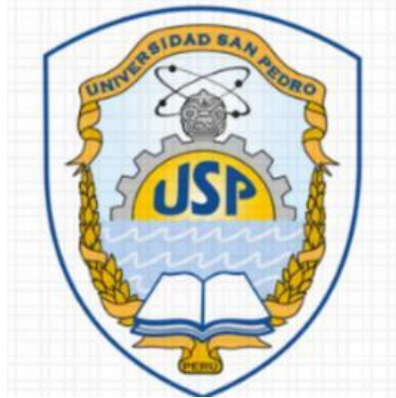


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“Resistencia del concreto sustituyendo el cemento por cenizas de
cáscara de arroz y cenizas de carbón”**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor:

Cerna Miranda, Carlos Alexander

Asesor:

Urrutia Vargas, Segundo Milquisider

Chimbote – Perú

2018

PALABRAS CLAVE:

Tema	Resistencia a la compresión del concreto
Especialidad	Tecnología de concreto

LINEA DE INVESTIGACION

PROGRAMA	Ingeniería Civil
Linea de Investigación	Construcción y Gestion de la Construcción
OCDE	Ingeniería y Tecnología
	Ingeniería Civil
	Ingeniería de la Construcción

KEY WORDS:

Topic	Resistance to concrete compression
Specialization	Concrete Technology

Line of Research

Code	Line
Line of Research	Construction and Gestation of Construction
OCDE	Engineering and Technology
	Civil Engineering
	Engineering of Construction

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Resistencia del concreto sustituyendo el cemento por cenizas de cáscara de arroz y cenizas de carbón.

Resumen

Hoy en día, los residuos de la cascara de arroz, como de muchos cultivos se convirtieron en materiales desechables, y la explotación del carbón en las minas, generaron una pronunciada contaminación ambiental. Es por ello que se determinó la resistencia de un concreto con la sustitución del cemento con cenizas en 20% y 40% y con una relación a/c de 0.684 y 0.746. Desarrollado una metodología de trabajo experimental, basada en la solución de problemas relacionados al área Tecnología, mediante el aprovechamiento de cáscara de arroz y carbón de piedra, desarrollando así una tecnología productiva de bajo costo, y colaborando en la solución del déficit habitacional de nuestro país, de la región de Áncash, de la ciudad de nuevo Chimbote.

Se comprobó que cumple con todas las características técnicas de la norma peruana, la resistencia a la compresión del concreto aumentó con la sustitución de cenizas de cáscara de arroz y cenizas de carbón de piedra donde muestra que la comparación de resistencias entre el patrón y experimental; el de mayor resistencia es el cemento sustituido en 20% ya que a los 7, 14, 28 y 45 días superaron el 5%, 9%, 6% y 20% respectivamente.

ÍNDICE

Palabras Claves – Key Words – Línea de Investigación	II
Título de la Investigación	III
Resumen	IV
Índice	V
I. Introducción	6
II. Metodología	32
III. Resultados	38
IV. Análisis y discusión de los resultados	51
V. Conclusiones y recomendaciones	53
VI. Referencias Bibliográficas	55
Agradecimiento	57
Anexo	58

I. INTRODUCCIÓN

Se investigó una serie de antecedentes internacionales descritos a continuación:

Velandia, D., Ramirez, F. & Carrillo, J., desarrollo la investigación titulada “Concretos con cenizas volantes provenientes de termoeléctricas” Colombia (2011), la cual llegó a las siguientes conclusiones: se evaluaron mezclas de concreto con ceniza volante tipo F, con el fin de buscar el potencial en cuanto a mejoras en el desempeño del diseño (asentamiento, manejabilidad, contenido de aire, resistencias).

Dentro de las consideraciones iniciales para la primera parte, se desarrollaron mezclas binarias variando el contenido de material cementante de 276 kg/m³ hasta 303 kg/m³ y el porcentaje de ceniza de 8% a 20%. Con respecto a las mezclas ternarias, se varió el mismo contenido de material cementante y porcentaje de ceniza, pero utilizando dos porcentajes fijos de escoria: el 15% y 20%. Para la segunda fase del estudio se seleccionaron los diseños que mejor comportamiento tuvieron en la primera fase; esto en cuanto a ensayos en estado fresco y en estado endurecido. Las mezclas binarias fueron: cementante 278 kg/m³ - 13% ceniza, cementante 278 kg/m³ - 15% ceniza, cementante 281 kg/m³ - 18% ceniza y cementante 286 kg/m³ - 18% ceniza. Las mezclas ternarias seleccionadas fueron: cementante 276 kg/m³ - 8% ceniza - 20% escoria, cementante 281 kg/m³ - 10% ceniza - 20% escoria, cementante 283 kg/m³ - 13% ceniza - 20% escoria, cementante 276 kg/m³ - 13% ceniza - 15% escoria y cementante 278 kg/m³ - 15% ceniza - 15% escoria. Finalmente, se seleccionaron tres mezclas óptimas: la mezcla binaria de 278 kg/m³ de cementante y el 13% de ceniza y dos mezclas ternarias, la primera con 276 kg/m³ de cementante, 20% de escoria y 8% de ceniza, y la segunda con 276 kg/m³ de cementante, 15% de escoria y 13% de ceniza. La mayoría de las mezclas binarias evaluadas presentaron resistencias mayores con respecto al testigo tanto a los 28 días como a los 56 días, a pesar de que estas resistencias disminuían al aumentar el porcentaje de sustitución. Las pérdidas de manejabilidad aumentaron simultáneamente con el incremento del porcentaje de ceniza y del material cementante, debido a la influencia del inquemado y a su interacción con el aire naturalmente atrapado. Las mezclas ternarias presentaron una evolución significativa en las resistencias iniciales; sin embargo, el incremento de la resistencia de los 28 días a 56 días no fue tan alto como en el caso de las mezclas binarias. Por otro lado, la pérdida de manejabilidad no fue mayor debido al alto

contenido de adición (ceniza + escoria) y al efecto que esto tiene en la disminución del calor de hidratación.

Salas, J., Sánchez, I., Castillo, P. y Veras, J., desarrollo la investigación titulada “Empleo de cenizas de cascara de arroz como adiciones en mortero” en Madrid (1986) que tuvo como objetivos lo siguiente: en la ceniza de cascara de arroz, el agua de amasado se aumentó, para conseguir una buena trabajabilidad. Las probetas se rompieron a flexión y compresión con el 33% y 50% de RHA, dando como resultados resistencias superiores a 20MPa a 7 días con una relación a/c de 0.77 y superiores a 25MPa para edades mayores a 28 días con descenso medio de cono de 15 mm. Las resistencias obtenidas para los "conglomerantes" a base de RHA (ceniza de cascara de arroz) y cemento son marcadamente superiores a las conseguidas mediante RHA y cal.

También se consideraron antecedentes nacionales descritas a continuación:

Balcázar, A., Castillo, L., desarrollo la investigación titulada “Uso de cenizas volantes provenientes de calderos de lecho fluidizado en concretos autocompactantes y su influencia en la resistencia a la compresión realizado en la Universidad Nacional de Trujillo (2014) en esta investigación se llevó a cabo el ensayo de resistencia a la compresión de 36 probetas según la Norma ASTM C-39, elaboradas bajo el diseño de un concreto autocompactante con niveles de reemplazo de cemento portland por ceniza volante de: 0%, 10%, 20% y 30% en masa de mezcla, y en el que se usó dosificaciones de superplastificante Viscocrete 1110 marca Sika de 1.1%, 1.40%, 1.75% y 2.12% respectivamente que mejora la trabajabilidad de la mezcla, pero sin influir en la resistencia a la compresión. El diseño tiene una relación agua/cemento de 0.44 en peso, con una resistencia base de 40 MPa.

Las probetas fueron sometidas al ensayo de resistencia a la compresión a 14, 28 y 90 días de curado. Los resultados a 14 y 28 días de curado, y con la sustitución de ceniza volante por cemento portland de 10%, superó el valor de la resistencia a la compresión en un 12% y 3% respectivamente, a la muestra patrón. Sin embargo a 90 días de curado, la resistencia del espécimen con un nivel de reemplazo de 10% de ceniza volante es superada por el patrón en un 11%. Todas las probetas a 90 días de curado superan los 40 MPa de resistencia de diseño, y se llega a concluir que se puede usar un porcentaje

de sustitución de ceniza volantes de 10% para elevadas resistencias iniciales; mientras que con las sustituciones de 20% y 30% para resistencias a largo tiempos de curado. El ensayo de adherencia mostró que a mayor reemplazo de cemento portland por ceniza volante hay una reducción significativa de la adherencia. La presencia de inquemados en la ceniza volante afecta a la resistencia a la compresión y la adherencia de las muestras de concreto.

Vera, J. & zambrano, W., (unt-2013) desarrollo la investigación titulada “Usos de las cenizas activadas del carbón proveniente de los calderos industriales, como sustituto parcial del cemento, para fabricar morteros de cemento portland.” donde se determinaron los índices de actividad puzolanica de las cenizas de carbón de la Empresa TRUPAL S.A, para las muestras de cenizas original, ceniza tamizada por la malla #325 y ceniza calcinadas a 500°C las que fueron de 128.32, 117.08 y 98.77% para 28 días de curado respectivamente. Se sustituyó al cemento con porcentajes del 10, 20 y 30% por ceniza activada.

También se consideró antecedentes locales descritos a continuación:

Coronación, E., (2016), realizo una tesis de investigación en la Universidad San Pedro – Chimbote que tuvo como objetivo verificar la resistencia a la compresión de un mortero, utilizando la ceniza de la cáscara de arroz y el polvo de conchas de abanico obtenido de una calcinación controlada 400 ° C la cáscara de arroz por 2 hrs y a 900 ° C la concha de abanico por 4 hrs. Realizó el ensayo de resistencia a la compresión sustituyendo al cemento en un 5% de cenizas de cáscara de arroz y 5% de polvo de concha de abanico en una mezcla de mortero, dando como resultado, que la muestra experimental supera al 104 % de la muestra patrón a los 28 días de curado.

La presente investigación se fundamenta en teorías y normas, que proporcionará sustento científico para la fabricación de un concreto.

NORMAS NTP 400.021 y ASTM C128: Peso específico y absorción del agregado grueso.

NORMAS NTP 400.012, ASTM C33 y D448: Análisis Granulométrico de agregados.

NORMA ASTM C29: Peso unitario.

NORMA ASTM D2216-71: Contenido de Humedad.

NORMA ACI 301: Calidad del agua.

NORMAS NTP 334.009 y ASTM C150-99: Cemento Portland T1.

NORMA ACI 522-R6: Relación a/c.

NORMA ASTM C1688: Moldeo de probetas.

NORMA ASTM C39 INEN 1 573: Determinación del esfuerzo a compresión en cilindros de concreto.

La investigación se basa en el estudio de la resistencia a compresión de probetas cilíndricas con la sustitución del 20 y 40% de cemento por la combinación de cenizas de cáscara de arroz y de carbón. Para el desarrollo del tema se requiere conocer conceptos sobre el concreto, sus componentes y las propiedades de la cascara de arroz y el carbón, así mismo sus diferentes características, entre otros aspectos descritos a continuación:

Concreto

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesto de cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada), para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. (Polanco 2012). Después del vaciado, es necesario garantizar que el cemento reaccione químicamente y desarrolle su resistencia. Esto sucede principalmente durante los 7 primeros días, por lo cual es muy importante mantenerlo húmedo en ese tiempo. A este proceso se le conoce como curado del concreto. El concreto tiene dos etapas básicas: cuando está fresco y cuando ya se ha endurecido.

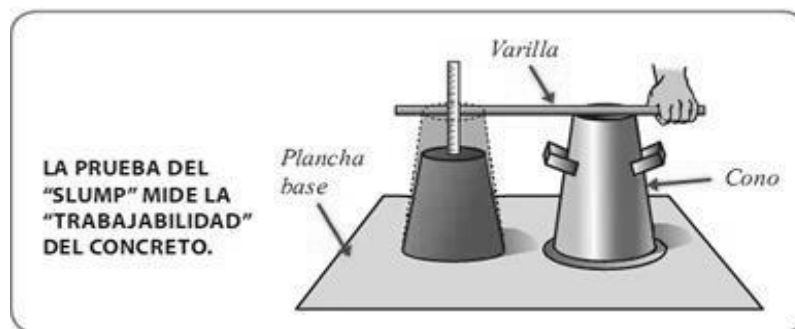
Aguado, A., et al. (2009)

Las propiedades principales del concreto en estado fresco son:

Trabajabilidad: Es el mayor o menor trabajo que hay que aportar al concreto en estado fresco en los procesos de mezclado, transporte, colocación y compactación. La forma más común para medir la "trabajabilidad" es mediante "la prueba del slump". Los instrumentos que se necesitan son una plancha base, un cono y una varilla de metal. Esta prueba consiste en medir la altura de una masa de concreto luego de ser extraída de un molde en forma de cono. Cuanto mayor sea la altura, el concreto será más trabajable. De la misma manera, cuanto menor sea la altura, el concreto estará muy seco y será poco trabajable.

Segregación: Ocurre cuando los agregados gruesos, que son más pesados, como la piedra chancada se separan de los demás materiales del concreto. Es importante controlar el exceso de segregación para evitar mezclas de mala calidad. Esto se produce, por ejemplo, cuando se traslada el concreto en buggy por un camino accidentado y de largo recorrido, debido a eso la piedra se segrega, es decir, se asienta en el fondo del buggy.

Figura 1. Prueba de Slump del concreto.



Fuente: Aguado, A., et al. (2009)

Exudación: Se origina cuando una parte del agua sale a la superficie del concreto. Es importante controlar la exudación para evitar que la superficie se debilite por sobreconcentración de agua. Esto sucede, por ejemplo, cuando se excede el tiempo de vibrado haciendo que en la superficie se acumule una cantidad de agua mayor a la que normalmente debería exudar.

Contracción: Produce cambios de volumen en el concreto debido a la pérdida de agua por evaporación, causada por las variaciones de humedad y temperatura del medio ambiente.

Es importante controlar la contracción porque puede producir problemas de fisuración.

Una medida para reducir este problema es cumplir con el curado del concreto.

Por otro lado, las propiedades del concreto en estado endurecido son:

Elasticidad: Es la capacidad de comportarse elásticamente dentro de ciertos límites. Es decir, que una vez deformado puede regresar a su forma original.

Resistencia: Es la capacidad del concreto para soportar las cargas que se le apliquen. Para que éste desarrolle la resistencia indicada en los planos, debe prepararse con cemento y agregados de calidad. Además, debe tener un transporte, colocado, vibrado y curado adecuado. (Corporación Aceros Arequipa, 2010).

Factores que afectan la Resistencia del Concreto

El Curado

Salas (2011), señala que el curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado comienza inmediatamente después del vaciado (colado) y el acabado, de manera que el concreto pueda desarrollar la resistencia y la durabilidad deseada.

Sin un adecuado suministro de humedad, los materiales cementantes en el concreto, no pueden reaccionar para formar un producto de calidad. El secado puede eliminar el agua necesaria para esta reacción química denominada hidratación y por lo cual el concreto no alcanzará sus propiedades potenciales. La temperatura es un factor importante en un curado apropiado, basándose en la velocidad de hidratación y por lo tanto, el desarrollo de resistencias es mayor a más altas temperaturas.

Tiempo de Fraguado

Sánchez, D. (2001), sostiene que el fraguado se refiere al paso en una pasta o mezcla, del estado fluido al rígido, esto suele malinterpretarse con el endurecimiento que es solo la ganancia de resistencia de la pasta. Vemos dos tiempos de fraguados en el proceso en general:

Los factores que se ven involucrados en los tiempos de fragua son:

1. Relación de agua/cemento: entre más líquida sea la pasta más tardará el tiempo de fraguado pues es muy fluida y tardará su tiempo en perder esa fluidez.
2. Temperatura ambiente: entre más alta sea la temperatura más rápido se secará el agua de la pasta y perderá el componente que le da fluidez.
3. Humedad relativa: si la saturación de humedad es baja, el ambiente intentará quitarle humedad a la pasta y se secará más rápido.
4. Finura del cemento: el grado de finura afecta de manera que se necesita más agua para hidratar todas las partículas.
5. Humedad relativa: si la saturación de humedad es baja, el ambiente intentará quitarle humedad a la pasta y se secará más rápido.

Relación Agua / Cemento (A/C)

Sánchez, D. (2001), sostiene que la relación agua / cemento constituye un parámetro importante de la composición del hormigón. Tiene influencia sobre la resistencia, la durabilidad y la retracción del hormigón.

Es el valor característico más importante de la tecnología del hormigón. De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida.

Se calcula dividiendo la masa del agua por la del cemento contenidas en un volumen dado de concreto.

$$R = a / c$$

R: Relación agua / cemento

a: Masa del agua del concreto fresco.

c: Masa del cemento del concreto.

Esta relación crece cuando se aumenta la cantidad de agua y decrece cuando se aumenta el contenido del cemento. En todos los casos cuanto sea más baja la relación agua / cemento mejor son las propiedades de la pasta del cemento

endurecida. La importancia de esta relación fue descubierta hace 60 años por Duff A. Abrams especialista de EE.UU.

Cemento

El cemento se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos.

Gonzales, S (1987) en "Supervisión de obra de concreto" sostiene que es un producto artificial, que se obtiene de la transformación de una materia prima que puede estar compuesta de una mezcla de calizas, arcillas y otros minerales o simplemente calizas.

Composición Química:

Tacilla, Araujo y Cardozo (2004) en "Composición Química del cemento" señala que las principales materias primas para la fabricación del cemento y las propiedades generales que intervienen son:

Componentes Químicos:

Silicato tricalcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.

Silicato dicalcico, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.

Aluminato tricalcico, es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle y eso durante la fabricación del cemento.

Aluminio- ferrito tetracalcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Componentes menores: oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.

Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son: (Teodoro E. (1997). Materiales en Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.)

TABLA N° 01

<i>%</i>	<i>COMPONENTE QUIMICO</i>	<i>PROCEDENCIA USUAL</i>
	<i>Oxido de calcio (CaO)</i>	<i>Rocas Calizas</i>
	<i>Oxido de Silice (SiO₂)</i>	<i>Areniscas</i>
<i>95%<</i>	<i>Oxido de Aluminio (Al₂O₃)</i>	<i>Arcillas</i>
	<i>Oxido de Fierro (Fe₂O₃)</i>	<i>Arcillas, Mineral de Hierro, pirita</i>
<i>5%<</i>	<i>Oxido de Magnesio, Sodio, potasio, titanio, azufre, fósforo y magnesio</i>	<i>Minerales Varios</i>

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Jiménez.

TABLA N° 02

<i>COMPUESTO</i>	<i>PORCENTAJE</i>	<i>ABREVIATURA</i>
<i>(CaO)</i>	<i>61% - 67%</i>	<i>C</i>
<i>(SiO₂)</i>	<i>20% - 27%</i>	<i>S</i>
<i>(Al₂O₃)</i>	<i>4% - 7%</i>	<i>A</i>
<i>(Fe₂O₃)</i>	<i>2% - 4%</i>	<i>F</i>
<i>(SO₃)</i>	<i>1% - 3%</i>	
<i>(MgO)</i>	<i>1% - 5%</i>	
<i>(K₂O Y Na₂O)</i>	<i>0.25% - 1.5%</i>	

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Jiménez.

Tipos de Cementos Portland

Tipo I, para uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.

Tipo II, para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo III, para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.

Tipo IV, para usar cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V, para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

El cemento empleado para el siguiente trabajo de investigación fue el cemento Portland tipo I por condiciones de sulfatos. (IECA. (2013). Componentes y propiedades del cemento).

TABLA N° 03

Componentes	Cemento Pacasmayo Tipo I
Oxido de Sílice: SiO_2	20.5%
Oxido de Hierro: Fe_2O_3	5.14%
Oxido de Aluminio: Al_2O_3	4.07%
Oxido de Calcio: CaO	62.92%
Oxido de Magnesio: MgO	2.10%
Óxido de Azufre: SO_3	1.83%
Perdida por Calcinación: P.C	1.93%
Residuo Insoluble: R.I	0.68%
Cal Libre: Cao	1.10%
Álcalis: Na_2O	0.22%
Silicato Tricalcico: C_3S	44.70%

Fuente: IECA. (2013).

Agregado Fino

El agregado fino es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan el tamiz de 3/8" (9.51mm) y es retenido en el tamiz N°200 (74um). Norma Técnica Peruana 400.011.

Propiedades Físicas:

El agregado fino a utilizarse en el concreto debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las normas peruanas NTP.

Peso unitario

El peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación impuesto, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

Peso específico

El peso específico, es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que contiene el agregado fino. Esta propiedad de acuerdo a su valor (en porcentaje), la cantidad de agua en el concreto varia. En otras palabras, se define como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno (24 hrs.), dividido entre el peso natural del material, todo multiplicado por 100.

Absorción

Es la capacidad del agregado fino de absorber el agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto.

Granulometría

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

La norma técnica peruana establece las especificaciones granulométricas.

TABLA N°04

Requisitos Granulométricos del agregado fino

Malla	% quePasa
3/8"	100
N° 4	95-100
N° 8	80-100
N° 16	50-100
N° 30	25-60
N° 50	10-30
N° 100	0

Fuente: Norma A.S.T.M. C-33

Módulo de finura

Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se usa para controlar la uniformidad de los agregados. La norma establece que la arena debe tener un módulo de finura no menos a 2.35 ni mayor que 3.15. (NTP 400.012. (2011). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global).

Superficie específica

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso, para su determinación se consideran dos hipótesis que son: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las partículas.

Agregado Grueso

El agregado grueso es el retenido en el tamiz 4.75 mm(N°9) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, que cumple con los límites establecidos en la norma técnica peruana 400.037.

El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos, depositados en forma natural.

Propiedades Físicas:

Los agregados gruesos para que puedan ser utilizados en la preparación del concreto de alta resistencia deben cumplir, aparte de los requisitos mínimos de las normas, que proceda de rocas ígneas plutónicas de grano fino, que han enfriado en profundidad, con una dureza no menor a 7 y una resistencia en compresión no menor del doble de la resistencia que se desea alcanzar en el concreto.

Peso unitario

El peso unitario o peso aparente del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en Kg/m³. Los valores para agregados normales varía entre 1500 y 1700 Kg/m³.

Peso específico

Esta propiedad es un indicador de la calidad del agregado; valores altos entre 2.5 a 2.8, corresponden a agregados de buena calidad, mientras que valores que el menor indicado son de mala calidad (porosos, débiles y absolutamente con mayor cantidad de agua, etc.)

Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que contiene el agregado grueso. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje) la cantidad de agua en el concreto varía.

Absorción

Es la capacidad del agregado grueso de absorber el agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto.

Granulometría

La granulometría se refiere a la distribución por tamaños de las partículas de los agregados. En concretos de alta resistencia no es recomendable utilizar toda la granulometría del agregado grueso, por investigaciones se ha determinado utilizar tamaños máximo de piedra que están en un rango para obtener óptima resistencia en compresión. (NTP 400.037. (2011). Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso).

Agua para Concreto

El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se le usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla usándola como curado en obras de estructuras de concreto pasando los 28 días.

Martínez, I (Universidad Nacional del Comahue) 2010 en "Cementos y Morteros", sostiene que el agua impotable no debe utilizarse en el concreto a menos que se cumpla las siguientes condiciones:

La dosificación debe estar basada en mezclas de concreto que utilice agua de la misma fuente. El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

Tanto el agua de mezclado como el agua de curado deben estar libres de contaminantes que puedan perjudicar el fraguado o que reaccionen negativamente, en estado fresco o en estado endurecido.

Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua del total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua solo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener la manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla y cuando se fragua el concreto va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos plastificantes.

El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas.

Agua de Curado:

Constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente el cemento. Este suministro depende de la humedad del ambiente, ya que la evaporación del agua libre de la pasta ocurre con rapidez cuando la humedad relativa es menor. Por otra parte, el agua y el cemento al mezclarse ocupan un espacio inicial que permanece constante y que tiende a ser llenado gradualmente por los productos de hidratación (pasta). (Extraído de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Agua_\(hormig%C3%B3n?\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Agua_(hormig%C3%B3n?)))

TABLA N° 05

Requisitos para agua de mezcla-NTP 339.088

DESCRIPCION	LIMITE
<i>Cloruros</i>	300ppm.
<i>Sulfatos</i>	300ppm.
<i>Sales de magnesio</i>	150ppm.
<i>Sales solubles totales</i>	1500ppm.
<i>pH</i>	Mayor de 7
<i>Sólidos en suspensión</i>	1500 ppm.
<i>Materia Orgánica</i>	10 ppm.

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.088

Cáscara de Arroz:

El arroz es la semilla de la planta *Oryza sativa*. Se trata de un cereal considerado alimento básico en muchas culturas culinarias (en especial la cocina asiática), así como en algunas partes de América Latina. El arroz es el segundo cereal más producido en el mundo, tras el maíz. Debido a que el maíz es producido con otros muchos propósitos aparte del consumo humano, se puede decir que el arroz es el cereal más importante en la alimentación humana y que contribuye de forma muy efectiva al aporte calórico de la dieta humana actual; es fuente de una quinta parte de las calorías consumidas en el mundo. Desde 2008, se ha realizado un racionamiento en algunos países debido a la carestía de arroz. En países como Bangladés y Camboya puede llegar a representar casi las tres cuartas partes de la alimentación de la población. Se dedican muchas hectáreas al cultivo del arroz en el mundo. Se sabe que el 95 % de este cultivo se extiende entre los paralelos 53°, latitud norte, y 35°, latitud sur. Su origen es objeto de controversia entre los investigadores; se discute si fue en China o en India.

Producción de arroz a nivel internacional

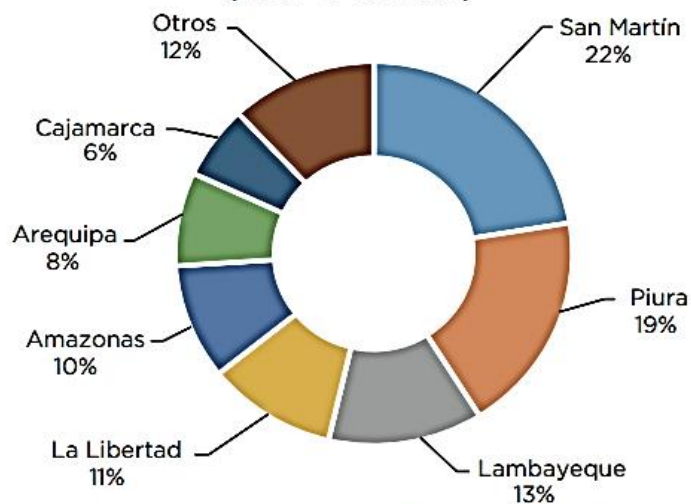
Hablamos de 800 millones de toneladas al año en lo que es cascara de arroz. El arroz es el segundo cereal más cultivado en el mundo, después del maíz. El planeta dedica 162,3 millones de hectáreas a su cultivo. La producción de arroz sumó en 2012 más de 738 millones de toneladas.

Producción de arroz a nivel Nacional

Hablamos de 800 millones de toneladas al año en lo que es cascara de arroz. El arroz es el segundo cereal más cultivado en el mundo, después del maíz. El planeta dedica 162,3 millones de hectáreas a su cultivo. La producción de arroz sumó en 2012 más de 738 millones de toneladas.

Figura 2.

**Perú: Principales regiones productoras de arroz en cáscara
(2016 = 3 165 748 t)**



Fuente: MINAGRI-DGESEP

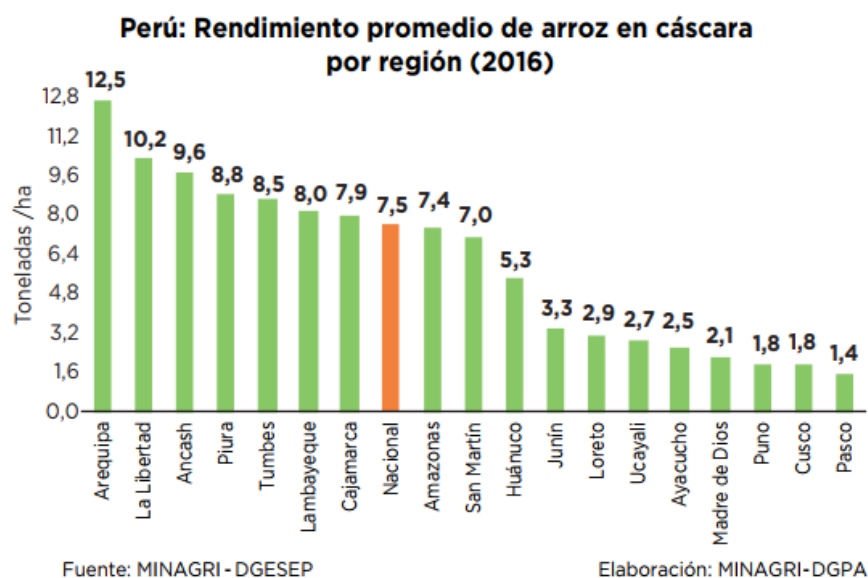
Elaboración: MINAGRI-DGPA

Sin embargo, si se analiza el rendimiento por regiones, la mayor productividad se logró en la región de Arequipa (como se observa en el gráfico) donde se obtuvo un promedio de 12.5 t/ha, encima del promedio nacional (7.5 t/ha). Le siguieron las regiones de La libertad, ancash y Piura.

Producción de arroz a nivel Regional

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informó que en abril del presente año, la producción de arroz cáscara registró 357 mil 231 toneladas y significó un incremento de 31,0% en comparación a igual mes del 2015, debido a la mayor producción registrada en el departamento de La Libertad (241,9%) como resultado de las favorables condiciones climatológicas en la costa norte. También, contribuyeron con este resultado, la mayor producción en Loreto (100,2%), Puno (97,3%), Cusco (40,2%), Áncash (17,7%) y Huánuco (12,4%).

Figura 3.



Categoría según su forma

La categorización habitual de los arroces de cocina es:

Arroz de grano corto, de apariencia casi esférica, que se suele encontrar en Japón, en el Norte de China y en Corea. Es ideal para la elaboración del sushi debido a que los granos permanecen unidos incluso a temperatura ambiente.

Arroz de grano medio, que posee una longitud entre dos y tres veces su grosor. Contiene menos amilosa que los arroces de grano largo. Es el más empleado en la cocina española (es el «arroz bomba» empleado en la paella). Es ampliamente utilizado en América Latina en donde los mayores productores y consumidores en su orden son Brasil, Colombia, Perú, Ecuador, Argentina y Chile; Además se utiliza en la cocina de Cuba, Puerto Rico y República Dominicana, donde es un alimento de consumo diario. También se emplea en la cocina valenciana y en la cocina italiana (risotto).

Arroz de grano largo, que puede tener entre cuatro y cinco veces la longitud de su grosor. Posee una cantidad elevada de amilosa y por ello requiere una proporción relativamente alta de agua para cocinarse. Es muy empleado en la cocina china e india y es el más vendido en Estados Unidos. También es de consumo muy común en Venezuela, especialmente formando parte del pabellón criollo o como acompañamiento de platos de carne, pollo o pescado.

Arroz silvestre, proveniente del género *Zizania*, que se emplea en alimentación y procede tanto de recolección silvestre como de cultivo. Posee un grano largo que puede llegar a casi 2 cm de longitud.

Contaminación con Cáscara de Arroz

La cáscara de arroz que se obtiene de esta producción queda como un residuo agroindustrial, la que por su baja densidad ocupa grandes volúmenes y crea un gran problema a la hora de encontrar dónde depositarlo. Estos desechos provocan afectaciones al medio ambiente, debido a que los mismos son expulsados por la tolva a un lugar descampado y el aire se encarga de esparcirlo; el resto es recolectado y quemado al aire libre, generando una ceniza con alto contenido de sílice (SiO_2), muy contaminante para el suelo y el manto freático. Esto provoca afectaciones medioambientales como nubes de polvo y de partículas que sobrevuelan por toda la ciudad y se deposita en diferentes lugares, lo cual trae malestar a la población, la contaminación del aire en el interior de las viviendas a nivel local y regional y a la comunidad circundante; todo esto ocasiona afectaciones oftalmológicas, como la erosión corneal, que puede llegar a convertirse en queratitis [Santos Hernández, 2015].

Contaminación por Cáscara de Arroz en América Latina

En 113 países que producen cada año 400 millones de toneladas de grano de cascara de arroz, la mitad de las cuales proceden de China. Entre los países productores de la cascara de arroz también se encuentran: España, Colombia, Perú o México. El cual forma parte importante de los ingresos de los pobladores en las zonas rurales, Sin embargo, las elevadas cifras de producción de arroz acarrear consigo consecuencias nefastas para el medio ambiente y para quienes viven alrededor: la quema de la paja produce gases de efecto invernadero y serias afecciones respiratorias.

Características de la Cáscara de Arroz

La forma del grano, es decir, su grosor y longitud, puede tener importancia comercial, según el mercado consumidor de que se trate. En la selección genética es importante observar si el carácter corto es dominante sobre el largo, ya que, en general el corto tiene mayor grosor. Para establecer líneas puras se toma muy en cuenta el tamaño del grano (TOPOLANSKI, 1975). Las propiedades físicas del grano de arroz como longitud,

anchura, transparencia, grado de elaboración, color y envejecimiento del arroz elaborado son indicadores de la calidad del grano. El color de la cariósida está determinado por cinco genes, y puede ser blanco, que es el más frecuente, rojo o casi negro (JULIANO, 1994).

El contenido de amilosa del almidón del arroz es el principal factor para su aceptabilidad. Guarda relación directa con la expansión del volumen y la absorción de agua durante la cocción y con la dureza o consistencia, blancura y opacidad del arroz cocido.

Morfología de la Cáscara de Arroz

El grano de arroz (arroz con cáscara o paddy) se compone de una cubierta protectora exterior, la cáscara y la cariósida o fruto del arroz (arroz integral o pardo, llamado también arroz descascarillado). El arroz integral o pardo se compone de las capas exteriores: pericarpio, tegumento o cubierta seminal y nucela; del germen o embrión; y del endospermo. Éste se compone de la capa de aleurona, consistiendo el endospermo propiamente dicho en la capa de subaleurona y en el endospermo amiláceo o interno. La capa de aleurona contiene al embrión. El pigmento de color pardo del arroz integral lo contiene el pericarpio que sería la capa más externa del grano.

El Carbón

El carbón es conocido prácticamente desde la aparición del hombre, en las formas de carbón vegetal y negro de humo. Los egipcios preparaban carbón de leña con un método similar al de hoy. El carbón en estado natural se presenta en dos formas de acuerdo a su grado de pureza: El carbón puro se cristaliza en diamante o grafito (Babor & Ibarz, 1963), mientras que el resto se presenta amorfo como carbón de hulla (carbón de piedra). El diamante, es el carbón puro por excelencia, y es el material más duro y precioso conocido en el universo.

La fuente de energía proveniente del carbón producido en el norte de nuestro país está siendo aprovechada por las siguientes industrias: fábricas de cemento, siderúrgicas, ladrilleras, briquetas para calefacción y uso doméstico.

La aplicación de las Cenizas tanto en Hormigones como en la fabricación de Ladrillos es adecuado ya que se consigue abaratar el material de la construcción (una cantidad de cemento se sustituye por cenizas), sin perder la calidad del producto, produciendo un material sostenible desde el punto de vista medioambiental. (Cladera, A., Etxeberria, M., Schiess, I., Pérez, A.).

Tipos de carbón

Antracita: También llamado carbón duro o carbón de piedra, posee un alto contenido de carbono (86% al 98%), bajo contenido de material volátil y poder calorífico superior a 32,6 MJ/kg (14.000 BTU/lb). Es utilizado como insumo en la industria siderúrgica, industria carboquímica y potencialmente en plantas carboeléctricas. Una perspectiva interesante es el uso de este tipo de carbón para la producción de hidrógeno, el cual puede ser aprovechado en celdas de combustible.

Carbón bituminoso: Este tipo de carbón posee un menor contenido de carbono y menor poder calorífico que el carbón antracita. Por su uso se le conoce como carbón coquizable, es utilizado en procesos siderúrgicos, generación de vapor y producción de energía térmica.

Carbón subbituminoso: Con menor poder calorífico que los carbones bituminosos, posee una composición en carbono entre 35% y 45% y un elevado contenido de material volátil. Es utilizado en la producción de energía eléctrica y energía térmica.

Lignito y turba: Son carbonos con alta humedad y alto contenido de ceniza y de material volátil, lo cual hace que posean un bajo poder calorífico. Son usados para calefacción, energía eléctrica y generadores de vapor de agua (Minem, Colombia, UPME, 2005).

Usos del Carbón como Cenizas

El uso de las Cenizas en Materiales de Construcción tanto en Elementos prefabricados como en elementos que se producen insitu produce los siguientes efectos positivos:

Reducción del contenido de cemento para reducir el coste.

Reducción del calor de hidratación (dato interesante para un lugar tan caluroso).

Mejorar la trabajabilidad del hormigón fresco (disminuir la cantidad de agua).

Conseguir resistencias elevadas a largo plazo.

Reducción de la permeabilidad y por lo tanto aumentamos la durabilidad, imprescindible para un desarrollo económico y sostenible.

Las Cenizas Volantes, como cualquier otro producto que sea utilizado y producido a escala industrial, deben ser debidamente caracterizadas en su conjunto, por lo tanto, su utilización dependerá de la variabilidad de las diferentes partículas. Uno de los aspectos

más importantes a estudiar son las variaciones que pueden existir en las características químicas, mineralógicas, morfológicas y físicas de las cenizas volantes dependiendo del tipo de carbón de origen. Para su aprovechamiento en la Ingeniería Civil es imprescindible el conocimiento de su reactividad e hidratación. La hidratación del cemento produce Hidróxido de calcio (portlandita, Ca(OH)_2), el material no durable del cemento hidratado que reacciona con las Cenizas volantes produciendo Silicato Cálcico Hidratado (CSH), el material durable y resistencia del cemento hidratado y por lo tanto en hormigones con Cenizas volantes, que se haya realizado un curado prolongado, se dará la reacción de la Ceniza volante con la Ca(OH)_2 produciendo más CSH y por lo tanto un material más impermeable y un material con más resistencia y mayor impermeabilidad que en un hormigón convencional. (Cladera, A., Etxeberria, M., Schiess, I., Pérez, A.).

En el cuadro se indican los usos actuales y potenciales para el carbón mineral en el Perú.

Figura 4.

Usos y productos del carbón mineral

Industria / Servicio	Sector	Productos
Siderúrgica	Minero-metalúrgico	Hierro esponja
Ladrillera	No metálicos	Ladrillos
Cementera	Industrial no metálicos	Cemento
Eléctrica	Energético	Electricidad
Hotelería	Servicios poblacional	Briquetas
Carboquímica	Químico-industrial	Gas de síntesis
Agroindustria	Agrario	Fertilizantes
Energética	Combustibles	Hidrógeno
Química	Energético	Substituto de gas natural

Fuente: Cladera, A., Etxeberria, M., Schiess, I., Pérez, A. (2009)

Clasificación del Carbón

La clasificación del carbón en todos los países está basada principalmente en el contenido de material volátil (hidrógeno, monóxido de carbono, metano, vapores de alquitrán y algunos gases no combustibles como el CO_2 y vapor de agua).

Según la American Society for Testing Materials (ASTM), la clasificación del carbón es como muestra el cuadro N° 1 (Joseph W. Leonard, 1991). El grafito, es: una modificación cristalina, que se presenta en escamas y láminas levemente adheridas entre sí, que resbalan de una capa sobre otra con facilidad. Es buen

conductor de la electricidad, resiste la acción del calor y muchos reactivos químicos, por cuyas propiedades se usa para fabricar crisoles, electrodos y en electroplastia.

Figura 5.

TIPO DE CARBÓN	GRUPO	LÍMITES DE CARBÓN FIJO, % (en base seca)		LÍMITES DE MATERIA VOLÁTIL, % (en base seca)		LÍMITES DE PODER CALORÍFICO, Kcal/Kg (en base seca)	
		IGUAL O SUPERIOR A	INFERIOR A	SUPERIOR A	INFERIOR A	IGUAL O SUPERIOR A	INFERIOR A
ANTRACITA	Meta antracita	98			2		
	Antracita	92	98	2	8		
	Semi antracita	86	92	8	14		
CARBÓN BITUMINOSO	Bituminoso de bajo volátil	78	86	14	22		
	Bituminoso de volátil intermedio	60	78	22	31		
	Bituminoso A de alto volátil		69	31		7778	
	Bituminoso B de alto volátil					7222	7778
	Bituminoso C de alto volátil					6300	7222
CARBÓN SUB BITUMINOSO	Sub bituminoso A					5830	6300
	Sub bituminoso B					5280	5830
	Sub bituminoso C					4600	5280
LIGNITO	Lignito A					3500	4600
	Lignito B						3500

Fuente: Clasificación del carbón mineral por rango según ASTM.

La Galgada (compañía río negro) y la Pallasca

El depósito La Galgada se encuentra ubicado en Chuquicara, Chimbote, entrando hacia Cabana, por Quiroz, estuvo abandonado hasta el año 80, cuando entró a trabajar la Compañía Río Negro S.A. El campamento se encuentra en el pueblo de La Galgada, ubicado al costado del río Chuquicara, también se encuentra la cancha y las tolvas de embarque, pero los mantos se encuentran agotados.



Figura 6. Depósito de carbón La Galgada.

El depósito de carbón explotable se encuentra a unos 20 km hacia arriba, donde se encuentran los mantos Rey de Carbón y La princesa, que son mantos de 4 a 5 m de potencia con buzamientos de 70°, con un gran potencial.

En la compañía carbonera La Pallasca estos depósitos se encuentran inoperativos también debido a la falta de vías de comunicación, en esta zona se ha descarrilado y clausurado el ferrocarril del Santa, por lo que es difícil su acceso, sobre todo en épocas de lluvia. En esta zona se está trabajando carbón en pequeña escala, a nivel doméstico.



Figura 7. Depósito de carbón La Pallasca.

Este proyecto de investigación actualmente se justifica porque la tecnología de la construcción se encuentra en la búsqueda de sistemas que aprovechen y aumenten el uso de materiales reciclables, que permitan estimular y disminuir el deterioro del medio ambiente. Éste proyecto tiene como finalidad el estudio de la resistencia del concreto usando esta nueva alternativa como material sustituyente y comparando esos resultados con las mezclas convencionales. Se espera que la ceniza de la cascara de arroz (SiO_2) y la ceniza de carbón (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO) contenga altos contenidos de sílice, calcio, aluminio; los cuales aportarían una mayor resistencia al concreto logrando así, una mejora ecológica y económicamente viable para la construcción de obras civiles.

Esta investigación trata sobre la evaluación de la resistencia utilizando cenizas activadas térmicamente como un reemplazo en porcentaje del cemento portland, la cual se pueden utilizar en futuras construcciones; donde es posible dar un valor agregado basándose en criterios de eficiencia ambiental, económica y social en Chimbote, lo cual sería beneficiario para el campo de la ingeniería civil.

Surge como realidad problemática lo siguiente, la búsqueda e implementación de nuevas fuentes de energía ha tomado gran importancia debido a problemas relacionados con el cambio climático y el agotamiento de combustibles fósiles; el uso de residuos agroindustriales ha tenido gran acogida por ser una posible fuente renovable de energía. En los últimos años, se han estudiado algunas características y métodos de implementación en energía utilizándola cenizas de cascara de arroz y de carbón, así como diversos proyectos en gasificación, biocombustibles, densificación para la generación de biocombustibles sólidos y en la construcción con las cenizas de éstas, con alto contenido de sílice para permitir una mejor hidratación y enlace con los compuestos del cemento.

A nivel internacional

El carbón suministra el 25 % de la energía primaria consumida en el mundo, solo por detrás del petróleo. Además es de las primeras fuentes de energía eléctrica, con 40 % de la producción mundial (datos de 2006), así mismo, ésta materia prima conlleva a una contaminación ambiental importante.

Hablamos de 800 millones de toneladas al año en lo que es cascara de arroz. El arroz es el segundo cereal más cultivado en el mundo, después del maíz. El planeta dedica 162,3 millones de hectáreas a su cultivo. La producción de arroz sumó en 2012 más de 738 millones de toneladas. Es la base de la alimentación en muchas regiones del mundo, la cual genera mucho desechos de la cascara de arroz.

A nivel nacional

En el Perú, el consumo y demanda del concreto va en aumento, generando también la necesidad de contar con materiales que tengan un adecuado desempeño dentro de las mezclas, por esta razón, la producción de arroz y obtención de carbón provenientes de procesos de trituración también viene creciendo, así como la búsqueda de nuevas alternativas en materiales que aprovechen los subproductos generados en la industria y que actualmente no tienen un uso adecuado.

A nivel local

Al analizar la problemática que existe, inicialmente en estos residuos que suelen ser tirados en la margen de las fuentes hídricas cercanas generando focos de procreación de insectos; además de aumentar la cantidad de sólidos disueltos que dificultan la fotosíntesis y la vida terrestre. De igual forma en la obtención del

carbón, lo cual genera una contaminación importante en los yacimientos de éste mineral, perjudicando así a los habitantes de la zona.

Por lo cual nos genera el siguiente problema: ¿Mejorará la resistencia a la compresión del concreto sustituyendo al cemento en 20% y 40%, por cenizas de cascara de arroz y cenizas de carbón?

Operacionalización de las Variables

Variable Dependiente: Resistencia a la Compresión

Definición Conceptual: La resistencia a la compresión se define como la capacidad de soporte de un área de contacto al recibir cargas de compresión. Normal mente se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm²), megapascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg² o psi). (NTP 399.601. (2012) Unidades de albañilería).

Definición Operacional: Es el aumento de resistencia a la compresión que se logra con una relación de agua y cemento adecuada utilizando el 5% de ceniza de palma aceitera y ceniza de cáscara de coco. La resistencia a la compresión se designa con el símbolo f_c .

Indicador: Varianza, promedios, desviación estándar.

Variable Independiente: Sustitución del cemento por 20% y 40% de cenizas de cáscara de arroz y cenizas de carbón

Definición Conceptual: Según la composición química de la cenizas de cáscara de arroz, calcinado a una temperatura de 400°C está compuesto principalmente por SiO₂, con altos porcentajes comparado con el cemento. (*Coronacion E.*). La aplicación de las Cenizas tanto en Hormigones como en la fabricación de Ladrillos es adecuado ya que se consigue abaratar el material de la construcción (una cantidad de cemento se sustituye por cenizas), sin perder la calidad del producto, produciendo un material sostenible desde el punto vista medioambiental. (Cladera, A., Etxeberria, M., Schiess, I., Pérez, A.).

Definición Operacional: Sustitución del porcentaje de cemento por la combinación de cenizas de cascara de arroz y cenizas de carbón para resistencia a la compresión de un concreto.

Indicador

Sustitución de cenizas en 20%: 5% de cáscara de arroz, 15% de carbón.

Sustitución de cenizas en 40%: 10% de cáscara de arroz, 30% de carbón.

Formulándose la siguiente Hipótesis: La resistencia a la compresión del concreto aumentaría al sustituir el cemento en peso por 20 y 40% de la combinación entre cenizas de cáscaras de arroz y cenizas de carbón.

El objetivo general es: Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento en peso por 20 y 40% de la combinación de cenizas de cáscaras de arroz y cenizas de carbón.

Y los Objetivos Específicos:

Determinar la temperatura de calcinación de la cascara de arroz y del carbón a través del análisis térmico diferencial (DTA).

Determinar la composición química mediante el ensayo fluorescencia de rayos X de la mezcla de ceniza de la cascara de arroz y la ceniza de carbón.

Determinar la alcalinidad del patrón – experimental y mezcla de las ceniza de la cascara de arroz, la de carbón y del cemento.

Determinar el peso específico del patrón y experimental.

Determinar la relación agua/cemento de la muestra patrón y la experimental 20, 40%.

Determinar y comparar mediante la validez estadística la resistencia a compresión del concreto patrón y experimental con la sustitución en 0, 20 y 40% de la combinación de cenizas de cáscara de arroz y cenizas de carbón a las edades de 7, 14, 28 y 45 días en relación de 1:3.





































II. METODOLOGIA

El tipo de Investigación de este proyecto es Aplicada, porque los resultados a encontrar en el proceso de investigación, serán utilizados en la solución de problemas relacionados al área Tecnología del concreto, generando presentar una mejor resistencia a la compresión de concreto con el cemento convencional, sustituyendo el cemento por 20% y 40% de la combinación de cenizas de cascara de arroz y de la ceniza de carbón en proporción de 1:3.

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (guías de observación). La hipótesis planteada se comprobará por medios matemáticos y estadísticos y constituye la base alrededor de la cual se diseña todo el experimento.

El diseño que le corresponderá a esta investigación será experimental de nivel Experimental, porque se evaluarán las muestras mencionadas mediante ensayos, donde se obtendrá los resultados de dos grupos de estudio denominados: Grupo Control el cual será realizado con muestras sin la adición de ningún componente adicional y el Grupo Experimental el cual será realizado con la incorporación de la cenizas de la cáscara de arroz y cenizas de carbón.

El estudio en su mayor parte se concentrará en el laboratorio de Ingeniería Civil de nuestra Universidad San Pedro, donde como investigador realizaré los ensayos necesarios obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en los objetivos formulados.

DÍAS DE CURADO	"RESISTENCIA DEL CONCRETO SUSTITUYENDO EL CEMENTO POR CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZAS DE CARBÓN"		
	0%	20%	40%
7			
			
			
14			
			
			
28			
			
			
45			
			
			

Fuente: Elaboración Propia

Población y Muestra

Con la finalidad de estudiar el comportamiento de la resistencia a la compresión de probetas de concreto, se utilizó las cenizas de cascara de arroz y la ceniza de carbón como material para aumentar la resistencia a la compresión de las probetas de concreto.

El porcentaje a utilizar de las dosis de las cenizas de cascara de arroz y la ceniza de carbón fueron añadidos antes de realizar la mezcla con los agregados gruesos y finos. Donde se realizó dos dosis diferentes para los ensayos de resistencia a la compresión en diferentes de tiempos de 7, 14, 28 y 45 días con 3 muestras por cada tiempo ya mencionado, una dosis experimental y otra dosis patrón que sirvió como parámetro de comparación.

Unidades de análisis: probetas de concreto utilizadas para aumentar la resistencia a la compresión.

Población

Conformada por el estudio de un conjunto de probetas de concreto ensayadas a compresión, que se elaboraron en el laboratorio de la Universidad San Pedro con la finalidad de aumentar la resistencia a la compresión cumpliendo con los estándares de la norma técnica peruana. Elaborado el diseño de dosificación de resistencia de compresión convencional y el diseño aplicativa con ceniza de cascara de arroz (extraído del Distrito de Santa-Ancash) y de carbón (extraído de la Galdada-Pallasca).

Muestra

Para la resistencia a la compresión se trabajó con 36 probetas de concreto, de las cuales 12 probetas son sin sustitución, también denominada patrón, y 24 fueron modificados con sustitución de 20 y 40% de cemento por las cenizas de cáscara de arroz y cenizas de carbón.

Para el tamaño de la Población se consideraron 36 unidades:

3 probetas de probetas de concreto para 0% de ceniza de cascara de arroz y de carbón a los 7 días.

3 probetas de probetas de concreto para 0% de ceniza de cascara de arroz y de carbón a los 14 días.

3 probetas de probetas de concreto para 0% de ceniza de cascara de arroz y de carbón a los 28 días.

3 probetas de probetas de concreto para 0% de ceniza de cascara de arroz y de carbón a los 45 días.

3 probetas de probetas de concreto para 5% de ceniza de cascara de arroz y 15% de carbón a los 7 días.

3 probetas de probetas de concreto para 5% de ceniza de cascara de arroz y 15% de carbón a los 14 días.

3 probetas de probetas de concreto para 5% de ceniza de cascara de arroz y 15% de carbón a los 28 días.

3 probetas de probetas de concreto para 5% de ceniza de cascara de arroz y 15% de carbón a los 45 días.

3 probetas de probetas de concreto para 10% de ceniza de cascara de arroz y 30% de carbón a los 7 días.

3 probetas de probetas de concreto para 10% de ceniza de cascara de arroz y 30% de carbón a los 14 días.

3 probetas de probetas de concreto para 10% de ceniza de cascara de arroz y 30% de carbón a los 28 días.

3 probetas de probetas de concreto para 10% de ceniza de cascara de arroz y 30% de carbón a los 45 días.

Técnicas e instrumentos de investigación

Para eso se utilizó como instrumento una guía de observación resumen porque permitió elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a compresión.

Por ser un proyecto de investigación con un Nivel de Investigación Experimental y ensayar en un laboratorio las muestras de nuestra población se opta por usar como Técnica de Investigación: “LA OBSERVACION CIENTIFICA”, porque mediante este instrumento (Fichas técnicas de ensayos de laboratorio) se reconoció, apreció y comprará las principales características del ámbito de la investigación de la resistencia del concreto sustituyendo el cemento por cenizas de cascara de arroz y de carbón.

METODO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO	ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN
OBSERVACIÓN CIENTÍFICA	- Guía de observación	<p><u>Grupo control</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Probeta de concreto sin adición de cenizas de cascara de arroz y de carbón.
	- Fichas técnicas de ensayos de laboratorio	<p><u>Grupo experimental:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Probeta de concreto con adición de 5% de cenizas de cascara de arroz y 15% de carbón.
	- Resumen	<ul style="list-style-type: none"> • Probeta de concreto con adición de 10% de cenizas de cascara de arroz y 30% de carbón.

Ensayo 01

Se realizó el Análisis Térmico Diferencia (DTA) de las cenizas de la cascara de arroz y del carbón. Como objetivo: procedimiento que se somete a una variación de temperatura a la muestra experimental. El DTA mide la diferencia de temperatura entre las cenizas de cascara de arroz y del carbón en función del tiempo (temperatura constante) o de la temperatura alcanzada en cada momento. Estas medidas se realizan en una atmosfera controlada (horno). Con un adecuado calibrado del equipamiento el DTA es una técnica semicuantitativa para obtener información sobre la cantidad de calor involucrado en las unidades de análisis.

Ensayo 02

Se hizo el Ensayo de Fluorescencia del patrón establecido y sustituyendo las cenizas de la cascara de arroz y del carbón. Como objetivo: Procedimiento que determina el análisis de la composición química del material (cenizas de cascara de arroz y de carbón).

Los Instrumentos que se utilizaron con respecto a los siguientes ensayos: Horno o Mufla, Tamiz n° 200, Bataam, Bolsas de papel

Instrumentos de laboratorio de mecánica de suelos.

Se utilizaron elementos como cámara fotográfica y demás instrumentos que permitieron registrar y evidenciar lo planteado en el presente perfil del proyecto.

Procesamientos y análisis de la información.

Se aplicaron los métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales.

Métodos estadísticos descriptivos

Una vez recopilada la información de las técnicas de investigación, la misma que fue procesada y resumida sistemáticamente en tablas de distribución de frecuencias, así mismo se utilizó graficas estadísticas como: Media aritmética, Moda, varianza, desviación estándar, coeficiente de correlación lineal (coeficiente de Pearson).

Es un método descriptivo porque se encarga de describir, evaluar, explicando los motivos de los resultados obtenidos.

Métodos estadísticos inferenciales

Se aplicó la prueba de hipótesis: diferencia de medias, para comprobar científicamente la hipótesis de trabajo formulada.

Así mismo se aplicó un análisis de varianza para evaluar y comparar la variabilidad de la información en los grupos de estudios respectivos.

Para proyectar e inferir los resultados obtenidos en la muestra hacia la población, se aplicó la estimación de parámetros, en este caso de la media poblacional y varianza poblacional.

III. RESULTADOS

Composición química de la ceniza de cáscara de arroz

TABLA N° 6

**Composición elemental de la muestra de ceniza de cáscara de arroz en %
de masa. (Calcinado a 510 °C)**

COMPOSICIÓN QUÍMICA	MASA (%)	NORMALIZADO	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de Hierro(Fe_2O_3)	0.268	0.283	
Trióxido de Aluminio (Al_2O_3)	2.409	2.638	
Dióxido de Silicio(SiO_2)	86.903	91.554	
Óxido de Calcio(CaO)	0.838	0.893	
Óxido de Manganeso(MnO)	0.167	0.176	
Óxido de Niquel(Ni_2O_3)	0.001	0.001	FLUORESCENCIA DE RAYOS-X DISPERSIVA EN ENERGÍA (FRXDE)
Óxido de Zinc (ZnO)	0.019	0.020	
Óxido de Estroncio(SrO)	0.001	0.001	
Óxido de Titanio(TiO_2)	0.028	0.029	
Óxido de Cloro(ClO_2)	0.988	1.041	
Trióxido de Cromo(Cr_2O_3)	0.001	0.001	
Óxido de Potasio (K_2O)	3.332	3.510	
Óxido de Fósforo(P_2O_3)	0.005	0.005	
Dioxido de Azufre(SO_2)	0.468	0.493	

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de Arqueometría-Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Composición química de la ceniza de carbón

TABLA N° 7

Composición elemental de la muestra de ceniza de carbón de piedra en % de masa. (Calcinado a 580 °C)

COMPOSICIÓN QUÍMICA	MASA (%)	NORMALIZADO	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	4.623	4.835	FLUORESCENCIA DE RAYOS-X DISPERSIVA EN ENERGÍA (FRXDE)
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	15.610	16.048	
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	56.233	56.606	
Óxido de Calcio (CaO)	3.615	4.013	
Óxido de Manganeso (MnO)	1.415	1.543	
Óxido de Niquel (Ni ₂ O ₃)	0.001	0.001	
Óxido de Zinc (ZnO)	2.092	2.117	
Óxido de Estroncio (SrO)	0.052	0.053	
Óxido de Titanio (TiO ₂)	0.752	0.767	
Óxido de Cloro (ClO ₂)	0.565	0.566	
Trióxido de Cromo (Cr ₂ O ₃)	0.002	0.002	
Óxido de Potasio (K ₂ O)	1.905	2.048	
Óxido de Fosforo (P ₂ O ₃)	8.276	8.601	
Dioxido de Azufre(SO ₂)	1.208	1.233	

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de Arqueometría-Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Composición química de la mezcla de cenizas

TABLA N° 8

Composición elemental de la muestra de la mezcla de ceniza de cáscara de arroz y de ceniza de carbón de piedra en % de masa. (75% CCA + 25%CC)

COMPOSICIÓN QUÍMICA	MASA (%)	NORMALIZADO	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de Hierro (Fe_2O_3)	1.215	1.424	
Trióxido de Aluminio (Al_2O_3)	4.719	5.531	
Dióxido de Silicio (SiO_2)	65.693	77.008	
Óxido de Calcio (CaO)	10.132	11.877	
Óxido de Manganeso (MnO)	0.115	0.135	FLUORESCENCIA DE RAYOS-X DISPERSIVA EN ENERGÍA (FRXDE)
Óxido de Niquel (Ni_2O_3)	0.001	0.001	
Óxido de Zinc (ZnO)	0.023	0.026	
Óxido de Estroncio (SrO)	0.022	0.026	
Óxido de Titanio (TiO_2)	0.137	0.161	
Óxido de Cloro (ClO_2)	0.324	0.380	
Trióxido de Cromo (Cr_2O_3)	0.008	0.010	
Óxido de Potasio (K_2O)	2.078	2.436	
Óxido de Fosforo (P_2O_3)	0.002	0.003	
Dioxido de Azufre(SO_2)	0.826	0.968	

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de Arqueometría-Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Método estadístico ANOVA

ANOVA:

Hipótesis:

Para TIPO

$$H_0: \alpha_i = 0$$

$$H_1: \text{Al menos un } \alpha_i \neq 0$$

ANOVA					
Resistencia	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	43992,093	2	21996,046	8,358	,001
Intra-grupos	86843,003	33	2631,606		
Total	130835,096	35			

Conclusiones:

Para TIPO: Visto el cuadro, para factor TIPO nos genera una significancia de $p=0,001 < 0,05$, lo que nos permite rechazar la hipótesis nula, lo que significa que el rendimiento para cada tratamiento es significativamente diferente.

Ensayos clínicos biológicos e industriales

TABLA N° 9

Ensayos de pH de las cenizas de cáscara de arroz y de carbón.

MUESTRA	ENSAYOS
	pH
Cenizas de Cáscara de Arroz (CCA)	10.23
Cenizas de Carbón (CC)	12.53
Cemento	12.42
(CCA) + (CC)	13.40

Fuente: Elaboración propia

Relación agua-cemento para el concreto patrón y experimental

Patrón

Especificaciones

Todos los procedimientos y selección de datos serán empleados por el método ACI.

La resistencia en compresión de diseño es de 210 kg/cm², a los 7, 14,28 y 45 días.

Cemento:

Tipo I “Pacasmayo”, peso específico = 3.12

Relación agua-cemento: Se obtiene una relación agua-cemento de 0.684

Valores de diseño para una probeta

Cemento 1.984 kg

Agua efectiva 1.358 lts

Agregado fino 5.260 kg

Agregado grueso 6.791 kg

Experimental 20% sustitución del cemento

Especificaciones

Todos los procedimientos y selección de datos serán empleados por el método ACI.

La resistencia en compresión de diseño es de 210 kg/cm², a los 7, 14,28 y 45 días.

Cemento:

Tipo I “Pacasmayo”, peso específico = 3.48

Relación agua-cemento: Se obtiene una relación agua-cemento de 0.684

Valores de diseño para una probeta

Cemento 1.984 kg

Agua efectiva 1.342 lts

Agregado fino 5.437 kg

Agregado grueso 6.791 kg

Experimental (40% sustitución del cemento)

Especificaciones

Todos los procedimientos y selección de datos serán empleados por el método ACI.

La resistencia en compresión de diseño es de 210 kg/cm², a los 7, 14, 28 y 45 días.

Cemento:

Tipo I “Pacasmayo”, peso específico = 3.52

Relación agua-cemento: Se obtiene una relación agua-cemento de 0.746

Valores de diseño para una probeta

Cemento	1.984 kg
Agua efectiva	1.480 lts
Agregado fino	5.456 kg
Agregado grueso	6.791 kg

Resistencia a la Compresión

Se realizó una mezcla para el concreto Patrón y se realizó 12 probetas, las cuales se ensayaron por compresión a los 7, 14, 28 y 45 días de curado, obteniéndolos siguientes resultados:

TABLA N° 10

Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 7, 14, 28 y 45 días de curado.

PROBETAS PATRÓN (F'C= 210 kg/cm²)						
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN	N° DE PROBETA	PESO DE PROBETAS ANTES DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN (kg)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)	CARGA (kg .f)	Fc (kg/cm²)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO
7 DÍAS	P1	15.47	15.21	28100	154.45	156.89 kg/cm² que corresponde a un 74.78%
	P2	15.50	15.22	28540	156.87	
	P3	15.50	15.22	28990	159.34	
14 DÍAS	P4	15.55	15.20	31220	172.05	173.99 kg/cm² que corresponde a un 82.85%
	P5	15.50	15.20	30890	170.23	
	P6	15.60	15.20	32610	179.71	
28 DÍAS	P7	15.65	15.10	39720	221.80	217.83kg/cm² que corresponde a un 103.73%
	P8	15.60	15.05	38310	216.50	
	P9	15.60	15.00	38080	215.20	
45 DÍAS	P10	15.73	15.28	52110	284.17	281.53 kg/cm² que corresponde a un 134.06%
	P11	15.65	15.28	50880	277.47	
	P12	15.68	15.31	52090	282.95	

Fuente: Resultados de las ensayos del laboratorio de la USP

TABLA N° 11

Resultados del ensayo de compresión del concreto experimental 20% a los 7, 14, 28, y 45 días de curado.

PROBETAS EXP 20% (F'C= 210 kg/cm²)						
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN	N° DE PROBETA	PESO DE PROBETAS ANTES DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN (kg)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)	CARGA (kg .f)	Fc (kg/cm²)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO
7 DÍAS	EXP01	13.60	15.29	29130	158.65	166.40 kg/cm² que corresponde a un 79.24%
	EXP02	13.62	15.28	31610	172.38	
	EXP03	13.60	15.28	30840	168.18	
14 DÍAS	EXP04	13.65	15.20	36160	199.27	192.82 kg/cm² que corresponde a un 91.81%
	EXP05	13.55	15.19	33800	186.51	
	EXP06	13.51	15.21	35010	192.68	
28 DÍAS	EXP07	13.48	15.19	40300	222.38	230.21 kg/cm² que corresponde a un 109.62%
	EXP08	13.60	15.18	43800	242.01	
	EXP09	13.50	15.16	40840	226.25	
45 DÍAS	EXP10	13.65	15.20	59460	327.68	325.42 kg/cm² que corresponde a un 154.96%
	EXP11	13.60	15.21	58910	324.22	
	EXP12	13.65	15.23	59090	324.36	

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

Se realizó una mezcla de 5% de cenizas de Cáscara de arroz y 15% de cenizas de carbón para el concreto Experimental 20% y se realizó 24 probetas, las cuales se ensayaron por compresión obteniendo un **20%** más a comparación del concreto patrón, con una resistencia promedio de **325.42 kg/cm²**.

Tabla N° 12

Resultados del ensayo de compresión del concreto a los 7, 14, 28, y 45 días de curado.

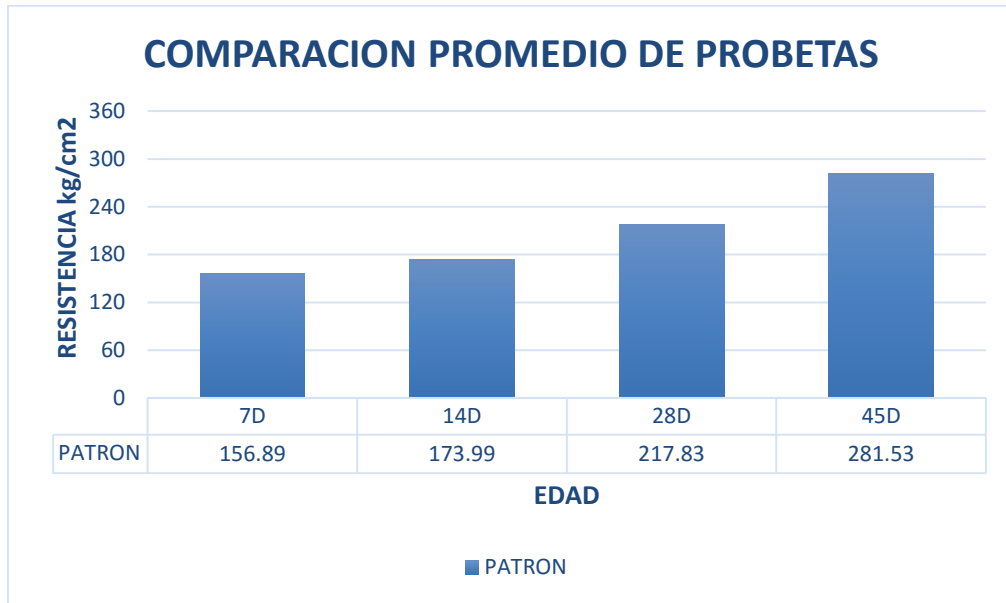
PROBETAS EXP 40% (F'C= 210 kg/cm2)						
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN	N° DE PROBETA	PESO DE PROBETAS ANTES DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN (kg)	DIAMETRO PROMEDIO (cm)	CARGA (kg .f)	Fc (kg/cm2)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO
7 DÍAS	EXP13	13.55	15.29	21600	117.64	111.01 kg/cm2 que corresponde a un 52.86%
	EXP14	13.50	15.3	20130	109.49	
	EXP15	13.45	15.29	19440	105.87	
14 DÍAS	EXP16	13.52	15.30	22620	123.03	124.57 kg/cm2 que corresponde a un 59.32%
	EXP17	13.58	15.32	23260	126.18	
	EXP18	13.55	15.29	22860	124.50	
28 DÍAS	EXP19	13.60	15.28	26020	141.90	146.81 kg/cm2 que corresponde a un 69.91%
	EXP20	13.60	15.28	26210	142.93	
	EXP21	13.65	15.28	28570	155.60	
45 DÍAS	EXP22	13.55	15.31	37160	201.85	202.74 kg/cm2 que corresponde a un 96.54%
	EXP23	13.60	15.32	38140	206.91	
	EXP24	13.50	15.32	36770	199.47	

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

Se realizó una mezcla de 10% de cenizas de Cáscara de arroz y 30% de cenizas de carbón para el concreto Experimental 40% y se realizó 24 probetas, las cuales se ensayaron por compresión obteniendo un **elevado descenso de resistencia** a comparación del concreto patrón, con la resistencia más alta de **202.74 kg/cm2**.

Gráfico N° 01

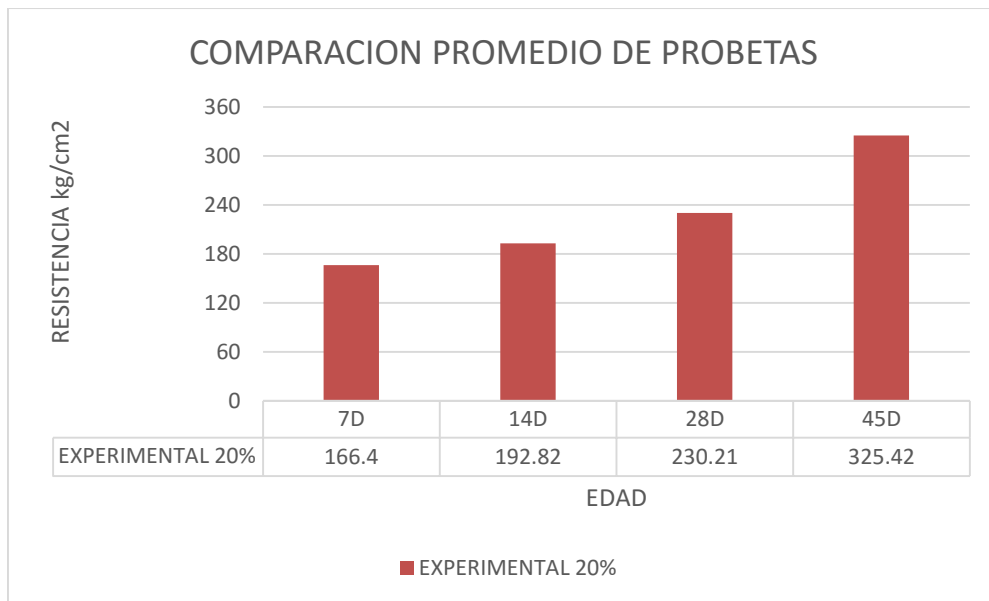
Resistencia Promedio del concreto patrón a 7, 14, 28 y 45 días.



Fuente: elaboración propia

Gráfico N° 02

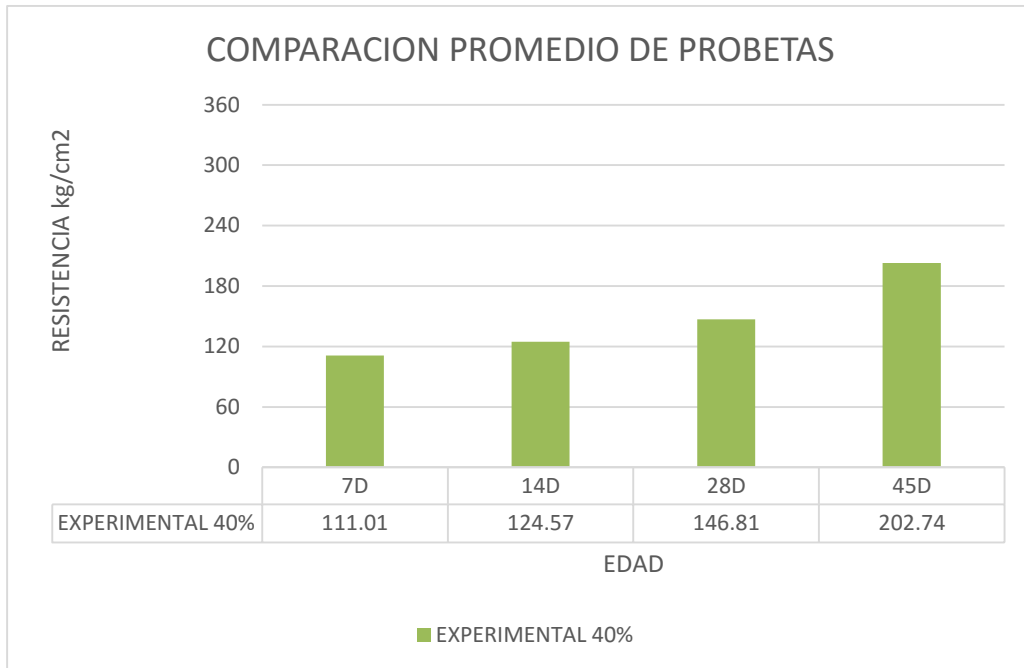
Resistencia Promedio del concreto Experimental 20% a 7, 14, 28 y 45 días.



Fuente: elaboración propia

Gráfico N° 03

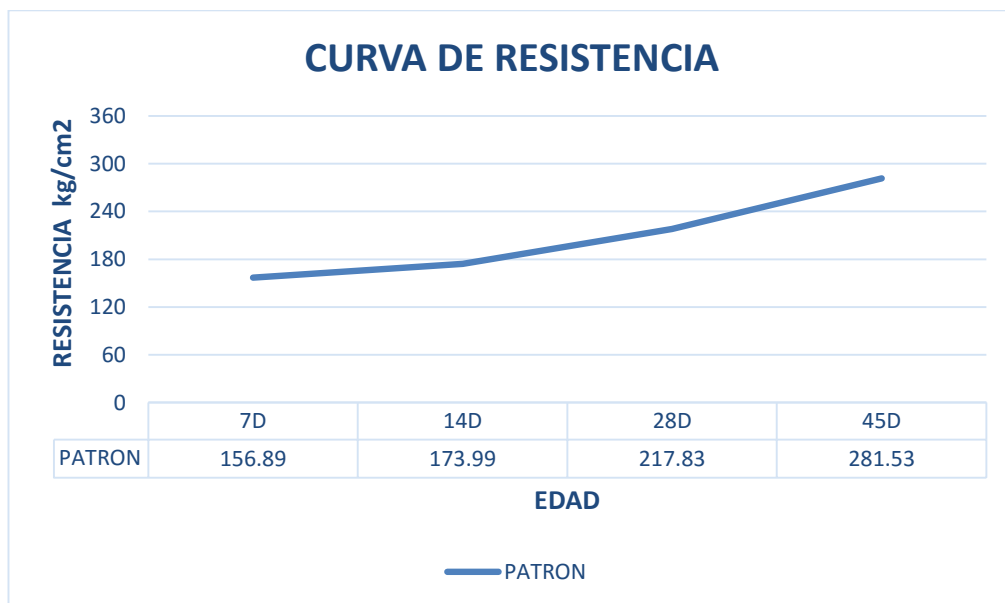
Resistencia Promedio del concreto Experimental 40% a 7, 14, 28 y 45 días.



Fuente: elaboración propia

Gráfico N° 04

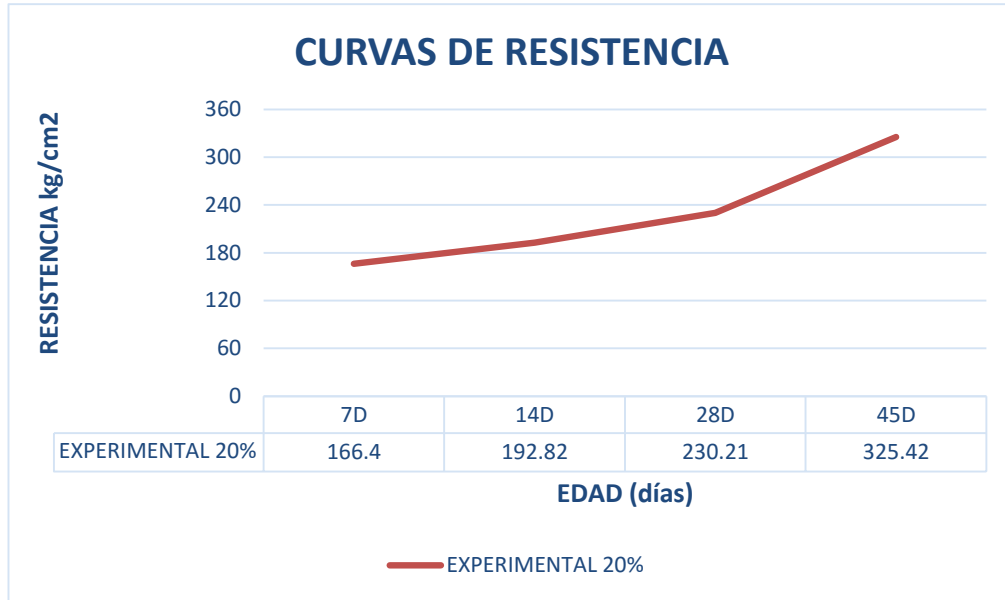
Curva de la Resistencia a la compresión del concreto Patrón.



Fuente: elaboración propia

Gráfico N° 05

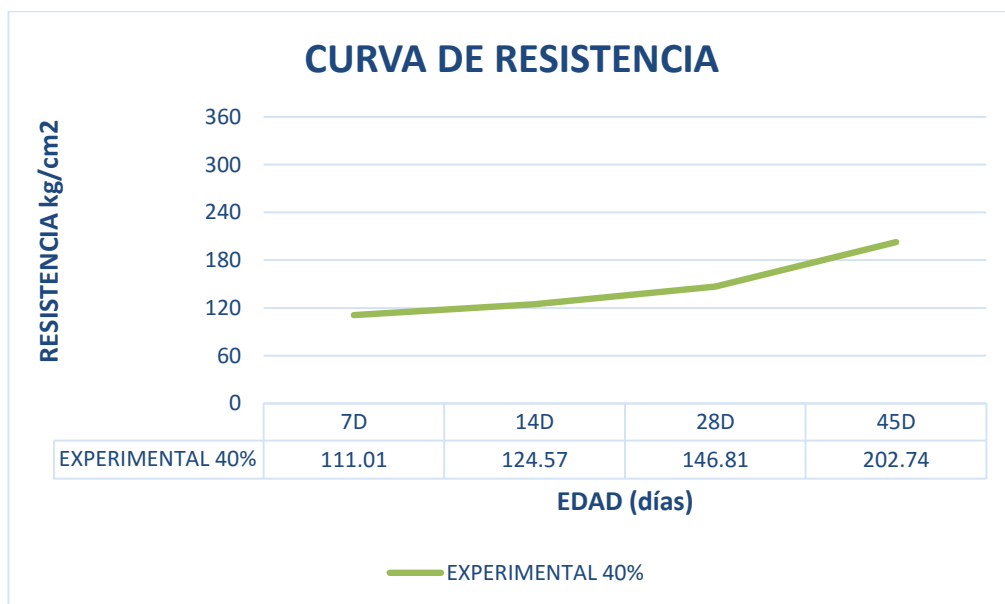
Curva de la Resistencia a la compresión del concreto Experimental 20%.



Fuente: elaboración propia

Gráfico N° 06

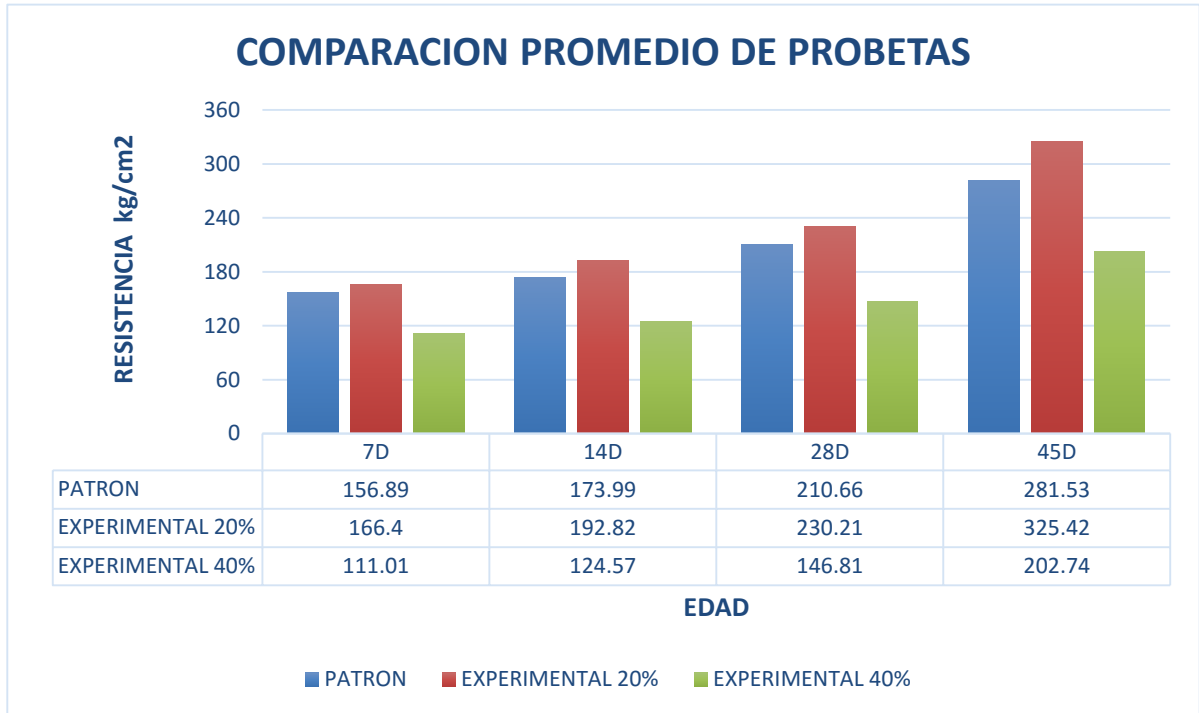
Curva de la Resistencia a la compresión del concreto Experimental 40%.



Fuente: elaboración propia

Gráfico N° 07

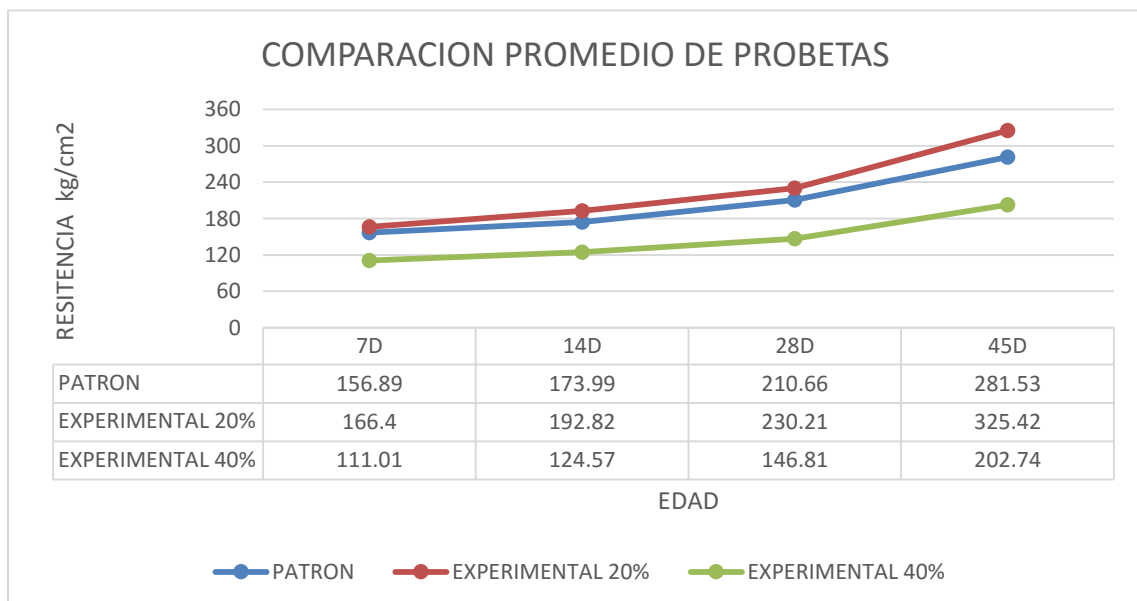
Resistencia a la compresión de los promedios del concreto patrón, experimental 20% y 40%.



Fuente: elaboración propia

Gráfico N° 08

Curva Frecuencia de la resistencia a la compresión de los promedios del concreto patrón, experimental 20% y 40%.



IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos del ensayo de fluorescencia de rayos-x dispersiva en energía (FRXDE) de la mezcla de cenizas de cáscara de arroz y de carbón de piedra resaltan los elevados porcentajes puzolánicos como: óxido de calcio CaO (10.132 %), dióxido de silicio SiO₂(65.693%) y trióxido de aluminio Al₂O₃ (4.719 %), los cuales favorecen las propiedades cementantes del material, ya que son semejantes a los porcentajes del cemento.

El óxido de calcio CaO con el dióxido de silicio SiO₂ forman el silicato tricalcioC₃S. La resistencia y otras propiedades del cemento hidratado se deben principalmente al silicato de calcio hidratado, éste es el corazón del concreto lo cual, se hidratan y endurecen rápidamente otorgando una resistencia inicial. También podemos decir que, las cenizas de cáscara de arroz y de carbón de piedra no presentan sustancias contaminantes dañinas para la salud, ni sustancias desfavorables para el concreto como cloruros, sulfatos, azufre y potasio, donde se asemejan con los resultados de antecedentes presentados.

En cuanto al resultado del Análisis Térmico Diferencial (ATD), realizado para la muestra de ceniza de cáscara de arroz, se puede apreciar, de acuerdo al Análisis Calorimétrico una banda endotérmica ligera en torno a 510°C, ya que en mis antecedentes se diferencia porque se calcinó a 400°C por 2 hrs. En relación a ello, existiría la posibilidad que ocurran cambios estructurales en las propiedades de la cáscara de arroz. Asimismo, para la muestra de la ceniza de carbón; se puede apreciar, de acuerdo al Análisis Calorimétrico unas ligeras bandas endotérmicas, donde se muestra un ligero pico de absorción de calor a 580°C, ya que en mis antecedentes se diferencia porque se calcinó a 500°C, optando la posibilidad que ocurran cambios estructurales en las propiedades de ceniza de carbón; donde, se llega al análisis que es preciso que se efectuó la calcinación de las muestras en dicha temperatura.

El resultado para medir la alcalinidad o la acidez, mediante la prueba de Ph, para determinar la combinación de las muestras de ceniza de cáscara de arroz, ceniza de carbón y cemento, que se muestra en la tabla N°09; se puede apreciar el valor de la alcalinidad en elevado porcentaje más relevante: 13.40 %, lo cual me indica que

tiene una gran medida de niveles de carbonato y bicarbonato, esto apoya, al concreto ya que al mezclar con el agua, se produce una gran velocidad de hidratación, lo que favorece un rápido endurecimiento del cemento, de esta manera, hidrata y endurece al concreto brindando una resistencia a edades mayores, es así que alcanza una elevada resistencia a la compresión a largo plazo.

Con respecto al análisis de la relación agua – cemento. La a/c experimental (20%) fue de 0.684 y la a/c del patrón es de 0.684, dentro del análisis, posteriormente, las muestras de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de carbón no afectó su porosidad, contenido de humedad y absorción, quedando intacto el porcentaje de agua para el nuevo cemento, llegando a la conclusión que las cenizas de las muestras no necesitan adición ni reducción de agua para hidratarse, por ese motivo se debe que no hay diferencia en ambos resultados. Mientras que la a/c experimental (40%) fue de 0.746 afectando el contenido de humedad y absorción de la sustitución del 10% de cenizas de cáscara de arroz y 30% de cenizas de carbón concluyendo que hay diferencia de relación agua-cemento afectando los resultados.

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón, según tablas N° 10 muestran que a los 7, 14, 28 y 45 días de curado; alcanzó una resistencia promedio de 156.89kg/cm², 173.99kg/cm², 217.83kg/cm² y 281.53kg/cm² respectivamente cumpliendo con las normas de RNE..

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión del concreto experimental al 20%, según tablas N°11 muestran que a los 7, 14, 28 y 45 días de curado; alcanzó una resistencia promedio de 166.40kg/cm², 192.82kg/cm², 230.21kg/cm² y 325.42kg/cm² respectivamente.

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión del concreto experimental al 40%, según tablas N° 12 muestran que a los 7, 14, 28 y 45 días de curado; alcanzó una resistencia promedio de 111.01kg/cm², 124.57kg/cm², 146.81 kg/cm² y 202.74kg/cm² respectivamente.

En conclusión, los resultados que se obtuvieron de los ensayos de resistencia a la compresión fueron positivos, ya que las probetas experimentales superaron notablemente a las probetas patrón.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Según el análisis térmico diferencial de la ceniza de cáscara de arroz muestra una pérdida de masa entre 260 y 360°C donde pierde en total aproximadamente 63% respecto a su masa inicial. Posterior a 510°C podría indicar cambio de fase del material. Por otro lado, en la ceniza de carbón muestra una pérdida de masa entre 150 y 500°C donde pierde en total aproximadamente 26% respecto a su masa inicial. Posterior a 580°C podría indicar cambio de fase del material.

Las cenizas de cáscara de arroz y de carbón de piedra, tiende a elevar la resistencia del concreto a comparación con el patrón, debido a su composición química favorable en óxido de calcio CaO (10.132 %), dióxido de silicio SiO₂(65.693 %) y trióxido de aluminio Al₂O₃(4.719 %) semejantes a las características cementantes del cemento portland tipo I.

La alcalinidad mediante la prueba de pH, para determinar la combinación de las muestras de ceniza de cáscara de arroz (CCA), ceniza de carbón (CC) y cemento dieron como resultado lo siguiente: CCA = 10.23, CC=12.53, Cemento=12.42. Y la combinación de todas éstas, (CCA)+(CC)+Cemento = 13.40. Apreciando el valor de la alcalinidad en elevado porcentaje más relevante: 13.40 %, lo cual me indica que tiene una gran medida de niveles de carbonato y bicarbonato, esto apoya, al concreto ya que al mezclar con el agua, se produce una gran velocidad de hidratación, lo que favorece un óptimo endurecimiento del cemento, de esta manera, hidrata y endurece al concreto brindando una resistencia a edades mayores.

La relación agua cemento a/c del concreto patrón es de 0.684 y la relación agua cemento a/c del concreto experimental 20% es de 0.684, mientras que la relación agua cemento a/c del concreto experimental 40% es de 0.746. debido a que la presencia de las cenizas combinado con el cemento presenta otro peso específico, lo cual no afecta directamente en la relación a/c, mientras sí afecta en la absorción a comparación del cemento portland tradicional, por consecuencia presenta una diferencia de resistencias y trabajabilidad.

El concreto patrón alcanzó una resistencia promedio de 156.89 kg/cm² a los 7 días de curado, a los 14 días 173.99 kg/cm², a los 28 días 217.83 kg/cm² y los 45 días 281.53 kg/cm². El concreto experimental con 5% de cenizas de cáscara de arroz y 15% de cenizas de carbón alcanzó una resistencia promedio de 166.40 kg/cm² a los 7 días de curado, a los 14 días 192.82 kg/cm², a los 28 días 230.21 kg/cm² y a los 45 días 325.42 kg/cm². Mientras que el concreto experimental con 10% de cenizas de cáscara de arroz y 30% de cenizas de carbón alcanzó una resistencia promedio de 111.01 kg/cm² a los 7 días de curado, a los 14 días 124.57 kg/cm², a los 28 días 146.81 kg/cm² y a los 45 días 202.74 kg/cm².

En los gráficos N° 07 y N°08 muestra que la comparación de resistencias entre el patrón y experimental de 20% y 40%, el de mayor resistencia es el EXPERIMENTAL 20%. A los 7, 14, 28 y 45 días superan el 5%, 9%, 6% y 20% respectivamente superando el 20% los 50MPa.

Recomendaciones

La utilización de cenizas de cáscara de arroz y de carbón como sustitución del cemento en 5% y 15% respectivamente, arroja resultados positivos lo cual amerita profundizar con más estudios especializados en el campo de la construcción; con el fin de tener beneficios técnicos, ambientales y a menos costo.

Se recomienda continuar con ensayos de resistencia a la compresión en probetas con 5% de cenizas de cáscara de arroz y 15% de cenizas de carbón para edades como 60 y 90 días.

Se recomienda utilizar la gradación por las mallas ½ y 3/8 más de una vez, con la finalidad de homogenizar el tamaño de los agregados; en ambas granulometrías. Lo cual genera una mejor y óptima resistencia como resultados.

Es conveniente analizar propiedades físicas y químicas de la cáscara de arroz y del carbón, ya que presentan diferencias entre sí, debido a la naturaleza de producción y explotación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguado, A., et al. (2009) Un material permeable y resistente. Universidad Politecnica de Cataluña, España.

Recuperado de: <https://www.structech.upc.edu/wp-content/uploads/2015/.../C2-CV-Antonio-Aguado.pdf>

Babor & Ibarz, (1963) Quimica General Moderna. Publicado por Marin.

Recuperado de: http://give.redcross.sg/quimica_general_babor_ibarz.pdf

Balcázar, A., Castillo, L., (2014) Universidad Nacional de Trujillo. Uso de cenizas volantes provenientes de calderos de lecho fluidizado en concretos autocompactantes y su influencia en la resistencia a la compresión. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería de Materiales.

Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3206>

Barros, A., (2009) Durability performance of concrete incorporating coarse aggregates from marble industry waste.

Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/260031086_Durability_performance_of_concrete_incorporating_coarse_aggregates_from_marble_industry_waste

Broggi, A., (2001). Informe MINERO PERÚ. “Estudio sobre el carbón peruano”.

Recuperado de:

revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/download/678/532

Cladera, A., Etxeberria, M., Schiess, I., Pérez, A., Tecnologías y Materiales de Construcción Para el Desarrollo.

Encontrado como: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/far696d/doc/far696d.pdf>

Encontrado como: <https://es.wikipedia.org/wiki/Arroz>

Gonzales, S (1987) “Supervisión de obra de concreto”

Ieca., (2013). Componentes y propiedades del cemento. 2015, de IECA.

Recuperado de: https://www.ieca.es/gloCementos.asp?id_rep=179

Ingemmet. (1983). Inventario preliminar del carbón mineral en el Perú. Lima.

Harmsen, T., (1997) Pontificia Universidad Católica del Perú. Materiales en Diseño de Estructuras de Concreto Armado (11).

Recuperado de:

<http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/35163/Cuaderno%20del%20Archivo%20de%20la%20Universidad%20n%C2%B0%2022.pdf?sequence=6>

M. Criado, A. Palomo, A. Fernández-Jiménez, (2005)«Alkaliactivation of flyashes. Effect of curing conditions on the nature of the reaction products», Fuel. 84 pp. 2048-2054.

Ossa M. & Jorquera H.,“Cementos con cenizas volantes” Universidad de Chile (1984) Materiales de Construcción, Vol 34. Pag. 600-13.

Recuperado de:

materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/956/1013

Rojas, M., López, E. y S. Zaldívar, (2006). “Desarrollo de un modelo de cadena de suministro para el aprovechamiento industrial del carbón mineral en el Perú”. Lima: Instituto de Investigación Científica de la Universidad de Lima

Salas, J., Sánchez, I., Castillo, P. Y Veras, J., (1986): “Empleo de cenizas de cascara de arroz como adiciones en mortero”. “Use of rice husk ash an admixture in mortar”. Madrid. Materiales de Construcción, n° 203, págs. 23-41.

Tacilla, E., Araujo, F., & Cardozo, V., (2004) Composición Química del Cemento. Cajamarca, Perú.

Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/24863679/Composicion-Quimica-Del-Cemento>

Velandia, D., Ramirez, F. & Carrillo, J., (2011). “Concretos con cenizas volantes provenientes de termoeléctricas” Colombia.

Xie, Z., & Xi, Y. (2001). Hardening mechanisms of an alkaline-activated class F flyash. Cement and Concrete Research, 31, 1245–1249.

AGRADECIMIENTO

Primordialmente; agradecer ante todo a DIOS por permitirme desarrollar mi tesis satisfactoriamente. También agradecer a toda mi familia, quien conté con su apoyo en todo momento con la elaboración de mi tesis, en especial a mi Madre, que de no ser por ella, yo no tendría la oportunidad de cumplir uno de los más anhelados sueños. A mi padre, mis abuelos, los amigos más cercanos y demás familiares, mis asesores quienes me acompañaron en el proceso de la tesis, por los buenos consejos y el ejemplo que significan para mí como profesionales; muchas gracias por permitir hacer realidad un gran reto, culminar mis estudios de Ingeniería Civil.

A todas las personas mencionadas, muchísimas gracias.

ANEXOS 1: PANEL FOTOGRÁFICO

RECOLECCION DE MATERIALES



Foto N° 01: Se visitó la ciudad La Galgada, provincia de Pallasca, Ancash. A dos hrs y media de la ciudad de Chimbote.



Foto N° 02: El carbón obtenido en trozos previamente triturados es de la zona de La Galgada.



Foto N° 03: La cascara de arroz recolectada de la Ciudad de Santa, Ancash.



Foto N° 04: Se encuentra en gran cantidad, el arroz aún no pelado

PROCEDIMIENTO DE TODOS LOS ENSAYOS EN EL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD SAN PEDRO

Contenido de Humedad: Agregado Grueso

1. La pequeña muestra de grava se obtendrá de cada parte del cuarteo de la muestra homogenizada.
2. Anotar el peso de la muestra en condiciones Húmedas (en estado natural).
3. Llevar la muestra al horno aproximadamente 24 horas. Cuidando la temperatura del Horno.
4. Anotar el peso seco (haber estado en el horno al menos 24 horas).



Foto N° 05: Se pone la muestra al horno por 24hrs.

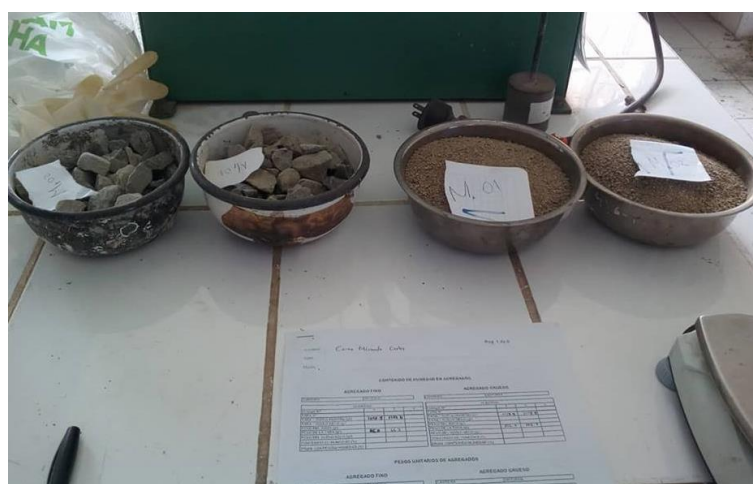


Foto N° 06: Se deja enfriar a temperatura ambiente para apuntar los pesos

Contenido de Humedad: Agregado Fino

1. La pequeña muestra de arena se obtendrá de cada parte del cuarteo de la muestra homogenizada.
2. Anotar el peso de la muestra en condiciones Húmedas (en estado natural).
3. Llevar la muestra al horno aproximadamente 24 horas. Cuidando la temperatura del Horno (110°C).
4. Anotar el peso seco (haber estado en el horno al menos 24 horas).



Foto N° 07: Muestra de arena al horno durante 24hrs.



Foto N° 08: Temperatura a 110 C°

Ensayo de Granulometría: Agregado Grueso

1. El material traída de la cantera, se vierte el agregado grueso en un lugar que permita su fácil trabajo.
2. Una vez puesta el material en el suelo, se procederá a homogenizarlo utilizando una pala y moviendo el material hasta que quede totalmente uniforme.
3. Se tendrá que distribuir levemente el material hasta que quede uniformizado, formando, aparentemente un círculo.
4. Se cuartea para luego separar una muestra más pequeña que será utilizada para el ensayo de granulometría de la grava.
5. Se pesara la muestra pequeña que se utilizara en el ensayo.
6. Una vez pesada la muestra que se usará en el ensayo, se procederá a hacer la granulometría con los tamices $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", #4 y plato.

7. Los pesos retenidos de cada malla se pasarán debidamente



Foto N° 05: Tamizando y realizando los apuntes del agregado grueso.

Ensayo de Granulometría: Agregado Fino

1. Exparcirlo en el piso el agregado fino a ensayar y separar en 4 partes iguales.
2. Luego unir dos de estos. Repetir este procedimiento por 3 veces.
3. De la parte seleccionada juntar en una bandeja y llevarlo al juego de tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y Plato.
4. Vibrarlo manualmente durante 3 minutos.
5. Luego se pesa cuanto queda en cada una de ellas.



Foto N° 06: El agregado fino pasa por las diferentes mallas.



Foto N° 07: Tomando apuntes los pesos retenidos en cada malla.

Ensayo de Pesos Unitarios: Grueso (Suelto)

1. Se vacía el material en un lugar apropiado de tal manera que sea posible su fácil elaboración y no perturbar a los demás operarios del laboratorio.
2. Una vez seleccionado el molde (para nuestro caso el molde es de 1/4 de pie³ siendo para la grava) se pesará (para tener un dato exacto del peso) y se anotarán junto al volumen del molde en cm³ para luego proceder con el ensayo.
3. Según la norma, la muestra se dejará caer suavemente por caída libre a una distancia aproximada de 3 pulg. de la superficie del molde para la grava.
4. Una vez el molde lleno en su totalidad con un cono de grava por encima de su superficie y totalmente lleno, con una varilla se eliminará el material excedente de tal manera que la muestra este por debajo de la línea de la varilla.
5. En los espacios vacíos que dejo el paso anterior, se rellenarán con grava adecuada hasta cubrir el molde.
6. Se pesará el molde más la muestra siendo un Peso 1.
7. Este proceso se ejecutará 3 veces para luego obtener un promedio

Ensayo de Pesos Unitarios: Grueso (Compactado)

1. Se echa la muestra hasta llenar el molde, se llenarán en 3 partes, siendo la primera la tercera parte del molde, la segunda los dos tercios del molde.
2. Luego se golpeará en la totalidad de la circunferencia del molde por donde está la muestra con un martillo de goma de tal manera que la muestra compactada se acomode mejor.
3. Se llenará la segunda capa y tercera capa respectivamente y se procederá a chucear 25 veces cuidando que la varilla no pase a la primera capa, para luego golpear el molde por donde se encuentra la segunda capa con el martillo de goma.
4. Se enrasará la muestra hasta el nivel de la superficie del molde.
5. Los espacios vacíos se llenarán con piedras de tal manera que el molde quede totalmente lleno por la muestra cuidando que esté por debajo de la línea de la superficie.
6. Finalmente se pesará el molde más la muestra compactada.
7. Este proceso se ejecutará 3 veces para luego obtener un promedio.

Ensayo de Pesos Unitarios: Fino (Suelto)

1. Se vacía el material en un lugar apropiado de tal manera que sea posible su fácil elaboración y no perturbar a los demás operarios del laboratorio.
2. Una vez seleccionado el molde (un molde pequeño que se usará para la arena) se pesará (para tener un dato exacto del peso) y se anotarán junto al volumen del molde en cm³ para luego proceder con el ensayo.
3. Según la norma, la muestra se dejará caer suavemente por caída libre a una distancia aproximada de 3 pulg. de la superficie del molde para la arena.
4. Una vez el molde lleno en su totalidad con un cono de grava por encima de su superficie y totalmente lleno, con una varilla se eliminará el material excedente de tal manera que la muestra este por debajo de la línea de la varilla.
5. En los espacios vacíos que dejo el paso anterior, se rellenarán con grava adecuada hasta cubrir el molde.
6. Se pesará el molde más la muestra siendo un Peso 1.
7. Este proceso se ejecutará 3 veces para luego obtener un promedio.



Foto N° 08: Pesando el molde + arena. Serepite el procedimiento 3 veces.

Ensayo de Pesos Unitarios: Fino (Compactado)

1. Se echa la muestra hasta llenar el molde, se llenarán en 3 partes, siendo la primera la tercera parte del molde, la segunda los dos tercios del molde.
2. Luego se golpeará en la totalidad de la circunferencia del molde por donde está la muestra con un martillo de goma de tal manera que la muestra compactada se acomode mejor.
3. Se llenará la segunda capa y tercera capa respectivamente y se procederá a chucear 25 veces



Foto N° 09: Se pesa el molde + muestra compactada.

cuidando que la varilla no pase a la primera capa, para luego golpear el molde por donde se encuentra la segunda capa con el martillo de goma.

4. Se enrasará la muestra hasta el nivel de la superficie del molde.
5. Los espacios vacíos se llenarán con arena de tal manera que el molde quede totalmente lleno por la muestra cuidando que esté por debajo de la línea de la superficie.
6. Finalmente se pesara el molde más la muestra compactada.
7. Este proceso se ejecutará 3 veces para luego obtenerun promedio.

Ensayo de Gravedad Específica y Absorción: Agregado Fino

1. La muestra se seleccionara lo más homogénea posible.
2. Se pesara la muestra que luego será usado para los cálculos.
3. Se dejará saturando la muestra no menos de 24 horas para luego proceder con el ensayo.
4. Luego de pasada la hora de saturación, se eliminara el agua dejando solo la muestra saturada.
5. Se secará la muestra hasta que sea una arena saturada con superficie seca.
 - Para saber que el material está apto para el ensayo, se verificara mediante un indicador en forma de cono, llenándola hasta su totalidad y dejando caer un pistón por su propio peso durante 25 golpes. Luego se retirara el cono y verificará que la muestra se desmorone un poco.
6. Se pesará la fiola + 500 ml de agua.
7. Se retirara el agua de la fiola, se introduce la muestra y luego se llenara con agua hasta la línea que indica los 500 ml. Se pesará la Fiola + Muestra + Agua.
8. Lo dejado en el paso anterior, presentara vacíos, por lo que tenemos que quitarlo usando para el ensayo una bomba para ese fin. Se separa la Fiola + Muestra + Agua – Vacíos.

9. La muestra se retirará de la Fiola depositándolo en un depósito que luego será llevado al Horno hasta que seque en su totalidad. Se anotara el peso.



Foto N° 10: Mediante el cono, se hace la prueba de humedad.



Foto N° 11: Quitando los vacíos Haciendo uso de la bomba.

Ensayo de Gravedad Específica y Absorción: Agregado Grueso

1. La muestra deberá de seleccionarse de manera que sea lo más homogéneo posible.
2. Se lavara la piedra para eliminar el polvo y algún otro material orgánico que puede afectar el ensayo.
3. Para el ensayo sea posible, se dejará saturada al menos 24 horas, previamente se tamizará por la malla N° 4 que separará la arena de la grava.
 - Pasado el día siguiente:
4. Se vaciará el agua hasta que quede solo la grava húmeda.
5. Se procederá a secar la muestra saturada hasta tener una Muestra Saturada con Superficie Seca (Msss).
6. Se pesa dos muestras secas con superficie saturada.
7. Luego se colocan en una malla que se encuentra en un equipo que sirve para hallar el peso específico, de tal manera que el peso que se halle sea el Peso Saturado Sumergido (Mssumerg)

- Se esperara unos segundos hasta que el agua se estabilice para que el peso sea el correcto.

8. Luego se pondrá a secar las muestras en el horno durante no menos de 24 horas.

9. Finalmente se anotará el peso de la Muestra Seca (Msec) para proceder a calcular los resultados.



Foto N° 12: Dejando saturar
La muestra por 24 horas.



Foto N° 13: Para obtener el peso
de la muestra sumergida en la
balanza hidrostática

Diseño de Mezcla para un concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ (PATRÓN)



Foto N° 14: Limpieza de los moldes con trapo industrial y petróleo.



Foto N° 15: Pesando el agregado grueso.



Foto N° 16: Pesaje del cemento



Foto N° 17: Pesaje del agregado fino



Foto N° 18: Obtuvo un slump de 3.5 ”.



Foto N° 19: Se vierte la mezcla a las probetas y con la varilla se golpea 25 veces cada capa.

Foto N° 20: Se enraza cada probeta y se deja reposar para luego pasar con la plancha.



Foto N° 21: Desencoframamos las probetas del patrón.



Foto N° 22: Se realiza el curado de probetas, para luego hacer la resistencia a la compresión a los 7, 14, y 28 días.

ELABORACION DE LAS PROBETAS CON SUSTITUCION DE CENIZAS DE 20% Y 40%



Foto N° 23: Se procede a combinar las cenizas con el cemento.



Foto N° 24: Elaboración de las probetas con sustitución de 5% de cenizas de Cáscara de arroz y de 15% de carbón.



Foto N° 25: Obtuvo un slump de 3.5" en mi concreto experimental del 20%.



Foto N° 26: Se obtuvo un slump de 3.8" para el experimental de 40%.



Foto N° 27: Probetas terminadas listas para el curado



Foto N° 28: Se realizó la rotura de Probetas a los 7, 14,28 y 45 del patrón.



Foto N° 29: Se realizó la rotura de Probetas a los 7, 14,28 y 45 del experimental de 20% y 40%.

ANEXO 2:

METODO ESTADISTICO - VALIDEZ ESTADISTICA MEDIANTE ANOVA.

ANEXO 3:

**ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL (ATD) – CÁSCARA DE ARROZ,
CARBON DE PIEDRA.**

ANEXO 4:

**ANALISIS POR FRXDE DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ, CON LA
MEZCLA DE LA CENIZA DE CARBÓN.**

ANEXO 5:

**ENSAYOS DE PH DE LAS CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y DE
CARBÓN**

ANEXO 6:

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL PATRÓN Y
EXPERIMENTAL**

ANEXO 7:

**ENSAYOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y DE
MATERIALES**

