Agua	203.933	28.9	28.92
A. Fino	942.758	3.15	3.00
A. Grueso	949.231	3.17	3.36

Fuente. Resultados del laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro.

En cuanto a la dosificación para lo que es 1m³ concreto experimental al 5% y 10% con cenizas de paja de arroz (CPA) sustituyendo parcialmente al cemento, de resistencia f'c=210 kg/cm² para la obtención de la resistencia a la compresión, se detalla en la tabla 15.

Tabla 15*Diseño de mezcla para el concreto convencional y experimental por metro cúbico (m³)*

Diseño de mezcla convencional y experimental en peso (kg)			
Materiales	Convencional	Experimental 5%	Experimental 10%
Cemento (kg)	299.71	284.72	269.74
Agua (L)	203.933	203.933	203.933
A. Fino (kg)	942.758	942.758	942.758
A. Grueso (kg)	949.231	949.231	949.231
CPA (kg)	-	14.985	29.971

Fuente. Elaboración propia.

A partir de los valores obtenidos se procede a calcular la cantidad de materiales que necesitan por probeta y obtener la cantidad de cenizas totales para realizar los ensayos de resistencia a la compresión ver tabla 16.

Tabla 16*Cantidad de materiales del concreto convencional y experimental al 5% y 10% por probeta*

Materiales	Convencional	Experimental 5%	Experimental 10%
Cemento (kg)	1.827	1.736	1.644
Agua (L)	1.243	1.243	1.243
A. Fino (kg)	5.748	5.748	5.748
A. Grueso (kg)	5.787	5.787	5.787
CPA (kg)	-	0.091	0.183

Fuente. Elaboración propia.

A efectos del ensayo de resistencia a la compresión, se determina la cantidad total de ceniza de paja de arroz (CPA).

Tabla 17*Cantidad de cenizas totales para 12 probetas*

Cantidad de (CPA)	
CPA 5%	1.096
CPA 10%	2.193
Total (Kg)	3.289

Fuente. Elaboración propia.

A continuación, se cargó el equipo para obtener todas las muestras de los especímenes de concreto convencional y experimental, y se les dio el tiempo de curado adecuado.

Posteriormente, los especímenes convencionales y experimentales se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. Se determinó el peso de cada probeta antes y después del curado, y se tomaron medidas de su altura y diámetro antes del ensayo de compresión.

Resultados

Determinar la temperatura de calcinación de la paja de arroz mediante el Análisis Térmico Diferencial:

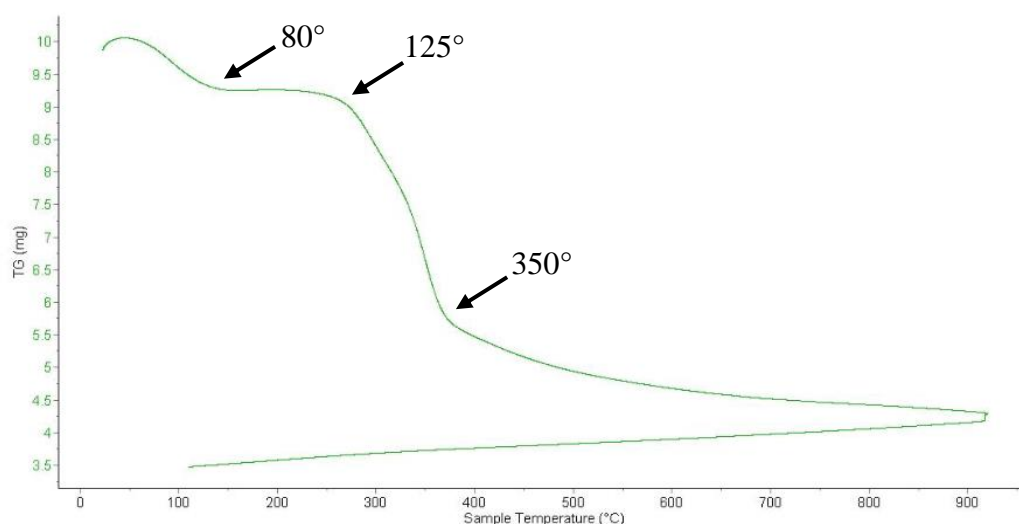


Figura 2. Curva de pérdida de masa – Análisis Termogravimétrico, Informe No 08 – May – 23. UNT – Laboratorio de Polímeros.

Interpretación: El análisis termogravimétrico se observa dos caídas la primera es ligera se da entre 80°C y 125°C la caída más importante ocurre entre 270°C y 350°C pérdida de masa de 55%.

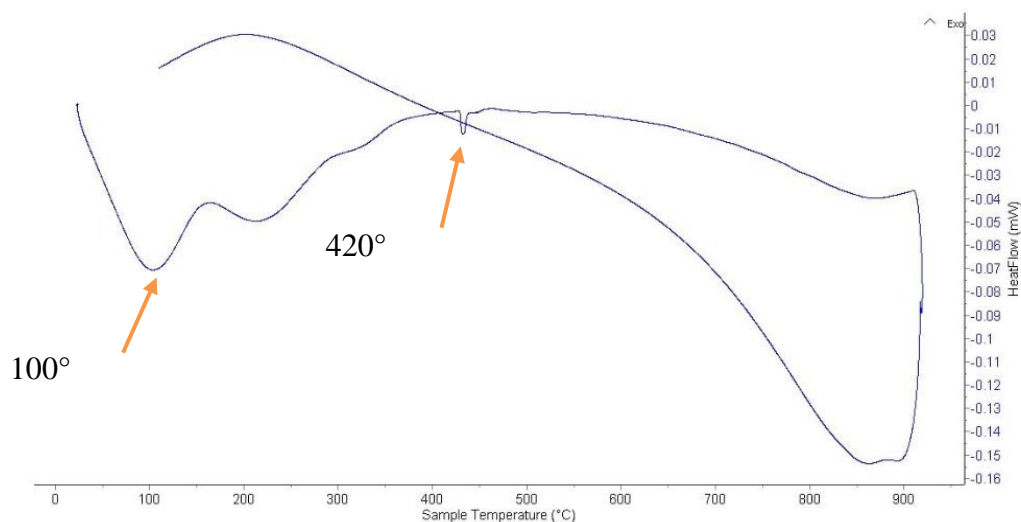


Figura 3. Curva Calorimétrica - Análisis Térmico diferencial Informe No 08 – May – 23. UNT – Laboratorio de Polímeros.

Interpretación: El análisis térmico diferencial revelan picos endotérmicos a 210°C y 100°C, así como un pico de absorción térmica a 420°C que provoca un cambio estructural en las propiedades del material.

Composición química de las cenizas de la paja de arroz mediante la Fluorescencia de Rayos X:

Tabla 18

Composición elemental de ceniza de paja de arroz en % de la masa total

Óxido	Concentración % masa	%
SiO ₂	73.278	67.476
P ₂ O ₃	2.672	2.460
SO ₂	2.150	1.980
ClO ₂	8.079	7.438
K ₂ O	16.784	15.455
CaO	4.255	3.918
TiO ₂	0.060	0.055
V ₂ O ₅	0.020	0.018
Cr ₂ O ₃	0.012	0.011
MnO	0.763	0.703
Fe ₂ O ₃	0.417	0.384
CuO	0.011	0.010
ZnO	0.046	0.042
Ga ₂ O ₃	0.020	0.019
SeO ₂	0.033	0.031
Total	108.599	100.00

Fuente: Resultados del Laboratorio Arqueometría de la UNMSM.

Interpretación se observa que el mayor compuesto químico es el óxido de silicio abarcando el 67.47% del total de los óxidos, siendo uno de los compuestos que pertenecen a la composición química del cemento.

Potencial de Hidrogeno (Ph)

Tabla 19

Potencial de hidrógeno de los materiales cementantes y las combinaciones

Muestras	Ensayo (Ph)
Cemento tipo I	12.49
Cenizas de paja de arroz	10.74
Combinación de 95% de cemento tipo I + 5% de cenizas de paja de arroz	12.45

Combinación de 90% de cemento tipo I + 10% de cenizas de paja de arroz	12.52
------------------------------------------------------------------------	-------

Fuente: Informe de ensayo N°20230711-012 "COLECBI" S.A.C.

Interpretación se muestra que tanto el cemento, cenizas de paja de arroz y combinaciones en 5% y 10% son de grado alcalino.

Relación agua/cemento

En el concreto convencional como experimental de 5% y 10%, se consideraron las características del método ACI - 211 para el hormigón de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando un asentamiento de 3" a 4" como referencia para el diseño de la mezcla.

Tabla 20
Relación agua/cemento

Agua	Cemento	A/C
203.933	299.708	0.68

Fuente: Resultados del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP

Interpretación. La relación a/c para el concreto convencional como experimental al 5% y 10%, es 0.68.

Determinar los pesos específicos de las cenizas y sus combinaciones

Tabla 21
Pesos específicos de los materiales

Pesos Específicos	
cemento "Pacasmayo" Tipo I	3.12
CPA 100%	3.16
Cemento 95% + CPA 5%	3.03
Cemento 90% + CPA 10%	2.92

Fuente: Resultados del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP

Interpretación. Se pudo observar que los pesos específicos del cemento y de las cenizas (CPA) 100% y cemento 95% + 5% CPA son similares y densas, a comparación de la combinación al cemento 90% + 10% CPA la densidad disminuye.

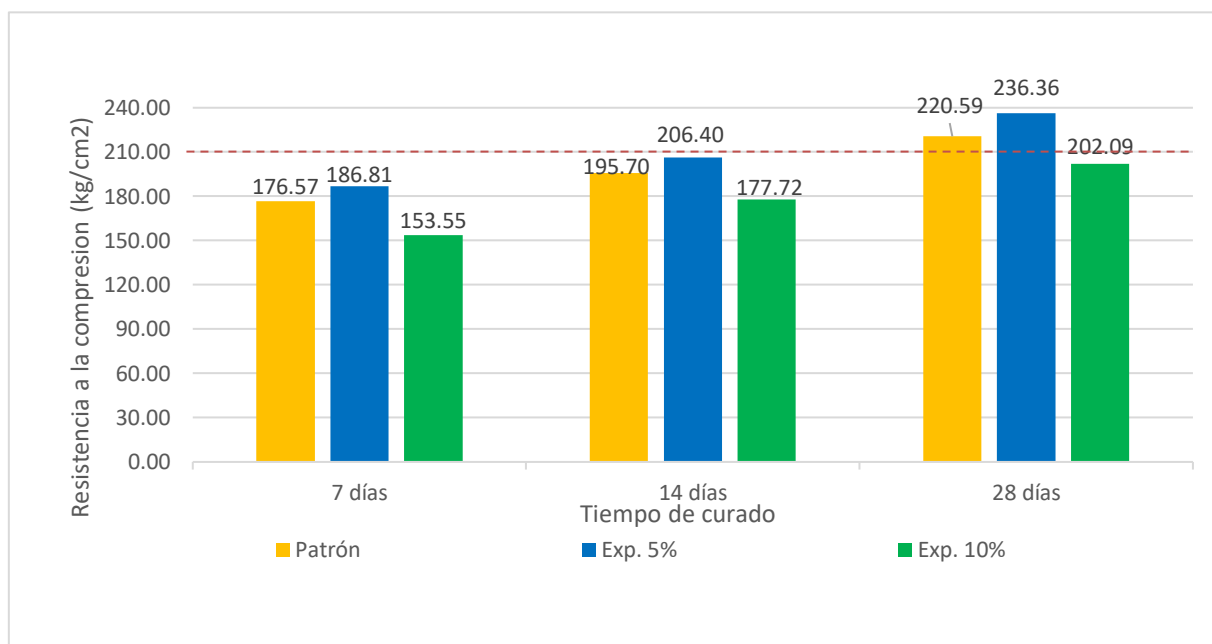
Determinar la resistencia a la compresión del concreto convencional y experimental

Tabla 22*Resistencia a la compresión promedio del concreto convencional y experimental*

Edad	Concreto convencional	Concreto Experimental	Concreto Experimental
	(kg/cm ²)	5% (kg/cm ²)	10% (kg/cm ²)
7 días	176.57	186.81	153.55
14 días	195.70	206.40	177.72
28 días	220.59	236.36	202.09

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se detalla en formato de barras la resistencia a la compresión del concreto convencional y experimentales, véase Figura 4.

**Figura 4.** Comparación de resistencia a la compresión del concreto convencional y experimental al 5% y 10%.

Interpretación: el concreto convencional supera al diseño de concreto $f'c = 210$ kg/cm², el concreto experimental con 5% de CPA, su resistencia va aumentando a los 7, 14 y 28 días superando al concreto convencional.

A continuación, se detalla en formato líneas de tendencia resistencia a la compresión del concreto convencional y experimentales, véase Figura 5.

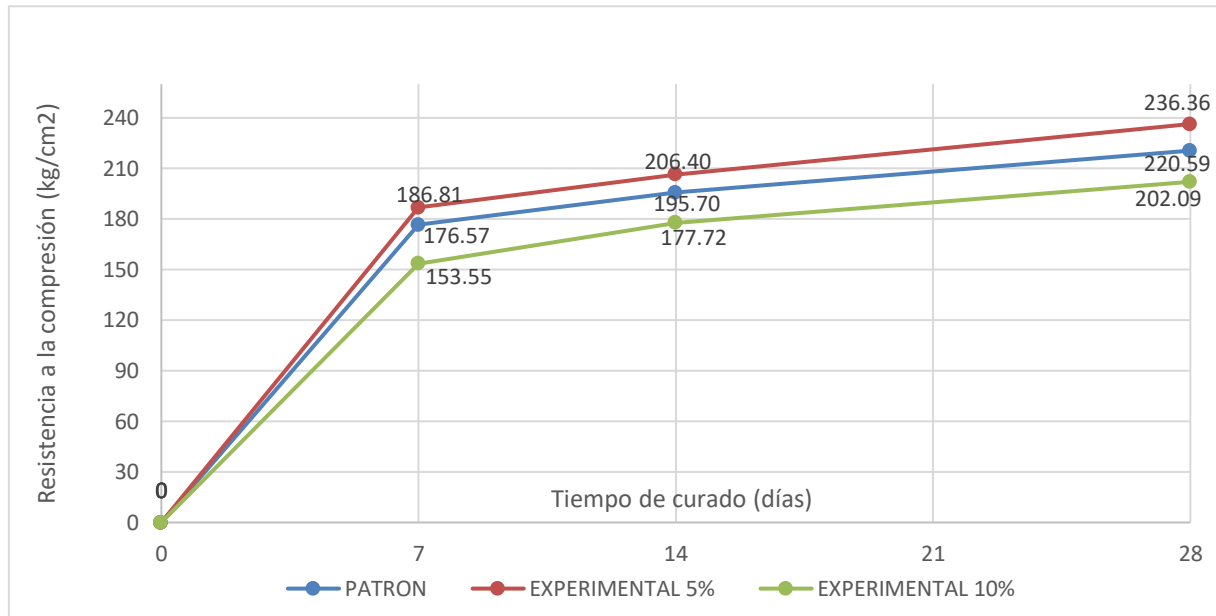


Figura 5. Línea de tendencia de la resistencia a la compresión del concreto convencional y experimental al 5% y 10%.

Interpretación: El concreto experimental al 10% a los 7, 14 y 28 días está por debajo del concreto convencional disminuyendo la resistencia.

Resultados mediante la interpretación estadística.

Tabla 23
Cantidad de datos para las pruebas estadísticas

Concreto	Convencional	Experimental 5%	Experimental 10%
Resistencia a la compresión 7 días	176.18	188.91	155.85
	180.26	188.20	155.04
	172.34	186.65	153.04
	177.48	183.46	150.28
Resistencia a la compresión 14 días	194.26	206.22	178.66
	197.26	204.94	176.21
	197.01	206.11	178.55
	194.26	208.31	177.45
Resistencia a la compresión 28 días	217.51	232.20	199.18
	221.92	238.65	205.68
	222.56	236.75	203.68
	220.35	237.85	199.82

Fuente: elaboración propia.

Prueba de normalidad, plantear hipótesis, donde: H_0 : los datos tienen una distribución normal, H_1 : los datos no tienen una distribución normal. La prueba de Shapiro-Wilk se utiliza para determinar el nivel de significancia (alfa) al 5% y el nivel de significación (confianza) al 95%.

Tabla 24
Prueba de Normalidad de Shapiro - Wilk

Resistencia	Concreto	Estadístico	gl	p
	Convencional	0.986	4	0.935
7 días	Experimental 5%	0.911	4	0.489
	Experimental 10%	0.938	4	0.640
14 días	Convencional	0.765	4	0.053
	Experimental 5%	0.924	4	0.561
	Experimental 10%	0.888	4	0.373
28 días	Convencional	0.917	4	0.518
	Experimental 5%	0.855	4	0.242
	Experimental 10%	0.899	4	0.426

Fuente: Elaboración propia.

Criterio de decisión si $p < 0.05$ rechazamos la H_0 y acepto la H_1 ; si $p \geq 0.05$ acepta H_0 y rechazamos H_1 . Como $p > 0.05$ acepta H_0 y rechazamos H_1 , es decir los datos tienen distribución normal.

Prueba de homogeneidad de varianzas, plantear la hipótesis donde H_0 : las varianzas son iguales y H_1 : la varianza no es iguales. Utilizando $p \leq 0,05$ como criterio de decisión, rechazamos H_0 y aceptamos H_1 , mientras que $p > 0,05$ significa que aceptamos H_0 y rechazamos H_1 . Se aplica la prueba de Levene.

Tabla 25
Prueba de Homogeneidad de Levene

Estadístico de Levene	gl1	gl2	p
0.144	2	9	0.868
0.127	2	9	0.882
0.127	2	8.037	0.882
0.144	2	9	0.868
1.063	2	9	0.385

0.888	2	9	0.445
0.888	2	5.002	0.468
1.049	2	9	0.390
0.562	2	9	0.589
0.383	2	9	0.693
0.383	2	6.268	0.697
0.533	2	9	0.604

Fuente: elaboración propia

Como $p > 0.05$ acepta H_0 y rechazamos H_1 , es decir las varianzas son iguales, lo cual indica homogeneidad de las varianzas.

Se concluye que existe una distribución normal y homogeneidad de las varianzas se aplica la estadística paramétrica, ANOVA (Análisis de varianza).

Plantear la hipótesis donde H_0 las medias son iguales H_1 : al menos una de las medias es diferente. Criterio de decisión: aceptar H_0 y rechazar H_1 si $p \geq 0,05$, rechazar H_0 si $p < 0,05$.

Tabla 26
Estadística paramétrica ANOVA

F	P
152.329	0.000
417.293	0.000
153.191	0.000

Fuente: elaboración propia

F es mucho mayor que $p < 0,05$. Aceptamos H_1 y rechazamos H_0 porque las medias de los grupos no coinciden. Se utilizan otras pruebas para identificar qué grupo es distinto; en este caso, se utiliza la prueba de Tukey porque los tamaños de los grupos son iguales.

Tabla 27
Prueba Post Hoc de Tukey

días	Porcentajes de cenizas	diferencias de medias	p
7	Concreto convencional - concreto experimental 5%	-10.24000	<0.001
	Concreto convencional - concreto experimental 10%	23.01250	<0.001

	concreto experimental 5% -		
	concreto experimental 10%	33.25250	<0.001
	Concreto convencional -		
	concreto experimental 5%	-10.67950	<0.001
14	Concreto convencional -		
	concreto experimental 10%	17.98000	<0.001
	concreto experimental 5% -		
	concreto experimental 10%	28.67750	<0.001
	Concreto convencional -		
	concreto experimental 5%	-15.77750	<0.001
28	Concreto convencional -		
	concreto experimental 10%	18.49500	<0.001
	concreto experimental 5% -		
	concreto experimental 10%	34.27250	<0.001

Fuente: elaboración propia

Las medias entre cada grupo tienen diferencia significativa $p < 0.05$. Por lo tanto, se concluye que la resistencia a la compresión al sustituir parcialmente el cemento con cenizas al 10% disminuye significativamente comparado con el concreto convencional.

Finalmente, se sustenta mediante la prueba de hipótesis, que la dosificación a considerar es 5%, teniendo una significancia positiva comparado con el concreto convencional, mejorando la resistencia a la compresión.

Análisis y discusión de resultados

Hidalgo (2018) mediante el análisis térmico diferencial utiliza cenizas pre calcinadas de paja de arroz y determina el grado de calcinación a una temperatura de 550°C, en la presente investigación difiere la temperatura de calcinación de las cenizas pre calcinadas es de 420°C por un periodo de dos horas donde se muestra un cambio en las propiedades y la estructura del material, Por otro lado, Vásquez (2020) presenta una coincidencia del mismo grado de temperatura a pesar que el material que utiliza es la cascara de arroz, pues ambos materiales derivan de la planta de arroz.

Mediante el uso de fluorescencia de rayos x para determinar la composición química de la ceniza de paja de arroz, se obtuvo que el 67,47% es óxido de silicio (SiO₂) y 3.91% de óxido de calcio (CaO), siendo uno de los principales componentes químicos del cemento, sin embargo, Pandey y Kumar (2019) difiere en sus resultados en cuanto a óxido de silicio es 79,82% (SiO₂) y 0.37% de óxido de calcio (CaO), lo que indica un resultado mayor en óxido de silicio y menor en oxido de calcio, posiblemente se debe al procedimiento de la calcinación pues la calcinación de la presente investigación es controlada por un determinado tiempo y temperatura a diferencia de la contra parte que realizo un calcinado al aire libre.

Cuando se analizó el potencial de hidrogeno de la ceniza de paja de arroz los resultados mostraron que el cemento era 12.49, y el de las cenizas era de 10.74, la primera combinación de cemento y ceniza de arroz al 5% fue 12.45 y el de la segunda combinación de cemento 90% + ceniza de paja de arroz 10% obtuvo 12.52. El grado de acidez o alcalinidad de una sustancia puede determinarse utilizando el valor del pH. Del mismo modo, Hidalgo (2020) tiene como resultado pH de las cenizas de paja de arroz fue 10.02 este resultado concuerda con lo que se halló, indica que el nivel de alcalinidad de la ceniza es similar al del cemento.

Para el diseño de mezcla de concreto convencional, la relación agua/cemento se calculó en 0.68 con un asentamiento de 3" a 4. Así mismo se mantiene la proporción a/c en los concretos experimentales al sustituir el 5% y el 10% por cenizas de paja de arroz. Se puede comparar con Medina (2020) la relación A/C fue de 0.58 para su diseño convencional como diseños experimentales, mantiene la misma relación de agua/cemento para mantener la consistencia y no alterar las propiedades del concreto.

Se determina el peso específico de los materiales como cemento cuyo resultado es 3.12 gr/cm³, de las cenizas de paja de arroz es de 3.16 gr/cm³, para la primera combinación de cenizas de paja de arroz al 5% es 3.03 gr/cm³ y por último de la combinación del 90% de

cemento + 10% de cenizas es 2.92 gr/cm³. Es importante este ensayo porque mide la densidad del material y se utiliza en el diseño de mezcla y puede influir en las características del concreto. Pandey y Kumar (2019) obtiene como resultado 2.25 gr/cm² por debajo de lo encontrado en la presente investigación.

Tras 7 días de curado la resistencia promedio fue de 176.57 kg/cm², siendo superada por el concreto experimental al 5% de CPA con una resistencia de 186.81 kg/cm² y estando por debajo del concreto experimental al 10% de CPA 153.55 kg/cm². A los 14 días de curado la resistencia del concreto convencional fue de 195.70 kg/cm² que es mejorado con la sustitución del 5% de CPA con una resistencia de 206.40 kg/cm² y por debajo del concreto experimental al 10% de CPA 177.72 kg/cm². Finalmente, tras 28 días de curado, concreto experimental con un 10% de CPA alcanza una resistencia a la compresión de 202,09 kg/cm², inferior a la del concreto convencional de 220,59 kg/cm², que sin embargo mejora con la sustitución del 5% de CPA. En consecuencia, el concreto experimental con un 5% de CPA presenta un mejor comportamiento y una mayor resistencia a la compresión que el concreto convencional; por el contrario, el hormigón experimental con un 10% de CPA no presenta un mejor comportamiento que el concreto convencional.

Por otro lado, More y Yarleque (2022), obtuvo los siguientes resultados de las sustituciones de ceniza de paja de arroz al 4%, 8% y 12%, lo cual obtuvieron promedios de 175.40 kg/cm² después de 7 días de curado el concreto patrón. Del mismo modo, los concretos experimentales al 4%, 8% y 12% tuvieron resistencias medias de 162.20 kg/cm², 139,90 kg/cm² y 128,60 kg/cm², mientras que el concreto estándar obtuvo una resistencia de 202,00 kg/cm², tras 14 días de curado. Tras 28 días de curado, la resistencia del concreto estándar de 227,80 kg/cm² resultó superior a la resistencia estimada. Por el contrario, los hormigones experimentales al 4%, 8% y 12% alcanzaron resistencias a compresión de 210,40 kg/cm², 189,20 kg/cm² y 177,00 kg/cm², respectivamente, siendo sólo el valor del 4% de reemplazo parcial similar a la resistencia deseada.

Los resultados mediante la interpretación estadística existen un nivel de significancia positiva para la sustitución parcial de la ceniza de paja de arroz al 5% cuando se compara con el concreto convencional y experimental.

Conclusiones

La paja de arroz se calcina a 420°C durante dos horas, activando el material, según el análisis térmico diferencial.

La composición química de la ceniza de paja de arroz se determina mediante fluorescencia de rayos X; el resultado de óxido de silicio (SiO₂) muestra el porcentaje más alto y el de óxido de calcio (CaO) el más bajo. Estos componentes favorecen al concreto de acuerdo con las proporciones y mejoran la resistencia a la compresión.

Se analiza el potencial de hidrogeno de la ceniza de paja de arroz, la combinación del 95% de cemento y 5% de ceniza de paja de arroz, y combinación del 90% de cemento y 10% de ceniza de paja de arroz, son de nivel alcalino con los siguientes valores 10.74, 12,45 y 12.52 muy parecidos al cemento 12.49, siendo la alcalinidad un factor importante para garantizar la durabilidad del concreto.

Se determina el peso específico de la ceniza de paja de arroz es de 3.16 gr/cm³ la combinación del 95% de cemento y 5% de ceniza de paja de arroz es 3.03 gr/cm³ y combinación del 90% de cemento y 10% de ceniza de paja de arroz es 2.92 gr/cm³ tiene similitud al cemento que es 3.12 gr/cm³. Es fundamental conocer el peso para el diseño de mezcla, repercute en la fabricación y calidad del concreto.

Tanto el concreto convencional como el experimental tienen una relación agua/cemento de 0.68, tomando en cuenta un Slump de 3" a 4" manteniendo una adecuada trabajabilidad.

Tras 7, 14 y 28 días de curado, se determina la resistencia a la compresión del concreto convencional; el resultado medio es de 176,57 kg/cm², 195,70 kg/cm² y 220,59 kg/cm². La resistencia a la compresión del concreto experimental con un 5% de sustitución a los 7, 14 y 28 días de curado aumenta a 186,81 kg/cm², 206,40 kg/cm² y 236,36 kg/cm². Por el contrario, el concreto experimental con un 10% de sustitución a los 7, 14 y 28 días de curado disminuye a 153,55 kg/cm², 177,72 kg/cm² y 202,09 kg/cm², que están por debajo de la resistencia promedio a la compresión del hormigón convencional. De esta manera se concluye que la reacción puzolánica de la ceniza en unión con el cemento provoca una mejora considerable de la resistencia a la compresión del concreto cuando se sustituye el 5% del cemento por ceniza de paja de arroz.

Mediante la interpretación estadística se puede concluir que la adición de un 5% de ceniza de paja de arroz en sustitución parcial del cemento es la mejor opción, ya que aumenta la resistencia a la compresión del hormigón normal.

Recomendaciones

Se recomienda que para obtener una mejor activación y aprovechar las capacidades puzolánicas se debe conservar el tiempo y grado de calcinación dada por el análisis térmico diferencial pues se obtiene un alto contenido de óxido de sílice de las cenizas de paja de arroz.

Se recomienda complementar algún elemento que contenga oxido de calcio y probar porcentajes variables para evaluar si aumenta la resistencia a la compresión.

Estudiar otras variables como estudios de corrosión, porosidad y permeabilidad en el concreto utilizando cenizas de paja de arroz.

Realizar ensayos no destructivos en las probetas experimentales que contienen ceniza de paja de arroz y contrastarlas con el concreto convencional.

Agradecimiento

Gracias a Dios por brindarme la vida, a mis padres Iris y David, mis hermanos Eykorl y Kelvin y a mi estimado amigo Bruce por su inquebrantable paciencia y apoyo durante este proceso sin su motivación constante y su confianza, este logro no habría sido posible.

Agradezco a la Universidad San Pedro, a todos los que ayudaron a terminar mi investigación, especialmente a mi asesor, cuyo esfuerzo y entusiasmo por la enseñanza me permitieron aprender todo lo que pude durante mi estancia en la universidad.

Referencias bibliográficas

- Armenta, G. (24 de noviembre de 2022). El consumo de cemento y su evolución a nivel mundial. [Gloval Building Value]. Recuperado de <https://www.gloval.es/consumo-cemento/>
- ASTM International. (2012). Standard specification for Portland cement (C150). Norma Técnica. Recuperado el 26 de mayo de 2023 de <https://www.astm.org/Standards/C150.htm>
- ASTM International. (2019). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete (ASTM C 618). Recuperado de <https://www.astm.org/c0618-22.html>
- ASTM International. (2020). Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates (C125-20). Norma Técnica. 2020.
- Azaran, Z. C. (2018). Resistencia a la compresión de mortero con cemento sustituido el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por ceniza de concha de choro (*aulacomya atra*). (Tesis de Pregrado) Recuperado de Repositorio Universidad San Pedro <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/10393>
- Bartz, R. (17 de noviembre 2016). Diseño de mezclas de concreto. [linkedin.com]. Recuperado el 20 de mayo de 2023 de <https://es.linkedin.com/pulse/dise%C3%B1o-de-mezclas-concreto-rodrico-coelho-bartz>
- Briones, G. (2002). Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales. Instituto Colombiano para el fomento de la educación. Recuperado de <https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/metodologia-de-la-investigacion-guillermo-briones.pdf>
- Carranza, J. (2020). Resistencia a la compresión de concreto sustituyendo al cemento de ceniza de paja de trigo y ceniza de concha de abanico. (Tesis de Pregrado). Recuperado de repositorio Universidad San Pedro <http://www.repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20668>
- Carrasco, S. (2006). Metodología de la Investigación Científica. Recuperado de https://www.academia.edu/26909781/Metodologia_de_La_Investigacion_Cientifica_Carrasco_Diaz_1_ISBN_9972-34-242-5

- CEMEX Perú. (2019, junio 19). Hablando de Cementos Portland. [CEMEX Perú]. Recuperado el 26 de mayo de 2023 de <https://www.cemex.com.pe/-/hablando-de-cementos-portland>
- Chan, J., Carcaño, R., & Moreno, E. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Ingeniería*, 7(2), 39-46. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf>
- Chipatecua., L. (s.f.). ¿Cuál es la composición química del cemento y cómo afecta sus propiedades? [360enconcreto.com]. Recuperado el 25 de mayo de 2023 de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/cual-es-la-composicion-quimica-del-cemento-y-como-afecta-sus-propiedades/>
- Arancelarias - INDECOPI. (2011). Cementos. Definiciones y nomenclatura (NTP 334.001). Norma Técnica Peruana. Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-pedro-ruiz-gallo/tecnologia-del-concreto/ntp-334001-2011-cementos-definiciones-y-nomenclatura/38501962>
- Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI. (2008). Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos) (NTP 400.011). Norma Técnica Peruana. Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-agraria-la-molina/resistencia-de-materiales/ntp-400011-agregados-definicion-y-clasificacion/8804956>
- Dirección de Normalización - INACAL. (2018). *NTP 400.037: Requisitos de calidad para productos de panificación*. Recuperado de <https://www.inacal.gob.pe/normas-tecnicas-peruanas/>
- Estrada, J., & Bartolo, R. (2021). Cenizas de bagazo de caña de azúcar como sustitución del cemento portland en elaboración de concreto hidráulico. (Tesis de Pregrado) Recuperado de Repositorio Institucional Universidad Nacional del Santa: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3633>
- Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación México. Editorial Mc. Graw Hill Interamericana Editores, SA. Recuperado de <https://archive.org/details/hernandezetal.metodologiadelainvestigacion/page/n1/mode/2up>

- Hidalgo, S.E. (2018). Evaluación de la reactividad puzolánica de la ceniza de paja de arroz. (Tesis de Maestría). Recuperado Repositorio Institucional de la Universitat Politècnica de Valencia <https://riunet.upv.es/handle/10251/105638>
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto – IMCYC (2004). Propiedades del Concreto. Recuperado de <http://www.imcyc.com/cyt/julio04/CONCEPTOS.pdf>
- Instituto Tecnológico de la Producción (26 de abril de 2018). Desarrollarán bioquímico a partir de la paja de arroz en Arequipa. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/itp/noticias/21601-desarrollaran-bioquimico-a-partir-de-la-paja-de-arroz-en-arequipa>
- Kosmatka., S., Kerkhoff., B., Panarese., W., & Tanesi., J. (2044). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/348676443_Diseño_y_Control_de_Mezclas_de_Concreto
- León, M.A. (2020). Resistencia a la compresión de un concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento por una combinación de cenizas de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo. (Tesis de Pregrado). Recuperado de repositorio Universidad San Pedro <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20603>
- Mamani, W., & Quispe, C. (2022). Influencia de la ceniza de tallo de cañihua en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=201 \text{ kg/cm}^2$ Crucero - Puno – 2022 (Tesis de Pregrado). Recuperado de Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/109523/Mamani_CW-Quispe_YCJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mc Cormac, J. & Brown, R. (2011). Diseño de Concreto Reforzado. Recuperado de https://www.academia.edu/38487980/Diseño_de_Concreto_Reforzado_Jack_C_McCormac_Russell_H_Brown_8Ed
- Medina, D.E. (2020). Influencia de la ceniza paja de arroz y plástico reciclado (PET) en los comportamientos mecánicos en adoquines de concreto para tránsito peatonal, Lima, 2019. (Tesis de Pregrado). Recuperado de repositorio de la Universidad Cesar Vallejo <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60072>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI (2020). Análisis de Arroz 206 – 2020. Recuperado de <https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/1114>

- More, M. A., & Yarleque Silva, V. J. (2022). Diseño de Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ Sustituyendo Parcialmente El Agregado Fino Por La Ceniza De Pajilla de Arroz–Piura. (Tesis de Pregrado) Recuperado de repositorio de la Universidad Cesar Vallejo <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88704>
- Navarro, S. (2011). Propiedades principales del concreto. [civilgeeks.com]. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2011/12/11/propiedades-principales-del-concreto/>
- Norma Técnica Peruana 334.011. (2011). CEMENTOS. Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para su uso en concreto. Especificaciones. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/426839597/334-104-2011>
- Norma Técnica Peruana 339.034. (2015). CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-san-agustin-de-arequipa/tecnologia-del-concreto/ntp-339034-rotura-a-compresion-de-testigos/24911480>
- Norma Técnica Peruana 339.088. (2006). HORMIGON (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Recuperada de <https://idoc.pub/documents/norma-tecnica-peruana-ntp-339088-concreto-eljq3ygd541>
- Norma Técnica Peruana 339.127. (2019). SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/servicio-nacional-de-capacitacion-para-la-industria-de-la-construccion/laboratorio-suelos-asfalto-y-concreto/ntp-3391271998-revisada-el-2019-contenido-de-humedad/34415052>
- Norma Técnica Peruana 400.011. (2018). AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-agraria-la-molina/resistencia-de-materiales/ntp-400011-agregados-definicion-y-clasificacion/8804956>
- Norma Técnica Peruana 400.012. (2018). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Recuperado de

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-federico-villarreal/tecnologia-del-concreto/ntp-400-012-2013-agregados/12238185>

Norma Técnica Peruana 400.017. (2018). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-san-pedro/mecanica-de-suelos/ntp-400-norma-tecnica-peruana-4000172011/9733538>

Norma Técnica Peruana 400.021. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Recuperado de <https://idoc.pub/documents/normatecnicantp400021peruana2002-1-34m7yjmve846>

Oré, J. (2014). Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto. Recuperado de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/149852/TOC_0328_09_02.pdf

Pandey, A., & Kumar, B. (2019). Preliminary Study of Cement Paste Admixed with Rice Straw Ash, Microsilica & Rice Straw Ash-Microsilica Composite. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, (7), 1-5. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/331021814_Preliminary_Study_of_Cement_Paste_Admixed_with_Rice_Straw_Ash_Microsilica_Rice_Straw_Ash-Microsilica_Composite.

Pérez, J., & Merino, M. (29 de agosto 2018). Cemento – Qué es, definición y concepto [Artículo del blog]. Recuperado el 08 de junio de 2023 de <https://definicion.de/cemento/>

Rodríguez. (17 de septiembre de 2020). *Investigación aplicada: características, definición, ejemplos*. [lifeder.com] Recuperado el 22 de julio de <https://www.lifeder.com/investigacion-aplicada/>.

Ruiz, R., & Vasallo, M. (2018). Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos elaborados con cementos ICO, MS Y UG. (Tesis de Pregrado). Recuperado de Repositorio de la Universidad Privada del Norte <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14825>

Sánchez, D. (2021). Tecnología del concreto y del mortero. Recuperado de https://www.academia.edu/35759848/Tecnolog%C3%ADa_del_concreto_y_del_mortero_Diego_S%C3%A1nchez_De_Guzm%C3%A1n_Bhandar_Editores

- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO (2014). Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto. Recuperado de [https://www.academia.edu/48941428/Manual de Preparaci%C3%B3n Colocaci%C3%B3n y cuidados del concreto](https://www.academia.edu/48941428/Manual_de_Preparaci%C3%B3n_Colocaci%C3%B3n_y_cuidados_del_concreto)
- Vargas, D., Zárate, P. & Gutiérrez, H. (2005). Actividad puzolánica de las tobas pumíticas de la zona metropolitana de Guadalajara (3). Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/730/73000309.pdf>
- Vásquez, J.J. (2020). Resistencia a la compresión de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento por una combinación de cenizas de cáscara de arroz y cenizas de concha de lapicero. (Tesis de Pregrado). Recuperado de repositorio Universidad San Pedro <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20621>

Anexos

Anexo 01 matriz de operacionalización de variables

Variab les	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Resistencia a la compresión	Es el máximo esfuerzo que soporta una muestra de concreto sin fracturarse. Dado que el concreto cumple funciones relacionadas a la resistencia de esfuerzos a compresión, es una forma de medir su calidad y capacidad de soporte. (Oré, 2014).	El método consiste en aplicar una fuerza de compresión axial hasta el fallo sobre los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad que se encuentra de un intervalo predefinido, hasta la falla. La resistencia a la compresión de la muestra se determina por dividiendo carga máxima alcanzada durante el ensayo, por el área de la sección transversal de la muestra (Norma Técnica Peruana 339.034, 2015).	La carga axial es la fuerza que actúa a lo largo de la probeta ensayada, produciendo un esfuerzo uniforme. El tiempo de curado de los especímenes.	Kg/cm ² Días	Razón
Cenizas de paja de arroz	La paja de arroz es un residuo agrícola formado por hojas, raíces y tallos, compuestos de celulosa fibrosa típica. La ceniza de paja de arroz es un subproducto de la calcinación de la paja de arroz que tiene un alto contenido de dióxido de silicio (SiO ₂) siendo una fuente principal puzolánica. (Hidalgo, 2020)	La ceniza de paja de arroz se obtendrá primero de la recolección del campo, luego se deja secar a temperatura ambiente, se procede a pre calcinar para reducir su volumen por último se realiza una calcinación a temperatura controlada en un tiempo determinado por medio del ensayo de análisis térmico diferencial y determinar su composición química (ASTM C618-03, 2019).	Ensayo para ceniza de paja de arroz Ensayo químico de ceniza de paja de arroz Dosificación de las cenizas de paja de arroz	ATD Fluorescencia de Rx D1: 5% D2: 10%	

Anexo 02 matriz de consistencia

Título: Resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² sustituyendo al cemento por cenizas de paja de arroz en 5% y 10%, Chimbote
– 2023.

Problema	Variables	Objetivos	Hipótesis	Metodología
<p>¿Cuál sería la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² sustituyendo al cemento por cenizas de paja de arroz en 5% y 10%, Chimbote – 2023?</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Resistencia a la compresión</p>	<p>Objetivo General Determinar la resistencia de un concreto $f'c = 201$kg/cm² sustituyendo al cemento por cenizas de paja de arroz en 5% y 10%, Chimbote – 2023.</p> <p>Objetivos específicos Determinar la temperatura de calcinación de la paja de arroz mediante el Análisis Térmico Diferencial.</p> <p>Determinar la composición química de la ceniza de paja de arroz mediante Fluorescencia de Rayos X.</p> <p>Analizar el Ph de la ceniza, cemento, cemento + ceniza con 5% y 10%, de la paja de arroz</p> <p>Determinar el peso específico de ceniza de paja de arroz y combinaciones.</p> <p>Determinar la relación agua/cemento del concreto convencional y experimental.</p> <p>Determinar la resistencia a la compresión del concreto control y experimental a los 7, 14 y 28 días con las diferentes dosificaciones, mediante la interpretación estadística.</p>	<p>La resistencia a la compresión $f'c = 201$kg/cm² sustituyendo al cemento por cenizas de paja de arroz en 5% y 10% lograría una resistencia mayor respecto al concreto convencional Chimbote – 2023.</p>	<p>Tipo de investigación Aplicada Diseño de Investigación Cuasi – experimental Población 36 probetas Muestra 36 probetas Técnica de recolección Observación directa Instrumento Registros de las fichas técnicas de laboratorio.</p>
	<p>Variable independiente</p> <p>Cenizas de paja de arroz</p>			

Anexo 03 Análisis térmico diferencial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 10 de mayo del 2023

INFORME N° 08 - MAY-23

Solicitante: Allison Kimberly Chavarria Carrillo – Universidad San Pedro
RUC/DNI: 70003329
Supervisor:

1. MUESTRA: Paja de arroz (1.0 gr)


N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	PA-8M	10 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.


3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 10 mg.



Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. CIP. 84963

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa
Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa



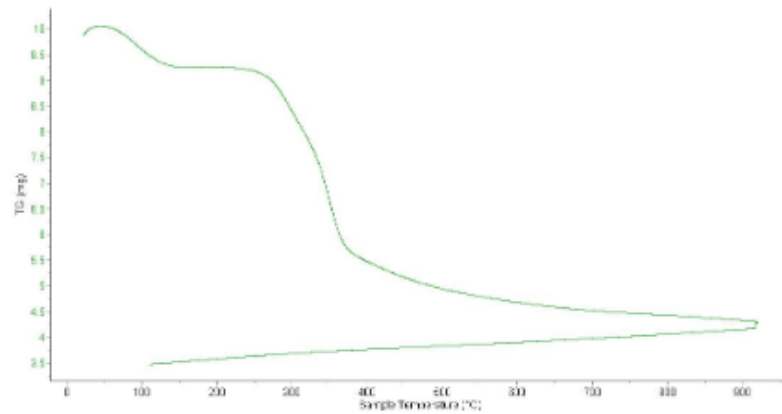
Denny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. CIR. 84953

Trujillo, 10 de mayo del 2023

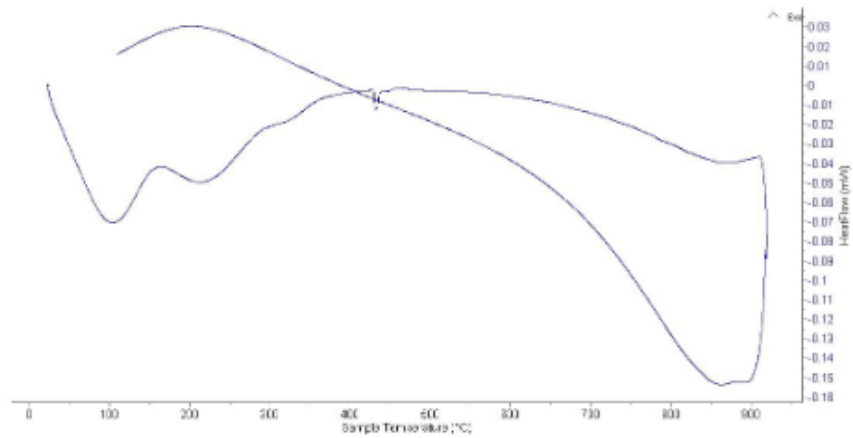
INFORME N° 08 - MAY-23

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD






Trujillo, 10 de mayo del 2023

INFORME N° 08 - MAY-23

5. CONCLUSION:

1. El análisis termogravimétrico muestra dos caídas de la masa, la primera es ligera y se da entre 80 y 125°C y la más importante caída de la masa se produce entre 270 y 350°C. Posteriormente la caída es lenta, hasta llegar a perder un total de 55% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. El análisis térmico diferencial (ATD) muestra picos endotérmicos en 100°C y 210°C y posteriormente. A temperaturas superiores, se muestra un ligero pico de absorción térmica a 420°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.



Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. CIP. 84953

Trujillo, 10 de mayo del 2023



Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

Anexo 04 Activación de las cenizas de paja de arroz



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : BACH. ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
ASUNTO : Calcinación de Muestras
FECHA DE RECEPCIÓN : 30/05/23
FECHA DE ENTREGA : 31/05/23

Descripción	Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)
Ceniza de paja de arroz	Calcinación	420	120 min	1276.60	638.30
Ceniza de paja de arroz	Calcinación	420	120 min	1342.20	672.60

Chimbote, 28 de setiembre de 2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



ANÁLISIS DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : BACH.ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
ASUNTO : Calcinación de Muestras
FECHA DE RECEPCION : 31/05/23
FECHA DE ENTREGA : 01/06/23

Descripción	Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)
Ceniza de paja de arroz	Calcinación	420	120 min	2280.10	1158.50
Ceniza de paja de arroz	Calcinación	420	120 min	1891.70	957.20

Chimbote, 28 de setiembre de 2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 05 composición química de las cenizas de paja de arroz



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

Informe N° 11 - LAQ/2023

Análisis de ceniza de paja de arroz por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) esta muestra de ceniza de paja de arroz a pedido de la Srta. **Chavarría Carrillo, Allison Kimberly**, como parte de su proyecto de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil a ser sustentada en la Universidad San Pedro, que se titula:

“Resistencia a la Compresión de un Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ Sustituyendo al Cemento por Cenizas de Paja de Arroz en 5% y 10%, Chimbote - 2023.”

La muestra de paja de arroz fue previamente calcinada a 420°C por 2 horas y se encuentra en forma de polvo fino de color plomo.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de $5 \mu\text{A}$. Los espectros se acumularon durante un intervalo de 500 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45° ; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 1250 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X dispersados de oro por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de paja de arroz. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón (Ar), que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X. La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en una muestra





calcínada con elementos con números atómicos mayores que 12. La suma de estas concentraciones es ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra contenga compuestos diferentes de óxidos y/o se presenta una leve deficiencia en la calibración del instrumento. Luego estas concentraciones se normalizan al 100%. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

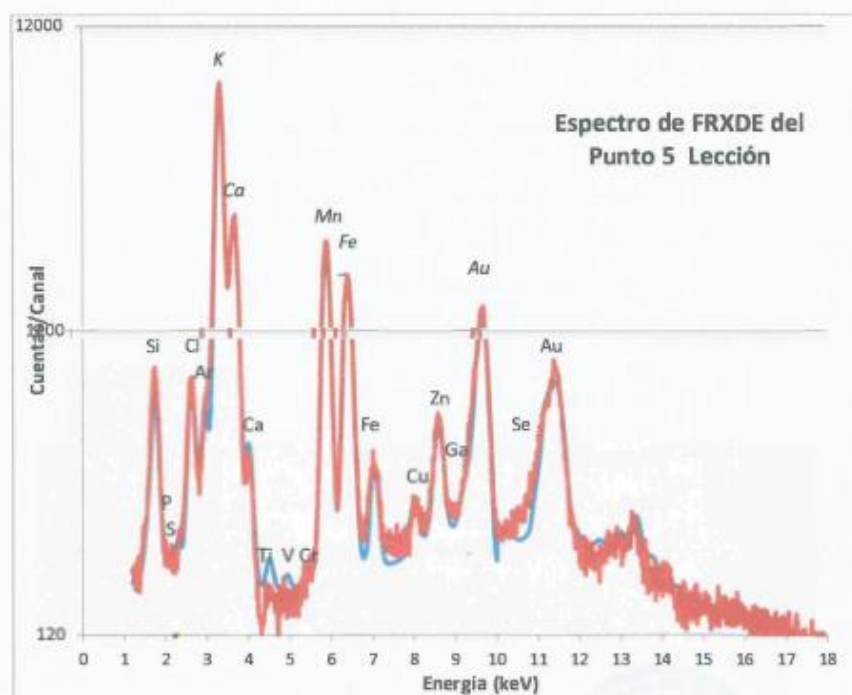


Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de paja de arroz en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au primarios dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Tabla 1. Composición elemental de ceniza de paja de arroz en % de la masa total.

Óxido	Concentración %masa	Normalizado al 100%
SiO ₂	73.278	67.476
P ₂ O ₃	2.672	2.460
SO ₂	2.150	1.980
ClO ₂	8.079	7.438
K ₂ O	16.784	15.455
CaO	4.255	3.918
TiO ₂	0.060	0.055
V ₂ O ₅	0.020	0.018
Cr ₂ O ₃	0.012	0.011
MnO	0.763	0.703
Fe ₂ O ₃	0.417	0.384
CuO	0.011	0.010
ZnO	0.046	0.042
Ga ₂ O ₃	0.020	0.019
SeO ₂	0.033	0.031
Totañ	108.599	100.00

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 25 de junio del 2023

Anexo 06 Potencial de hidrogeno de las cenizas de paja arroz



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20230711-012

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO.
DIRECCIÓN : Sector La Huaca S/N 1era. Etapa Santa.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA.
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS.
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA.
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno transparente cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-07-11
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-07-11
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2023-07-11
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 230711-4

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
CEMENTO 100%	12,49
CENIZA DE PAJA DE ARROZ 100%	10,74
COMBINACION 1: CEMENTO 95% + CENIZAS DE PAJA DE ARROZ 5%	12,45
COMBINACION 2: CEMENTO 90% + CENIZAS DE PAJA DE ARROZ 10 %	12,52

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ()
- El muestreo está fuera del alcance de la acreditación otorgada por INACAL-DA, salvo donde la metodología lo indique
- COLECBI S.A.C. no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s, tal como se recibió.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perechibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: Si () NO (X)
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Julio 12 del 2023.
GVR/jma

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C. B. P. 528
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRE
Rev. 05
Fecha 2023-01-09


EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

Anexo 07 Granulometría del agregado fino



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH ALLISON KIMBERLY CHIVARRIA-CARRELO, C

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023

LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH

CANTERA : RUBEN

MATERIAL : ARENA GRUESA

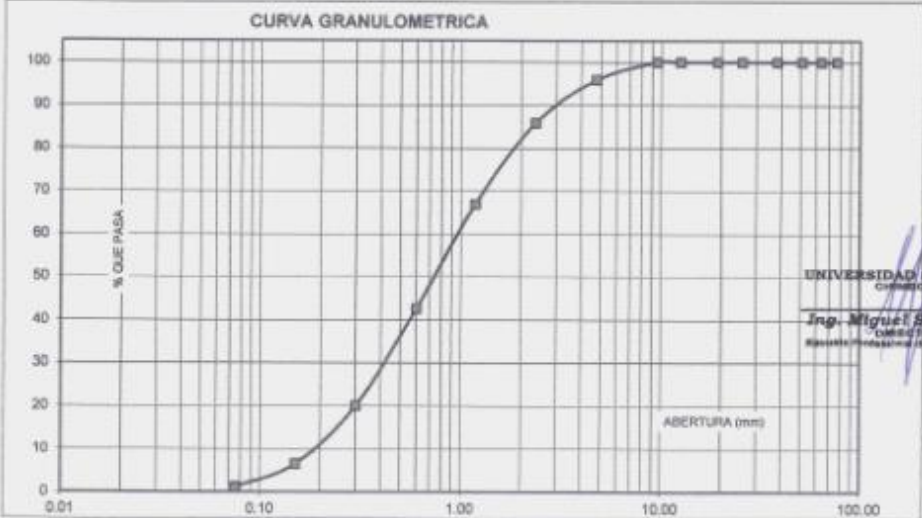
FECHA : 28/09/2023

TAMIZ	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu (%)	% Que pasa (gr.)
Nº 3	75.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.75	20.3	4.1	4.1	95.9
Nº 5	2.36	50.0	10.0	14.1	85.9
Nº 16	1.18	94.0	18.9	33.0	67.0
Nº 30	0.60	121.8	24.4	57.4	42.6
Nº 50	0.30	112.2	22.5	79.9	20.1
Nº 100	0.15	67.5	13.6	93.5	6.5
Nº 200	0.08	27.0	5.4	98.9	1.1
PLATO	ASTM C-117-04	5.5	1.1	100.0	0.0
TOTAL		498.1	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.82

OBSERVACIONES	
La Muestra tomada identificada por el sotobante.	

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Chimbo PE
Ing. Miguel Solar Jara
Ingeniero Profesional de Ingeniería Civil

Finos y Arcilla

Limo

Arena

Fina Media Gruesa

Grava

Fina Gruesa

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular: 990562762
Email: fmsyem@usanpedro.edu.pe

Anexo 08 Granulometría del agregado grueso



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'CD=310 KG/CM² SUSTITUYENDO AL
 CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 28/09/2023

TAMIZ	N°	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acum. (%)	% Que pasa (gr.)
3"		76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"		63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"		50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"		38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"		25.400	60.5	4.5	4.5	95.5
3/4"		19.100	870.4	64.9	69.4	30.6
3/8"		12.500	396.9	29.6	99.0	1.0
1/4"		6.300	9.6	0.7	99.8	0.2
N° 4		4.750	0.0	0.0	99.8	0.2
N° 8		2.360	0.0	0.0	99.8	0.2
N° 16		1.180	0.0	0.0	99.8	0.2
N° 30		0.600	0.0	0.0	99.8	0.2
N° 50		0.300	0.0	0.0	99.8	0.2
N° 100		0.150	0.0	0.0	99.8	0.2
N° 200		0.075	0.0	0.0	99.8	0.2
PLATO	ASTM C-117-04		3.2	0.2	100.0	0.0
TOTAL			1340.6	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Huso	N° 67
	Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos Limo y Arcilla		Arena			Grava	
	Fina	Medía	Gruesa	Fina	Gruesa	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
 Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

Anexo 09 Contenido de humedad agregado fino



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

(ASTM D-3216)

SOLICITA : BACH ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO FC>210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL
CEMENTO POR CENIZAS DE PALJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 28/09/2023

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	996.3	964.9
TARA + SUELO SECO (gr)	993.5	962.1
PESO DEL AGUA (gr)	2.8	2.8
PESO DE LA TARA (gr)	163	209.3
PESO DEL SUELO SECO (gr)	830.5	752.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.34	0.37
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.35	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 10 Contenido de humedad agregado grueso



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO (ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA GARRILLO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL
CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 28/09/2023

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	837.2	839.1
TARA + SUELO SECO (gr)	833	834.5
PESO DEL AGUA (gr)	4.2	4.6
PESO DE LA TARA (gr)	206.3	71.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	626.7	762.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.67	0.60
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.64	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe

Anexo 11 Peso Unitario suelto y compactado del agregado fino



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : BACH ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL
 CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 26/09/2023

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7710	7700	7720
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4384	4374	4394
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1572	1580	1576
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1572		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1567		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8310	8300	8240
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4984	4974	4914
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1788	1784	1783
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1778		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1772		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 12 Peso Unitario suelto y compactado del agregado grueso



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : BACH. ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO FC=210 KG/CM² SUSTITUYENDO AL
 CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 26/09/2023

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18820	18150	18100
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	13700	13030	12980
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1465	1393	1388
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1415		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1406		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19280	19570	19490
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14160	14450	14370
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1512	1545	1536
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1531		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1521		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Habilitado Profesionalmente de Ingeniería Civil

Anexo 13 Absorción y peso específico del agregado fino



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACHALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO

TESE : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO FC=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023

LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH

CANTERA : RUBEN

MATERIAL : ARENA GRUESA

FECHA : 28/09/2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr.	671.50	669.70
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)	cm ³	971.50	969.70
D	Peso de picnometro + agua + material	gr.	859.40	860.70
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	cm ³	112.10	109.00
F	Peso de material seco en estufa	gr.	298.20	298.20
G	Volumen de masa (E-A-F)		110.30	107.20
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.660	2.736
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.676	2.752
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.704	2.762
K	Absorción (%) ((D-A)/x100)		0.60	0.60

P.e. Bulk (Base Seca)	:	2.698
P.e. Bulk (Base Saturada)	:	2.714
P.e. Aparente (Base Seca)	:	2.743
Absorción (%)	:	0.60




UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe

Anexo 14 Absorción y peso específico del agregado grueso



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GR
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH. ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO FC=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023

LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH

CANTERA : RUBEN

MATERIAL : PIEDRA CHANCADA

FECHA : 28/09/2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	702.20	825.30
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	456.80	536.60
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	245.40	288.70
D	Peso de material seco en estufa	700.30	823.00
E	Volumen de masa (C-(A-D))	243.50	286.40
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.854	2.851
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.851	2.859
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.876	2.874
F	Absorción (%) ((D-A/A) x 100)	0.27	0.28

P.e. Bulk (Base Seca)	:	2.852
P.e. Bulk (Base Saturada)	:	2.860
P.e. Aparente (Base Seca)	:	2.875
Absorción (%)	:	0.28

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Ingeniero Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular: 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

Anexo 15 Diseño de mezcla de concreto convencional



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO FC=210 KG/CM² SUSTITUYENDO AL
CEMENTO POR CENIZAS DE FAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 28/06/2023

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso específico de masa 2.70
- Peso unitario suelto 1567 kg/m³
- Peso unitario compactado 1772 kg/m³
- Contenido de humedad 0.35 %
- Absorción 0.60 %
- Módulo de fineza 2.82

D.- Agregado grueso


CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1406 kg/m³
- Peso unitario compactado 1521 kg/m³
- Contenido de humedad 0.64 %
- Absorción 0.28 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 16 Diseño de mezcla de concreto convencional



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO
De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA
Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 lit/m³.

RELACIÓN AGUA - CEMENTO
Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO
F.C. : $205 / 0.684 = 299.708 \text{ kg/m}^3 = 7.05 \text{ bolsas / m}^3$

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS


Cemento.....	299.708	kg/m ³
Agua efectiva.....	203.933	lts/m ³
Agregado fino.....	942.758	kg/m ³
Agregado grueso.....	949.231	kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$\frac{299.71}{299.71}$	$\frac{942.758}{299.71}$	$\frac{949.23}{299.71}$	
1	3.15	3.17	28.92 lts / bolsa

PROPORCIONES EN VOLUMEN

1	3.00	3.36	28.92 lts / bolsa
---	------	------	-------------------



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular: 990562762
Email: imsyem@usanpedro.edu.pe

Anexo 17 Diseño de mezcla de concreto experimental al 5%



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA (5% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACHALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRELO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO FC=210 KG/CM² SUSTITUYENDO AL
CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 28/09/2023

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"+5% DE CENIZA DE PAJA DE ARROZ
- Peso específico 3.03

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso específico de masa 2.70
- Peso unitario suelto 1567 kg/m³
- Peso unitario compactado 1772 kg/m³
- Contenido de humedad 0.35 %
- Absorción 0.60 %
- Módulo de fineza 2.82

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1406 kg/m³
- Peso unitario compactado 1521 kg/m³
- Contenido de humedad 0.64 %
- Absorción 0.26 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 18 Diseño de mezcla de concreto experimental al 10%



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA (10% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACHALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'CD=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL
 CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%. CHIMBOTE - 2023
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 FECHA : 28/09/2023

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"+10% DE CENIZA DE PAJA DE ARROZ
- Peso específico 3.03

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso específico de masa 2.70
- Peso unitario suelto 1567 kg/m³
- Peso unitario compactado 1772 kg/m³
- Contenido de humedad 0.35 %
- Absorción 0.60 %
- Módulo de fineza 2.82

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1405 kg/m³
- Peso unitario compactado 1521 kg/m³
- Contenido de humedad 0.64 %
- Absorción 0.28 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 19 Diseño de mezcla de concreto experimental al 10%



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 l/m³.

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.086
10% DE CENIZA DE PAJA DE ARROZ.....	(m ³)	0.010
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.348
Agregado grueso.....	(m ³)	0.331
Aire.....	(m ³)	0.020
		<u>1.000</u> m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	269.74	kg/m ³
10% DE CENIZA DE PAJA DE ARROZ.....	29.971	kg/m ³
Agua efectiva.....	205.00	lts/m ³
Agregado fino.....	939.43	kg/m ³
Agregado grueso.....	943.23	kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	269.74	kg/m ³
10% DE CENIZA DE PAJA DE ARROZ.....	29.971	kg/m ³
Agua efectiva.....	203.93	lts/m ³
Agregado fino.....	942.76	kg/m ³
Agregado grueso.....	949.23	kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{269.74}{269.74} : \frac{29.971}{269.74} : \frac{942.76}{269.74} : \frac{949.23}{269.74}$$

$$1 : 0.11 : 3.50 : 3.52 \quad 28.92 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 20 Peso específico de la ceniza de paja de arroz 100%



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chateir)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH.ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL
CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
MATERIAL : 100% CENIZA DE PAJA DE ARROZ
FECHA : 28/09/2023

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	20.20	20.20
PESO DE MUESTRA	(gf)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	20.20	20.20
PESO ESPECIFICO		3.168	3.168
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm ³)	3.168	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio de Ingeniería Civil

Anexo 21 Peso específico de la combinación de ceniza de paja de arroz al 5%



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

[Frasco de Le Châtelet]

[Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000]

SOLICITA : BACH. ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO FC=210 KG/CM² SUSTITUYENDO AL
CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
MATERIAL : 95% DE CEMENTO Y 5% CENIZA DE PAJA DE ARROZ
FECHA : 28/09/2023

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.10	21.10
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.10	21.10
PESO ESPECIFICO		3.033	3.033
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm ³)	3.033	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Servicio Programático de Ingeniería Civil

Anexo 22 Peso específico de la combinación de ceniza de paja de arroz al 10%



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chateaur)

[Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000]

SOLICITA : BACH. ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL
CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
MATERIAL : 90% DE CEMENTO Y 10% CENIZA DE PAJA DE ARROZ
FECHA : 28/09/2023

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.90	21.90
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.90	21.90
PESO ESPECIFICO		2.922	2.922
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)	2.922	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECCION
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 23 Resistencia a la compresión del concreto convencional



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

SOLICITA : BACH ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL
 CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 28/09/2023

F'c : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO ELEMENTO	SUBIMP (")	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/CM ²	FC/F'c (%)
01	PATRON	3,3	07/06/2023	14/06/2023	7	176.18	83.90
02	PATRON	3,3	07/06/2023	14/06/2023	7	180.26	85.84
03	PATRON	3,3	07/06/2023	14/06/2023	7	172.34	82.07
04	PATRON	3,3	07/06/2023	14/06/2023	7	177.48	84.51
05	PATRON	3,3	07/06/2023	21/06/2023	14	194.26	92.50
06	PATRON	3,3	07/06/2023	21/06/2023	14	197.26	93.93
07	PATRON	3,3	07/06/2023	21/06/2023	14	197.01	93.82
08	PATRON	3,3	07/06/2023	21/06/2023	14	194.26	92.50
09	PATRON	3,3	07/06/2023	05/07/2023	28	217.51	103.58
10	PATRON	3,3	07/06/2023	05/07/2023	28	221.92	105.68
11	PATRON	3,3	07/06/2023	05/07/2023	28	222.56	105.98
12	PATRON	3,3	07/06/2023	05/07/2023	28	220.35	104.93

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Bureau Laboratorio de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Telf: (043) 483212 - Celular: 990562762
 Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

Anexo 24 Resistencia a la compresión del concreto experimental 5%



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL-5%

SOLICITA : BACH.ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO FC=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL
 CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 28/09/2023

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/FC (%)
			MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	3,4	07/06/2023	14/06/2023	7	188.91	89.96
02	EXPERIMENTAL	3,4	07/06/2023	14/06/2023	7	188.20	89.62
03	EXPERIMENTAL	3,4	07/06/2023	14/06/2023	7	186.65	88.88
04	EXPERIMENTAL	3,4	07/06/2023	14/06/2023	7	183.46	87.36
05	EXPERIMENTAL	3,4	07/06/2023	21/06/2023	14	206.22	98.20
06	EXPERIMENTAL	3,4	07/06/2023	21/06/2023	14	204.94	97.59
07	EXPERIMENTAL	3,4	07/06/2023	21/06/2023	14	206.11	98.15
08	EXPERIMENTAL	3,4	07/06/2023	21/06/2023	14	208.31	99.20
09	EXPERIMENTAL	3,4	07/06/2023	05/07/2023	28	232.20	110.57
10	EXPERIMENTAL	3,4	07/06/2023	05/07/2023	28	238.65	113.64
11	EXPERIMENTAL	3,4	07/06/2023	05/07/2023	28	236.75	112.74
12	EXPERIMENTAL	3,4	07/06/2023	05/07/2023	28	237.85	113.26

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DISEÑO Y
Bachante Profesional en Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Telf. (043) 483212 - Celular: 990562762
 Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

Anexo 25 Resistencia a la compresión del concreto experimental 10%



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL-10%

SOLICITA : BACH.ALLISON KIMBERLY CHAVARRIA CARRILLO
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c=210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL
 CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE - 2023
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 28/09/2023

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/F'c (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	3,1	08/06/2023	15/06/2023	7	155.85	74.21
02	EXPERIMENTAL	3,1	08/06/2023	15/06/2023	7	155.04	73.83
03	EXPERIMENTAL	3,1	08/06/2023	15/06/2023	7	153.04	72.87
04	EXPERIMENTAL	3,1	08/06/2023	15/06/2023	7	150.28	71.56
05	EXPERIMENTAL	3,1	08/06/2023	22/06/2023	14	178.66	85.08
06	EXPERIMENTAL	3,1	08/06/2023	22/06/2023	14	176.21	83.91
07	EXPERIMENTAL	3,1	08/06/2023	22/06/2023	14	178.55	85.03
08	EXPERIMENTAL	3,1	08/06/2023	22/06/2023	14	177.45	84.50
09	EXPERIMENTAL	3,1	08/06/2023	06/07/2023	28	199.18	94.85
10	EXPERIMENTAL	3,1	08/06/2023	06/07/2023	28	205.68	97.94
11	EXPERIMENTAL	3,1	08/06/2023	06/07/2023	28	203.68	96.99
12	EXPERIMENTAL	3,1	08/06/2023	06/07/2023	28	199.82	95.15

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Telf. (043) 483212 - Celular, 990562762
 Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

Anexo 26 Panel fotográfico del procedimiento



Figura 1: Recolección de materia prima paja de arroz.



Figura 2: Secado de la materia prima paja de arroz.



Figura 3: Limpieza de la materia prima paja de arroz.



Figura 4: Pre-calcinado de la materia prima paja de arroz



Figura 5: Recolección en bolsas de papel de las cenizas precalcinadas.



Figura 6: Cenizas pre-calcinadas molidas y tamizadas por malla organza



Figura 7: Cenizas calcinadas de la paja de arroz.



Figura 8: Peso de las cenizas de la paja de arroz.



Figura 9: Granulometría de los agregados



Figura 10: Peso unitario del agregado fino.



Figura 11: Peso unitario del agregado grueso.



Figura 12: Peso específico del agregado grueso.



Figura 13: Ensayo de absorción de los agregados



Figura 14: Ensayo de contenido de humedad.



Figura 15: Ensayo de Slump y elaboración de probetas.



Figura 16: Resistencia a la compresión de probetas.

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
CHAVARRIA CARRILLO ALLISON KIMBERLY	70003329	kimbch@outlook.com	
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional ¹			
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría
4. Título del Documento de Investigación			
<p>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO $f_{ic} = 210 \text{ kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR CENIZAS DE PAJA DE ARROZ EN 5% Y 10%, CHIMBOTE-2023</p>			
5. Programa Académico			
INGENIERIA CIVIL			
6. Tipo de Acceso al Documento			
<input type="checkbox"/> Abierto o Público ³ (info:eu-repo/semantics/openAccess)	<input checked="" type="checkbox"/> Acceso restringido ⁴ (info:eu-repo/semantics/restrictedAccess) (*)		
(*) En caso de restringido sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS ⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. ⁶





 Firma

Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	31	05	24

Importante

1. Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 8.2
2. Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM
3. Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822
4. En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directive N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC (Numerales 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital
5. Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
6. Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales -RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio AUCIA".

Nota. - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3).

Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento por cenizas de paja de arroz en 5% y 10%, Chimbote – 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%	27%	%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	1library.co Fuente de Internet	3%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
5	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
6	publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%

9	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
11	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %
12	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	kupdf.net Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.usanpedro.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to udep	

Trabajo del estudiante

<1 %

21

Submitted to Universidad Nacional de Piura

Trabajo del estudiante

<1 %

22

www.itp.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

25

laccei.org

Fuente de Internet

<1 %

26

repositorio.uandina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

27

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1 %

28

repositorio.une.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

29

Submitted to University of the Andes

Trabajo del estudiante

<1 %

30

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

31

cybertesis.uni.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

32

[idoc.pub](#)

Fuente de Internet

<1 %

33

[repositorio.unheval.edu.pe](#)

Fuente de Internet

<1 %

34

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

<1 %

35

[tesis.usat.edu.pe](#)

Fuente de Internet

<1 %

36

Submitted to Escuela Nacional Superior de
Folklore José María Arguedas

Trabajo del estudiante

<1 %

37

[repositorio.unp.edu.pe](#)

Fuente de Internet

<1 %

38

Submitted to Universidad Autónoma de
Nuevo León

Trabajo del estudiante

<1 %

39

Submitted to University of Kansas

Trabajo del estudiante

<1 %

40

Submitted to unasam

Trabajo del estudiante

<1 %

41

[www.repositorio.unu.edu.pe](#)

Fuente de Internet

<1 %

42	repository.ucc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
43	tecnobits.com Fuente de Internet	<1 %
44	docobook.com Fuente de Internet	<1 %
45	vote.co.arlington.va.us Fuente de Internet	<1 %
46	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
47	www.proteccioncivil.org Fuente de Internet	<1 %
48	www.uv.es Fuente de Internet	<1 %
49	cicplata.org Fuente de Internet	<1 %
50	edoc.pub Fuente de Internet	<1 %
51	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
52	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
53	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

54	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
55	www.censat.org Fuente de Internet	<1 %
56	www2.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
57	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
58	nikaybp.com Fuente de Internet	<1 %
59	repositorio.autonomadeica.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
60	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
61	revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
62	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
63	webretail.news Fuente de Internet	<1 %
64	www.caf.com Fuente de Internet	<1 %
65	www.wto.org Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 6 words

Excluir bibliografía

Activo