

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo al cemento por una combinación de cenizas de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo.**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**Autor**

León Jara, Miguel Augusto

**Asesor:**

Salazar Sánchez, Dante Orlando

Chimbote – Perú

2020

**PALABRAS CLAVE:**

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| <b>Tema:</b>         | Diseño de Concreto     |
| <b>Especialidad:</b> | Tecnología de Concreto |

**KEY WORDS:**

|                  |                     |
|------------------|---------------------|
| <b>Theme:</b>    | Concrete Strength   |
| <b>Specialty</b> | Concrete Technology |

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

---

|                        |  |
|------------------------|--|
| Programa               | <b>Ingeniería Civil</b>                          |
| Línea de investigación | <b>Construcción y Gestión de la construcción</b> |
| Área                   |  |
| Sub-área               | Ingeniería y Tecnología                          |
| Disciplina             | Ingeniería Civil                                 |
|                        | Ingeniería de la construcción                    |

---

**Resistencia a la compresión de un concreto  
 $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo al cemento por  
una combinación de cenizas de cáscara de  
arroz y polvo de cáscara de huevo.**

## RESUMEN

Esta investigación tuvo por objetivo determinar la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo al cemento por una combinación de cenizas de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo, ya que por antecedentes se conoce que ambos materiales pueden llegar a actuar como puzolanas.

En este proyecto de investigación se obtuvo la pérdida de masa y calorimetría de la cáscara de arroz, mediante el análisis térmico diferencial (ATD), seguidamente se obtuvo su composición química por el ensayo de fluorescencia de Rayos x (FRX), de igual manera se evaluó el polvo de cáscara de huevo; también se evaluó su alcalinidad de los materiales y combinaciones del 8% y 15% de CCA y PCH para determinar su pH.

Se obtuvo la resistencia a la compresión de las probetas de concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y experimental con sustitución al 8% y 15% de cemento por la combinación de las cenizas de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo. La prueba de alcalinidad de la mezcla de cenizas de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo en la sustitución del cemento en 8% y 15% alcanzó un  $\text{pH} = 13.03$  siendo ambos altamente alcalinos.

Los resultados de las cenizas de cáscara de arroz muestran un 85.36% en la suma de óxidos ( $\text{SiO}_2 + \text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ ) y del polvo de cáscara de huevo 96.74%. Al sustituir el cemento por el 8% de la combinación de CCA y PCH se obtuvo una resistencia de 87.71%, 97.62%, 125.67%. Así mismo al sustituir el cemento por el 15% se obtuvo una resistencia de 67.37%, 74.90%, 94.00%

Se concluye que la combinación de las cenizas de cáscara de arroz y el polvo de cáscara de huevo a un porcentaje de sustitución no mayor al 8% podría utilizarse como puzolana, ya que superaron la resistencia de compresión de un concreto convencional.

## ABSTRAC

The objective of this research was to determine the compressive strength of a concrete  $f'_c = 210$  kg / cm<sup>2</sup>, substituting cement for a combination of rice husk ash and eggshell powder, since it is known from the background that both materials they can act like pozzolans.

In this research project, the loss of mass and calorimetry of the rice husk was obtained, through differential thermal analysis (DTA), then its chemical composition was obtained by the X-ray fluorescence test (XRF), in the same way evaluated eggshell powder; The alkalinity of the materials and combinations of 8% and 15% of CCA and PCH were also evaluated to determine their pH.

The compressive strength of the standard concrete specimens  $f'_c = 210$  kg / cm<sup>2</sup> and experimental was obtained with substitution of 8% and 15% of cement by the combination of rice husk ashes and eggshell powder. The alkalinity test of the mixture of rice husk ash and eggshell powder in the substitution of cement in 8% and 15% reached a pH = 13.03, both being highly alkaline.

The results of the rice husk ash show 85.36% in the sum of oxides (SiO<sub>2</sub> + CaO + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) and of the eggshell powder 96.74%. By replacing the cement with 8% of the combination of CCA and PCH, a resistance of 87.71%, 97.62%, 125.67% was obtained. Likewise, when replacing the cement with 15%, a resistance of 67.37%, 74.90%, 94.00% was obtained.

It is concluded that the combination of rice husk ashes and eggshell powder at a substitution percentage no greater than 8% could be used as pozzolana, since they exceeded the compressive strength of a conventional concrete.

## ÍNDICE GENERAL

|   |    |
|---|----|
| <b>PALABRAS CLAVES:</b> .....                 | ii |
| <b>RESUMEN</b> .....                          | iv |
| <b>ABSTRAC</b> .....                          | v  |
| <b>ÍNDICE GENERAL</b> .....                   | vi |
| <b>I. INTRODUCCION</b> .....                  | 11 |
| <b>II. METODOLOGIA</b> .....                  | 32 |
| <b>III. RESULTADOS</b> .....                  | 42 |
| <b>IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN</b> .....         | 58 |
| <b>V. CONCLUSIONES</b> .....                  | 63 |
| <b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....              | 65 |
| <b>VII. AGRADECIMIENTOS</b> .....             | 66 |
| <b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> ..... | 67 |
| <b>IX. ANEXOS</b> .....                       | 72 |

## Índice Figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Ingreso mensual de arroz a la APAMSA (Miles de T), (MINAGRI, 2018) .....   | 24 |
| <b>Figura 2.</b> Productividad de huevo de gallina para consumo en el Perú, Sistema Integrado de Estadística Agraria .....                                    | 27 |
| <b>Figura 3.</b> Consumo Per cápita Anual de huevo de ave en Perú (kg/persona), INEI 2008 -2009 .   | 28 |
| <b>Figura 4.</b> Diseño de la investigación, elaboración propia.....  | 33 |
| <b>Figura 5.</b> Curva de pérdida de masa – Análisis termo gravimétrico, Informe N° 26 – Feb 20- Laboratorio de Polímeros – Facultad de Ingeniería – UNT..... | 43 |
| <b>Figura 6.</b> Curva calorimétrica ATD Informe N° 26 – Feb 20- Laboratorio de Polímeros – Facultad de Ingeniería – UNT .....                                | 44 |
| <b>Figura 7.</b> Potencial de hidrogeno .....   | 46 |
| <b>Figura 8.</b> <i>Peso específico de los materiales cementantes (<math>gr/cm^3</math>)</i> .....  | 48 |
| <b>Figura 9.</b> Resistencia a la compresión de concreto patrón.....  | 51 |
| <b>Figura 10.</b> Resistencia a la compresión de concreto experimental al 15 % (11.25 % PCH + 3.75% CCA).....   | 53 |
| <b>Figura 11.</b> Resistencia a la compresión de concreto experimental al 8 % (6 % PCH + 2% CCA) .....  | 55 |
| <b>Figura 12.</b> Resistencia a la compresión de concreto patrón vs experimentales .....  | 56 |
| <b>Figura 13.</b> <i>% de variación de resistencia a la compresión en función al tiempo de curado con respecto al concreto patrón</i> .....                   | 57 |
| <b>Figura 14.</b> Proceso de obtención de muestra de cáscara de arroz para ensayo de ATD .....  | 73 |
| <b>Figura 15.</b> Equipo Analizador térmico simultaneo TG_DTA_DSC - Laboratorio de polímeros - UNT .....  | 74 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 16.</b> Pre calcinado de cáscara de arroz y calcinación a 420°C en laboratorio de cerámicos –<br>UNT .....                         | 74 |
| <b>Figura 17.</b> Pulverización de la cáscara de huevo .....   | 75 |
| <b>Figura 18.</b> Muestra de 20 gr de Ceniza de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo para<br>ensayo de Fluorescencia de Rayos X..... | 76 |
| <b>Figura 19.</b> Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva, SHIMADZU, EDX<br>800HS. – Laboratorio LABICER - UNI.....  | 76 |
| <b>Figura 20.</b> Imagen 7. Peso específico de CCA, PCH y combinaciones .....  | 77 |
| <b>Figura 21.</b> Obtención de los agregados – Cantera Rubén – CHIMBOTE.....   | 78 |
| <b>Figura 22.</b> Granulometría de los agregados .....   | 78 |
| <b>Figura 23.</b> Peso unitario suelto y compactado de los agregados .....   | 79 |
| <b>Figura 24.</b> Gravedad específica y absorción de los agregados .....   | 80 |
| <b>Figura 25.</b> Elaboración de concreto patrón.....  | 81 |
| <b>Figura 26.</b> Elaboración de concreto experimental al 15% .....  | 82 |
| <b>Figura 27.</b> Elaboración de concreto experimental al 8% .....   | 83 |
| <b>Figura 28.</b> Ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado.....   | 84 |



## Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1</b> Componentes principales del cemento portland tipo I.....                             | 16 |
| <b>Tabla 2</b> Componentes más afectados por ataques químicos y físicos.....                        | 18 |
| <b>Tabla 3</b> Límites de porcentaje según norma ASTM C33.....                                      | 20 |
| <b>Tabla 4</b> Requisitos para el agua de mezcla .....  | 22 |
| <b>Tabla 5</b> Composición química de la cáscara de arroz.....                                      | 25 |
| <b>Tabla 6</b> Composición química de la ceniza de cáscara de arroz.....                            | 26 |
| <b>Tabla 7</b> Composición química de cáscara de huevo .....  | 27 |
| <b>Tabla 8</b> Variable Dependiente.....  | 29 |
| <b>Tabla 9</b> Variable Independiente .....   | 30 |
| <b>Tabla 10</b> Técnicas de recolección de información.....   | 35 |
| <b>Tabla 11</b> Comparación de la caracterización de cenizas de cáscara de arroz .....              | 37 |
| <b>Tabla 12</b> Comparación de la caracterización de cenizas de cáscara de huevo por kilogramo..... | 38 |
| <b>Tabla 13</b> Propiedades de los materiales .....   | 40 |
| <b>Tabla 14</b> Diseño de Mezcla.....   | 40 |
| <b>Tabla 15</b> Calidad y propiedades de los agregados .....  | 42 |
| <b>Tabla 16.</b> Composición química de cenizas de cáscara de arroz .....                           | 45 |
| <b>Tabla 17.</b> Composición química de polvo de cáscara de huevo .....                             | 45 |
| <b>Tabla 18.</b> Potencia de hidrogeno de los materiales cementantes y las combinaciones.....       | 46 |
| <b>Tabla 19.</b> Peso específico de los materiales puzolánicos y las combinaciones .....            | 47 |
| <b>Tabla 20.</b> Diseño de Mezcla de Concreto Patrón.....   | 48 |
| <b>Tabla 21.</b> Cantidad de material para probetas patrón.....                                     | 48 |
| <b>Tabla 22.</b> Diseño de Mezcla de Concreto Experimental al 15 % (11.25% PCH + 3.75% CCA)         | 48 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 23.</b> Cantidad de materiales para concreto experimental al 15 % (11.25 % PCH + 3.75 % CCA)..... | 49  |
| <b>Tabla 24.</b> Diseño de Mezcla de Concreto Experimental al 8% (6% PCH + 2% CCA).....                    | 49  |
| <b>Tabla 25.</b> Cantidad de materiales para concreto experimental al 8 % (6%PCH + 2%CCA).....             | 49  |
| <b>Tabla 26.</b> Resistencia a la compresión de concreto patrón.....                                       | 50  |
| <b>Tabla 27.</b> Resistencia a la compresión de concreto experimental al 15 % (11.25% PCH + 3.75%CCA)..... | 52  |
| <b>Tabla 28.</b> Resistencia a la compresión de concreto experimental al 8 % (6 % PCH + 2 % CCA)54         |     |
| <b>Tabla 29</b> Tabla Matriz de Consistencia.....  | 115 |

## I. INTRODUCCION

Para el presente estudio realizado fue indispensable una revisión ardua de diferentes estudios a nivel internacional , nacional y local , por lo que se encontró que (Montero, 2017) en su tesis “Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en Ecuador”, Tiene como objetivo determinar cuál será la proporción de cenizas de cascará de arroz que obtenga la mayor resistencia a la compresión al sustituir el cemento, para superar los 21 MPa. Dado que los residuos de cáscara de arroz son encontrados por gran cantidad en diversos molinos, se aprovechó la gran cantidad de silicio que contiene la CCA que está en un rango de 87% y 97%, gracias a estas prestaciones la CCA resulta ser un material puzolánico que reaccionara químicamente con el Hidróxido de calcio y se formara un material cementante. Una vez obtenido la CCA y tamizado por la malla N°200 se realizaron cinco diseños experimentales de diferentes proporciones reemplazando al cemento por CCA y se concluyó que la más alta resistencia se obtuvo al sustituir un 10% de cemento, superando al diseño patrón en un 16 % a los 28 días de curado.

Mientras que (Reiban, 2017) en su tesis “Evaluación experimental de las características mecánicas de matrices cementicias con adición de cáscara de huevo pulverizado deshidratado y sus aplicaciones en la arquitectura”, concluye que las propiedades mecánicas de matrices cementicias añadiendo cáscara de huevo en polvo, sustituyendo al cemento en peso por 10, 20 y 30% señalan que la muestra de concreto experimental del 10% presentó mayor resistencia que las demás muestras, obteniendo un incremento de 19.29% con relación al concreto patrón con una resistencia de 233.31 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado.

Para Matias Quispe (2018) en la tesis “Resistencia de un concreto  $F'C=210\text{kg/cm}^2$  sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de cáscara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto”, sostiene que el uso de la cáscara de huevo en polvo puede ser usado como sustitución de cemento ya que tiene propiedades cementantes en un 98.46% así mismo el uso las cenizas de eucalipto es una alternativa viable reemplazando así al cemento y logrando potenciar sus propiedades en un 73.95%, mediante los ensayos se percató que las resistencias aumentaron de acuerdo a los días de curado y superaron a los 28 días la resistencia esperada logrando hasta  $232,61\text{kg/cm}^2$ , por lo cual es recomendable evaluar el uso de cáscara de huevo y la hoja de eucalipto en los diferentes elementos de concreto, ya que mediante los ensayos realizado se obtuvieron resultados favorables.

Así mismo Aliaga y Badajos (2018) en su tesis “Adición de cenizas de cascarilla de arroz para el diseño de concreto  $f_c 210\text{kg/cm}^2$ , Atalaya, Ucayali – 2018” concluyeron que la adición de ceniza de cascarilla de arroz influye de manera positiva ya que reduce el uso de cemento entre el 10% y 15%, así mismo mediante los ensayos realizados se pudo determinar si sobrepasa los 28 días de ensayo la resistencia será mucho mayor, logrando así obtener un concreto con mayor resistencia, para lo cual se recomienda que la utilización de la ceniza de cascarilla de arroz para disminuir el uso del cemento.

Además Rios (2017) en su tesis “Evaluación de la resistencia de concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de cáscara de huevo” Concluye que al sustituir al cemento por polvo de cáscara de huevo se obtienen mejoras en las resistencias de compresión con relación al diseño patrón, las mejoras prestaciones se obtienen en la sustitución del 10 % obteniendo una resistencia de  $f'c=348.28\text{kg/cm}^2$  a los 28 días de curado y superando al diseño patrón en un 45 % de su resistencia la compresión, la cáscara de huevo en polvo actúa como aditivo acelerante natural, ya que en la

sustitución del 5% por polvo de cáscara de huevo se obtuvo una resistencia de  $f'c=230.12\text{kg/cm}^2$  a 7 días de fraguado, y a los 28 días de fraguado una resistencia de  $F'c=277.20\text{kg/cm}^2$ .

Así también Saldaña (2018) menciona en su tesis “Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz” determina que la resistencia a la compresión a los 28 días de fraguado, del diseño de mezcla patrón fue de  $385\text{ kg/cm}^2$  y el diseño experimental al 10% de sustitución se obtuvo  $388\text{ kg/cm}^2$ , dando una resistencia levemente superior de 0.77 % con respecto al diseño de mezcla patrón, por otra parte el diseño experimental de 20% de sustitución alcanzó una resistencia de  $403\text{ kg/cm}^2$  que es superior en un 4.47 % al diseño de mezcla patrón, por lo tanto se deduce que la sustitución del cemento en mayor porcentaje por PCH y CCA en relación 3:1 favorece la resistencia a la compresión de un mortero.

**Justificación,** A lo largo de los años en la industria de la construcción, debido al calentamiento global, al no disponer de recursos renovables y la crisis económica, se ha generado una nueva línea de investigación que busca usar residuos naturales de bajo costos y alta calidad para sustituciones parciales en cemento para su uso en obras civiles.

Al ser Perú un país con una gran e importante biodiversidad, la generación de residuos agrícolas es significativa y no se ha desarrollado en todos los casos nuevos procedimientos para la utilización práctica de estos como es el caso de la cáscara de arroz que actualmente es quemado y arrojado a los ríos por no existir una opción viable de utilización final del producto, con lo cual lejos de dar solución a los efectos del cambio climático. De acuerdo a el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2018) en el periodo 2016-2017 la productividad anual de cáscara de arroz fue alrededor de 3 130,000 tn. Considerando esta productividad la cáscara de arroz o pajilla obtenida en el proceso de pilado de arroz representa 20% del peso total, entonces se proyecta para el periodo

mencionado una producción de cáscara de arroz en un orden de 626,000 tn. Así mismo la cáscara de huevo es considerada solo un residuo, que se desecha en casi toda su totalidad, ya que la humanidad solo consume la parte interior del huevo conocidos como (clara y yema), ya que es un material que existe en abundancia y es desechado, no se ha utilizado procesos prácticos para un mejor uso. Pueden servir para otros propósitos, en este caso dicho material reciclado para ser elaborado en la producción de un diseño de mezcla de concreto. En la preparación de concreto se están presentando utilizar materiales nuevos y similares al cemento, para optimizar sus propiedades mecánicas, presentemente estas técnicas innovadoras se están evaluando y practicando para una superior optimización del adecuado concreto y de sus componentes químicos, favoreciendo así a la población en la disminución de los costos de su fabricación. Los resultados de este estudio beneficiarán al sector de la construcción, por cuanto se espera obtener un concreto adecuado e ideal, disminuyendo así los costos por acarreo de los mismos.

**El aporte teórico de la investigación,** Se basa en que se lograra determinar la resistencia a la compresión de concreto  $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$  sustituyendo al cemento por una combinación de cenizas de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo en relación 1:3 ; la primera combinación (15%) el cual consistió de 3.75 % Cenizas de cáscara de arroz + 11.25 % Polvo de cáscara de huevo , mientras que la segunda combinación (8%): 2 % Cenizas de cáscara de arroz + 6 % Polvo de cáscara de huevo; todo ello permitirá ser analizado gracias a los resultados obtenidos de un concreto  $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ , para así destacar que el uso de las cenizas de la cáscara de arroz y polvo de la cáscara de huevo elevan la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$  . Está presente investigación es de gran interés para la sociedad, ambiente y economía, es decir permitiría fortalecer el desarrollo sostenible del país, ya que las obtenciones de dichos materiales a utilizar son accesibles y de bajo costo a la vez se fortalecerían las construcciones de futuras obras

**El problema**, se basa en que la ciudad de Chimbote, está ubicada en un área geográfica de condiciones geológicas adversas la cual hace que las estructuras de las obras civiles de concreto presenten deterioro por defecto asimismo las obras civiles de mayor importancia que se están realizando, muchas veces presentan elementos de difícil obtención y elevado costo. Por estos motivos para lograr una mayor durabilidad y resistencia es necesario elaborar un concreto teniendo en cuenta los residuos agrícolas y orgánicos.

Por lo expuesto se plantea el **problema de investigación** ¿Cuál será la resistencia a la compresión de un concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo al cemento por una combinación de cenizas de cascará de arroz y polvo de cascará de huevo, en relación 1:3?

### **Concreto**

Es la combinación de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua, la cual es una mezcla que tiene el carácter de poder ser moldeada y compactada con facilidad, posteriormente después de ser mezclada empieza a tomar un estado endurecido producido por la reacción química que se produce entre el cemento y el agua comenzando así a adquirir un aspecto de un cuerpo solido el cual llega a ser un material mecánicamente resistente. Este es el material de mayor uso tanto a nivel internacional como nacional, dado que resiste a los esfuerzos de la compresión debido a la conjugación entre la arena y la mezcla cementante, por ello es idóneo para la construcción de grandes estructuras como la de un edificio, carreteras, fundiciones, tanques de almacenamiento y muchas otras; citado en (Sencico, 2009)

Estrada y Páez (2014), expresan que, La mezcla de agua y cemento comprenden del 25 al 40 % del volumen del concreto, de la cual del 7 a 15% es cemento y del 14 a 21 % es agua, por lo que los agregados conforman el 60 a 80% del volumen total de concreto. Citado por (Florez, 2017)

El cemento comprende una combinación de componentes sólidos los cuales son el sulfato de calcio y silicatos de calcio, Arenas (2016) refiere que la mayoría de los cementos fabricados en el Perú son cementos Portland que satisfacen con los requerimientos de la norma NTP 334.009 y la descripción de la performance que con la norma NTP 334.082. Este cemento se produce por la pulverización de Clinker que es formado por concentraciones controladas de sulfato de calcio y silicatos de calcio Sánchez de Guzmán (2001) explica que el cemento Portland es un conglomerante hidráulico ya que presenta una reacción química que contiene el mecanismo de fraguar y endurecer al entrar en contacto con agua, por esa razón son llamados cementos hidráulicos. Citado en (Acevedo, 2017)

**Tabla 1** Componentes principales del cemento portland tipo I

| Componentes principales del cemento portland tipo I  |          |
|--|----------|
| Oxido de Calcio ( CaO)                               | 60-67 %  |
| Oxido de Silicio ( SiO <sub>2</sub> )                | 17-25%   |
| Oxido de Aluminio ( Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 3-8 %    |
| Oxido de Hierro ( Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )   | 0.5-6%   |
| Oxido de Magnesio ( MgO)                             | 0.1-4.0% |
| Álcalis  | 0.2-1.3% |
| Óxido de Azufre ( SO <sub>3</sub> )                  | 1-3%     |

Fuente: Acevedo, 2017, pag.10

Rivva (2000) indica que los agregados provienen de origen natural o artificial y están compuestos por un conjunto de partículas inorgánicas, de dimensiones establecidas entre los límites dados según la Norma NTP 400.011 Citado por (Florez, 2017).

Según Codina (2018) los materiales granulares como la grava, arena, piedra chancada son componentes que se obtienen de las explotaciones de las canteras, estos componentes son de gran significancia para formar los morteros o concretos (ASTM C125).

Además, Serrano (2010) expresa que las características de los agregados son de mucha importancia ya que tienen especial efecto en la resistencia y durabilidad del concreto. Citado por (Codina, 2018)



## **Propiedades del concreto**

Según Sánchez (1996), Durante la formación del concreto se presentan 3 propiedades fácilmente reconocibles, la primera comprende en que la mezcla sea blanda y maleable, la segunda consiste en el tiempo de fraguado o cuando el concreto empieza a endurecer, la tercera se manifiesta obteniendo una mayor rigidez gracias a las reacciones de las propiedades químicas que se mide mediante la resistencia a compresión. Citado por (Terrenos & Carvajal, 2016)

### **Propiedades del Concreto fresco:**

Según Niño (2010), En esta propiedad tan importante se debe tener en cuenta obtener una mezcla homogénea para así evitar que exista aire atrapado que a la larga afectara a la resistencia del concreto. Citado por (Terrenos y Carvajal, 2016)

**Trabajabilidad:** Esta propiedad define que la mezcla debería tener la facilidad de poderse manipular, transportar, colocar y consolidar adecuadamente, con homogeneidad y sin tanto trabajo en la combinación para poder ser terminado sin presentar segregación alguna. Citado por (Zuñiga y Condori, 2019)

### **Propiedades del Concreto endurecido:**

Según (Sánchez, 1996; Rivva, 2000; Niño 2010), Las propiedades mecánicas son los primordiales requisitos para un mejor desempeño del concreto, aunque no solo las propiedades mecánicas hacen el buen funcionamiento del concreto, sino también la composición adecuada que hace capaz al concreto de poder tener una resistencia funcional a lo largo de su vida útil. Citado por (Terrenos y Carvajal, 2016)

**Resistencia a la compresión:** (Rivva, 1998), Es el máximo esfuerzo que puede tolerar el concreto sin quebrarse, y se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal de la probeta; esta propiedad se emplea como un indicativo de calidad del concreto. Citado por (Intos Vasquez, 2015)

**Tabla 2** *Componentes más afectados por ataques químicos y físicos*

| <b>Fuente</b>              | <b>Componente más afectado en orden de importancia</b> |
|----------------------------|--|
| Ataque químico             |  |
| Ataque por ácidos          | Pasta  |
| Ataque por sulfatos        | Pasta  |
| Reacción álcali – agregado | Agregado   |
| Carbonatación del cemento  | Pasta  |
| Ataque físico              |  |
| congelamiento – deshielo   | Pasta, agregados                                       |
| humedecimiento – secado    | Pasta  |
| cambios de temperatura     | Pasta, agregados                                       |
| abrasión                   | Pasta, agregados                                       |
| fuego                      | Pasta  |

Fuente: Niño Hernández 2010

### **Agregado Fino**

Lopez Murillo (2008), define que el componente proveniente de la descomposición natural o artificial de las rocas volcánicas que atraviesan por la malla 3/8'' (9.51mm) y retenido en la malla N°200 (74um) según la Norma Técnica Peruana 400.011; que cumple estos requerimientos viene a ser el agregado fino.

### **Propiedades físicas:**

El agregado fino empleado en la mezcla de concreto debe satisfacer ciertos requerimientos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las normas peruanas y para que la mezcla tenga una buena trabajabilidad se debe contener una buena cantidad de material en la malla N°50. (Aranda, 2018)

**Peso unitario:** Es la carga registrada por cada unidad de volumen para llenar un recipiente con cierto volumen unitario especificado. La carga unitaria del agregado fino usado en el concreto varía entre  $1,200 \text{ kg/m}^3$  a  $1,760 \text{ kg/m}^3$  esto se da por el mismo compactado que se da al concreto al momento de chusear, por eso es recomendable hacer este procedimiento con un esfuerzo homogéneo para no variar los pesos. (Olarte, 2017)

**Peso específico:** Es el vínculo del peso correspondiente al peso del volumen absoluto igual de agua. Se usa para cálculos de proporcionamientos de mezcla para la determinación del volumen absoluto invadido por el agregado; también cabe indicar que debido al peso específico se obtiene la relación agua cemento. (Olarte, 2017)

**Contenido de humedad:** El agua es impregnada dentro de las partículas de los agregados ya que contienen porosidad en su caracterización es por ello que es sustancial saber el estado de humedad del agregado fino que se aplicara en el diseño de mezcla del concreto, ya que si contiene un porcentaje alto de absorción disminuirá la relación agua / cemento y se afectara la trabajabilidad, del otro lado si ya contiene suficiente agua se afectara la resistencia del concreto. (Olarte, 2017)

**Absorción:** Aranda (2018) afirma: Se refiere a la abundancia de agua que puede absorber el agregado fino, y esto influye de igual manera en la relación agua / cemento del concreto

**Granulometría:** Olarte (2017) sostiene: El agregado fino tiene un límite estándar de acuerdo a la norma ASTM C33, que se indicaran en la siguiente la tabla.

**Tabla 3** Límites de porcentaje según norma ASTM C33

| Tamaño de malla  | Porcentaje que pasa en peso |
|------------------|-----------------------------|
| 9.52 mm (3/8'')  | 100                         |
| 4.75 mm (No.4)   | 95 a 100                    |
| 2.36 mm (No.8)   | 80 a 100                    |
| 1.18 mm (No.16)  | 50 a 85                     |
| 0.60 mm (No.30)  | 25 a 60                     |
| 0.30 mm (No.50)  | 10 a 30                     |
| 0.15 mm (No.100) | 5 a 20                      |

Fuente: Olarte, 2017, pág. 41.

**Módulo de finura:** Según ASTM C125, el módulo de fineza del agregado fino se calcula sumando los porcentajes acumulados de acuerdo a un numero de mallas establecidas y dividiendo la suma total entre 100; las mallas que se usan son N.º 200, Nº100, N° 50, N°30, N°16, N°8, N°4; cabe recalcar que entre más elevado sea el módulo de fineza, de mayor volumen será el agregado y según lo recomendado en la norma se indica que el módulo de fineza debe estar en un rango de 2.35 a 3.15. (Olarte, 2017)

### **Agregado Grueso**

Se encuentra clasificado en grava y piedra chancada, originado de la disgregación que por naturaleza se da de las rocas, proveniente de canteras y lechos de ríos, con una composición mecánica retenida según la norma técnica peruana 400.037 en la malla N°8. (Aranda, 2018)

## **Propiedades físicas**

Para que el agregado grueso se use de manera ideal en la elaboración del diseño de mezcla de concreto debe satisfacer los requisitos dispuestos en las normas peruanas y también cumplir con el requerimiento de ser provenientes de rocas ígneas plutónicas de grado fino, que se congelaron en profundidad. (Aranda, 2018)

**Peso unitario:** Es el peso que se necesita por unidad de volumen para llenar un recipiente con cierto volumen unitario especificado. El peso volumétrico del agregado grueso usado en el concreto varía entre 1,500 kg/m<sup>3</sup> a 1,700 kg/m<sup>3</sup> esto se da por el mismo compactado que se da al concreto al momento de chusear, por eso es recomendable hacer este procedimiento con un esfuerzo homogéneo para no variar los pesos. (Aranda, 2018)

**Peso específico:** Con el peso específico se determina y evalúa cierto indicador que mide la calidad del agregado; que determina el volumen invadido por el agregado, los valores entre 2.5 a 2.8, pertenecen a agregados de mejor calidad, por otro lado, los valores menores de lo indicado, pertenecen ser de baja calidad (porosos y con un porcentaje de agua interiormente). (Aranda, 2018)

**Contenido de humedad:** Es el contenido de agua infiltrada en el interior del agregado grueso, que se indica en porcentaje pudiendo ser menor o mayor al porcentaje de absorción, los agregados se encuentran mayormente húmedos por ello se debe diagnosticar siempre el contenido de humedad y así corregir el diseño de mezcla. (Olarte, 2017)

**Absorción:** Es la porción de agua que puede absorber el agregado grueso, (aunque no en gran porcentaje), de todas formas, esto influye de la misma manera que el contenido de humedad en la relación agua/cemento del concreto. (Aranda, 2018)

**Granulometría:** Es la medición y obtención de la cantidad de partículas adecuadas a cada uno de los tamaños especificados, también se pretende que la gradación del agregado hace más viable la trabajabilidad del concreto fresco; de acuerdo a la norma ASTM E11 se tiene los siguientes tamaños de tamiz para el agregado grueso: 6", 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", y #4. (Olarte, 2017, pág. 47)

## **Agua**

El agua a usar en el diseño de mezcla debe comprender algunos límites importantes y requeridos en sus propiedades como: pH contenido entre 5.5 y 8.0; sulfatos menores a 0.6 gr /l (600 ppm); cloruros menores a 1 gr (1000 ppm); además el agua debe estar limpia, libre de aceites u otros elementos como materias orgánicas, el agua es el componente que le da funcionamiento a la mezcla de concreto ya que actúa como lubricante y depende de esta la trabajabilidad del concreto. (Gamarra y Rengifo, 2015).

**Tabla 4** *Requisitos para el agua de mezcla*

| DESCRIPCION            | LIMITE PERMISIBLE |
|------------------------|-------------------|
| Cloruros               | 300ppm.           |
| Sulfatos               | 300ppm.           |
| Sales de magnesio      | 150ppm.           |
| Sales solubles totales | 1500ppm.          |
| pH                     | Mayor de 7        |
| Sólidos en suspensión  | 1500 ppm.         |
| Materia Orgánica       | 10 ppm.           |

Fuente: Gamarra, 2015

## **Cáscara de arroz**

### **Generalidades**

YRUPAILLA (2010) afirma, la cáscara de arroz no tiene propiedades significativas para la salud de las personas debido que en su composición posee un amplio contenido de Dióxido de

Silicio, por ello es imposible su ingesta para las personas, asimismo contiene cifras escasas de celulosa (aproximadamente 40%). Citado por (Jaime & Portocarrero, 2018)

Mafla (2009) sostiene el silicio ayuda en el crecimiento adecuado para el arroz, este se encuentra presente en la raíz, tallo, hojas y cáscara; sin embargo, sus cantidades son diferentes variando entre un 2.63 y 13.3%, presenta mayor cantidad en la cáscara del grano de arroz. Mendez (2009), expresa que, se debe considerar utilizar la cáscara de arroz para la producción de concreto ya que posee una gran reactividad con el dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), siendo favorable en la reacción con el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  el cual está presente en el cemento en presencia de agua y temperatura de ambiente, lo cual genera un aumento de la densidad del concreto obteniéndose como resultado una alta comprensión y resistencia. Citado por (Demera y Romero, 2018).

Tello, Ortiz, Y Servan, (2014); mencionan que la composición orgánica de la cáscara de arroz contiene celulosa, hemicelulosa, compuesto nitrogenados, lignina, ácidos orgánicos y lignina; tanto la hemicelulosa como la celulosa son los carbohidratos en mayor cantidad que se encuentran en la cáscara de arroz , entre el 16 y 22 % se encuentra en la hemicelulosa mientras que el 28 y 49% en la celulosa, cabe mencionar que hay otros polisacáridos presentes como la xilosa , galactosa y arabinosa .Además que la lignina es la que otorga la rigidez a la estructura de la cáscara Citado por (Demera y Romero, 2018).

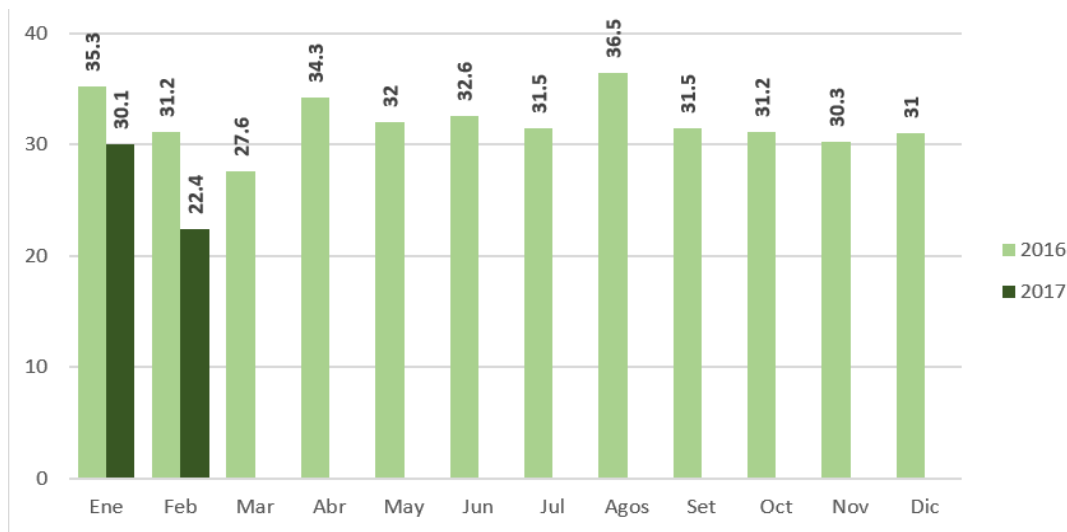
Juarez (2010), menciona que, cuando se quema la cáscara de arroz se producirá una vasta cantidad de ceniza (una tonelada por 5 de cascará). Citado por (Jaime & Portocarrero, 2018). (Mafla, 2009), esta al ser sometida a temperaturas elevada variará en su peso inicial entre un 13 a 29 %. Citado por (Demera y Romero, 2018)

La cáscara de arroz es factible para usarse como combustible con las briquetas, sin embargo, no se le ha dado un valor agregado significativo.

### **Producción de Cáscara de Arroz**

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018), Afirma que para este año 2020 la productividad mundial de arroz será de 480.02 millones de toneladas, así mismo cabe recalcar que la productividad mundial de arroz del año pasado fue de 472.39 millones de toneladas, por lo cual los 480.02 millones de toneladas estimados para este año significa un crecimiento del 1.62%.

(MINAGRI, 2018); La productividad de arroz en el Perú. La cascarilla de arroz conforma un subproducto del desarrollo agroindustrial los cuales en la actualidad no se utiliza y se encuentra considerado como un producto de desecho. Así mismo actualmente el cultivo es minucioso, siendo así la actividad económica principal de algunos departamentos de nuestro país. Como por ejemplo en el departamento de San Martín el 70% del PEA se dedica al cultivo de arroz.



**Figura 1.** Ingreso mensual de arroz a la APAMSA (Miles de T), (MINAGRI, 2018)



## Composición química de cáscara de arroz

Según (Prada y Cortes, 2010) define en la siguiente (Tabla N°5) la composición química de la cáscara de arroz.

**Tabla 5** *Composición química de la cáscara de arroz*

| Componentes | %    |
|-------------|------|
| Carbono     | 39.1 |
| Hidrogeno   | 5.2  |
| Nitrógeno   | 0.6  |
| Oxigeno     | 37.2 |
| Azufre      | 0.1  |
| Cenizas     | 17.8 |
| Total       | 1000 |

Fuente: (Prada & Cortes, 2010)

## Ceniza de cáscara de arroz

El material orgánico será recolectado de un Molino en Tambo Real para luego limpiarla de toda impureza. Mediante un proceso de molienda se reducirá la dimensión de partícula de la cáscara de arroz hasta  $75\mu\text{m}$ , se toma 5gr de polvo de cáscara de arroz para realizar el ensayo de ATD respectivamente. Con los resultados del ATD se indica la temperatura a la que se debe calcinar el material para que así cambie su composición química, luego se usara una mufla donde se calcinara la cáscara de arroz. Después que la cáscara de arroz ya este convertida en ceniza, se necesita 20 gramos para el ensayo de Fluorescencia de Rayos X y poder saber con exactitud la composición Química de la ceniza de cáscara de arroz. (Saldaña, 2018)

Saldaña (2018), Concluyó que el grado de temperatura donde se da el cambio de su composición química es de 430° C. Por lo tanto, calcinó la cáscara de arroz en una mufla a 430° C por un tiempo de residencia de dos horas.

La composición química de esta Ceniza de cáscara de arroz, se determinó por medio de la Fluorescencia de rayos X (FRXDE), dando los siguientes resultados:

**Tabla 6** *Composición química de la ceniza de cáscara de arroz*

| <b>Oxido</b>                       | <b>% Masa</b> | <b>Normalizado</b> |
|------------------------------------|---------------|--------------------|
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 2.030         | 2.437              |
| <b>SiO<sub>2</sub></b>             | 76.006        | 91.253             |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>  | 0.700         | 0.840              |
| <b>SO<sub>2</sub></b>              | 0.279         | 0.335              |
| <b>ClO<sub>2</sub></b>             | 0.808         | 0.970              |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>              | 2.624         | 3.150              |
| <b>CaO</b>                         | 0.629         | 0.755              |
| <b>TiO<sub>2</sub></b>             | 0.010         | 0.012              |
| <b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 0.001         | 0.001              |
| <b>MnO</b>                         | 0.075         | 0.090              |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 0.115         | 0.138              |
| <b>Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 0.001         | 0.002              |
| <b>ZnO</b>                         | 0.014         | 0.016              |
| <b>Rb<sub>2</sub>O</b>             | 0.001         | 0.001              |
| <b>Totales</b>                     | 83.229        | 100.00             |

Fuente: Saldaña, 2018

## **Cáscara de huevo**

### **Generalidades**

(Valdes, 2009); La cáscara conforma la capa protectora del huevo, el cual cumple la función de defenderlo de agentes externos como los intercambios gaseosas y líquidos en el ambiente. La cáscara constituye entre el 9 a 12% del peso del huevo, que daría entre unos 5 a 7 gramos, y que se forma esencialmente de elementos minerales, entre ellos el principal componente es el Calcio (94%) que se puede afirmar ser el más fundamental como componente estructural. Así mismo existen otros tipos de minerales en la cáscara de huevo, pero en pequeñas cantidades como por ejemplo el Fosfato tricálcico y el Carbonato de magnesio. Citado por (Matias Quispe, 2018)

## Producción

Según (MINAGRI, 2018) “La productividad de huevo de gallina para consumo en el Perú. En el mes de referencia, la producción de huevo de gallina para consumo alcanzó las 35 mil toneladas, incrementándose en 2,0% respecto a lo obtenido en el mes de diciembre del año 2016”

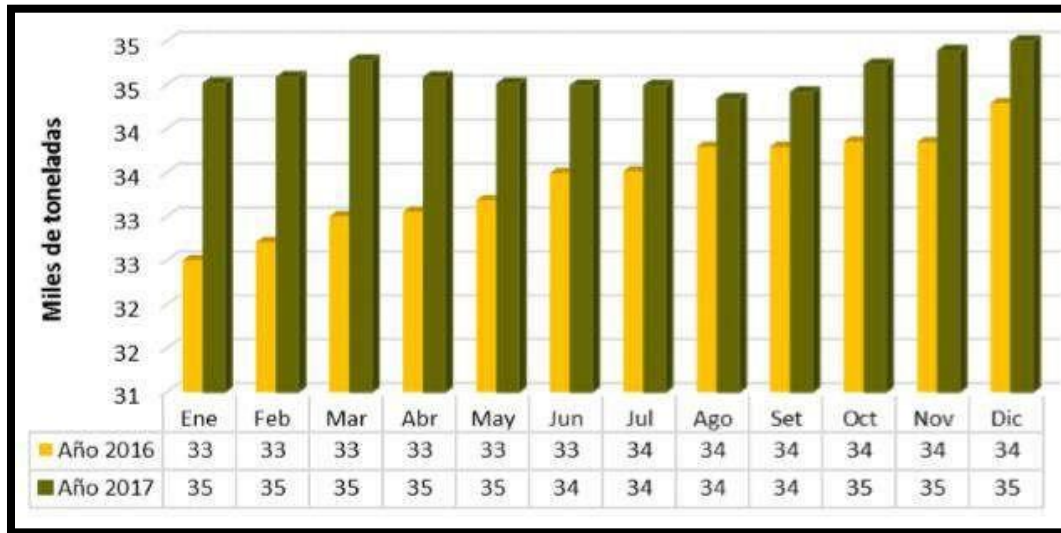


Figura 2. Productividad de huevo de gallina para consumo en el Perú, Sistema Integrado de Estadística Agraria

## Composición Química

Este material orgánico está mayormente constituido de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). En la mayoría de los casos, también hay residuos de magnesio en la celosía del carbonato. (Mohamed y Dinesh, 2016)

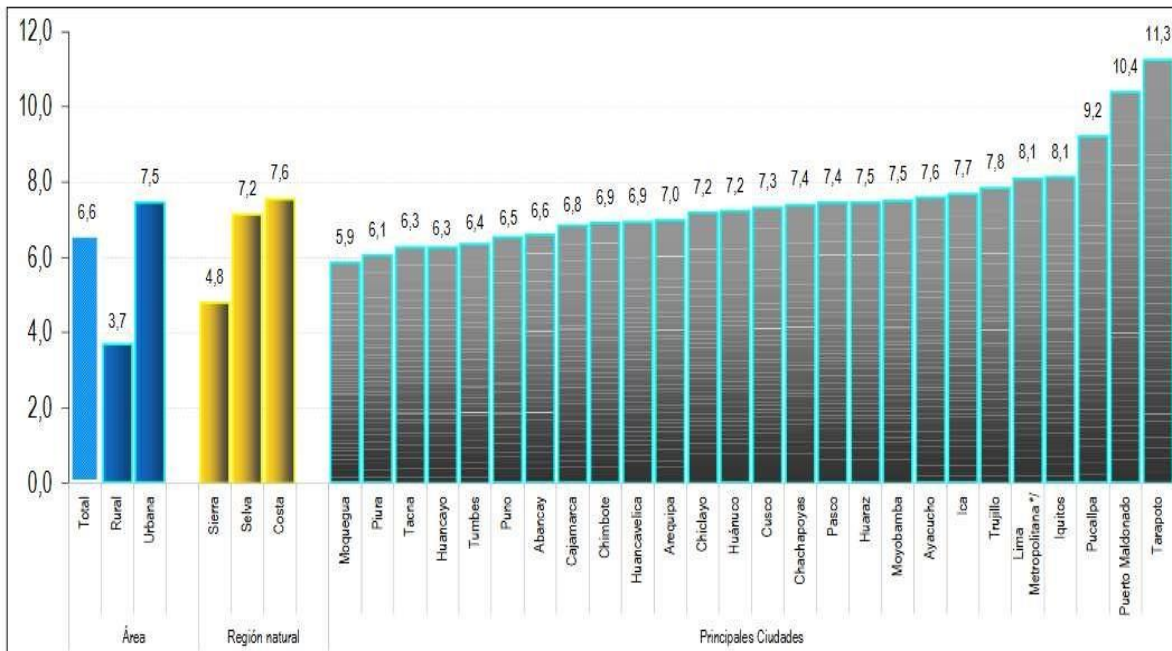
Tabla 7 Composición química de cáscara de huevo

| EGGSHEL POWDER          |       |
|-------------------------|-------|
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 0.03  |
| $\text{SiO}_2$          | 0.08  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 0.02  |
| $\text{CaO}$            | 55.85 |
| Others                  | 0.62  |
| Specific gravity        | 3.15  |

Fuente: (Mohamed Ansari & Dinesh Kumar, 2016)

## Consumo per cápita de huevo en Perú:

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática En la actualidad en Perú el huevo es considerado un alimento completo, ya que contiene vitaminas, los cuales ayudan a mantenernos sanos, es por ello que según INEI el huevo es un ingrediente importante en el hogar con un consumo promedio per cápita de 6 kilos 600 gramos al año o de 600 gramos al mes. Por ejemplo, en la ciudad de Huaraz el consumo es de 7.5 kg/persona/año (INEI, 2018).



**Figura 3.** Consumo Per cápita Anual de huevo de ave en Perú (kg/persona), INEI 2008 -2009

Mediante el proceso de operacionalización de variable, se logró determinar la variable dependiente e independiente, la definición conceptual, operacional, dimensión y evidenciar sus indicadores.

## CONCEPTUACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

### Variable Dependiente:

Resistencia a la Compresión

**Tabla 8** *Variable Dependiente*

| Variable                    | Definición Conceptual  | Definición Operacional  | Dimensión     | Definición  | Indicadores     |
|-----------------------------|--|---|---------------|---|-----------------|
| Resistencia a la compresión | Se define como la medida máxima de resistencia a carga axial (kg/cm <sup>2</sup> ) y es la característica mecánica más importante del concreto y su determinación se efectuará mediante ensayo de probetas | La resistencia a la compresión se mide tronando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos a compresión y se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga. | Carga Axial   | Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural. | Kg-f            |
|                             |  |   | Área          | Superficie de contacto perpendicular a la carga de ruptura                  | Cm <sup>2</sup> |
|                             |  |   | Carga Ruptura | Carga Máxima admitida por un cuerpo antes de la ruptura.                    | Kg-f            |

*Fuente: Elaboración propia*

**Variable Independiente:** Sustitución por la combinación de cenizas de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo

**Tabla 9** *Variable Independiente*

| Variable   | Definición Conceptual  | Definición Operacional   | Dimensión                                   | Definición   | Indicadores   |
|--|--|--|---|--|---|
| Sustitución por ceniza de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo | <p>Ceniza de cáscara de arroz: El grano de arroz posee una capa externa altamente silícea llamada cáscara de arroz, esta constituye aproximadamente el 20% en peso del arroz cosechado</p> <p>Polvo de cáscara de huevo: La cáscara es el 10% de la totalidad de un huevo y es un residuo orgánico proveniente de los huevos compuestos en su totalidad por carbonato de calcio.</p> | <p>Cenizas de cáscara de arroz: Sub producto de calcinación (420°C) para la obtención de la ceniza que es la principal fuente de silicio</p> <p>Polvo de cáscara de huevo: Producto de la pulverización de la cáscara previamente hervida en una olla de 5 a 7 minutos para eliminar impurezas</p> | Dosificación de la combinación de CCA y PCH | <p>La composición química de ambos materiales CCA y PCH se asocian de tal manera que se obtendrá un material cementante con características muy parecidas al cemento Portland Tipo I</p> | <p>15% (3.75% cenizas de cáscara de arroz + 11.25% polvo de cáscara de huevo)</p> <p>8% (2% cenizas de cáscara de arroz + 6% polvo de cáscara de huevo)</p> |

Fuente: Elaboración propia

**Se planteó la siguiente hipótesis:** La sustitución de cemento por una combinación de cenizas de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo en relación 1:3 mejoraría la resistencia a la compresión de un concreto  $F'c = 210\text{kg/cm}^2$  debido a sus componentes puzolánicos.

El **Objetivo general** de la tesis es: Determinar la resistencia a la compresión de un concreto  $F'c = 210\text{ kg/cm}^2$  sustituyendo al cemento en un 15 % y 8% por la combinación de cenizas de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo en relación 1:3

Siendo sus **Objetivos específicos:**

- Determinar la temperatura de calcinación de la cáscara de arroz mediante (Análisis Térmico Diferencial)
- Determinar la composición química de la ceniza de cáscara de arroz y el Polvo de cáscara de huevo mediante (Fluorescencia de Rayos x)
- Determinar el Ph y peso específico de las cenizas de cáscara de arroz, polvo de cáscara de huevo y las combinaciones.
- Determinar la relación agua/cemento del concreto patrón y experimentales.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto Patrón y Experimentales a los 7, 14 y 28 días de curado.

### III. METODOLOGIA

La metodología consistió en la experimentación porque se modificó el diseño de mezcla del concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , ya que en el primer experimental se sustituyó al cemento por 3.75 % de cenizas de cascará de arroz (CCA) y 11.25 % de polvo de cascará de huevo (PCH). Mientras que en el segundo experimental se sustituyó al cemento por 2 % de CCA y 6 % PCH.

Asimismo, fue complementada por observación científica debido a que el investigador estuvo en contacto directo con las unidades de análisis, organizo y controló el proceso de la experimentación.

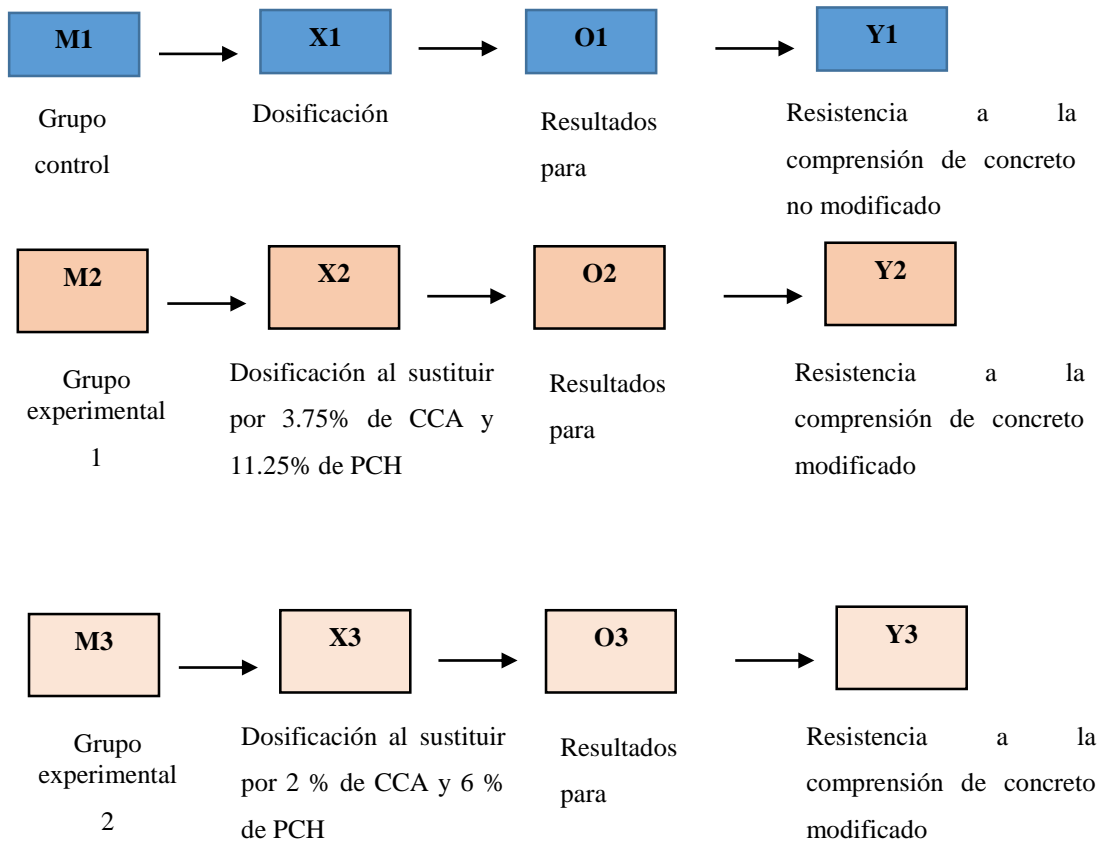
El **tipo de la investigación** es aplicada, porque los resultados obtenidos servirán para la satisfacción de incógnitas vinculadas al diseño de mezcla, y así poder mejorar las propiedades mecánicas y químicas del concreto como la resistencia a la compresión.

El **diseño de investigación** es experimental porque se modificó la variable independiente para definir el impacto sobre la variable dependiente, ya que se generaron nuevos datos que modificaron el diseño de mezcla y con ello se contempló la autenticidad de la hipótesis formulada.

Cabe mencionar que el diseño de la investigación fue según su alcance y naturaleza un diseño EXPERIMENTAL de nivel CUASI-EXPERIMENTAL porque mediante la aplicación del método de la experimentación y de la observación científica, se determinó el resultado de la resistencia a la compresión al diseño de la mezcla del concreto realizando dos grupos de estudio donde se compara el control y manipulación de la variable independiente.



Siendo el esquema de dicho diseño de investigación el siguiente:



*Figura 4.* Diseño de la investigación, elaboración propia.

**M1:** Grupo control, Muestra de Probetas de concreto sin modificar

**M2:** Grupo Experimental, Muestra de Probeta de concreto modificado al sustituir cemento por 3.75 % de CCA y 11.25% de PCH

**M3:** Grupo Experimental, Muestra de Probeta de concreto modificado al sustituir cemento por 2 % de CCA y 6 % de PCH.

**X1:** Variable independiente, Dosificación

**X2:** Variable independiente. Dosificación al Sustituir Cemento por 3.75 % CCA y 11.25% de PCH.

**X3:** Variable independiente. Dosificación al Sustituir Cemento por 2 % de CCA y 6 % de PCH.

**O1:** Resultados u observaciones posibles de obtener un concreto no modificado.

**O2:** Resultados u observaciones posibles de obtener un concreto modificado al sustituir Cemento por 3.75 % de CCA y 11.25% de PCH.

**O3:** Resultados u observaciones posibles de obtener un concreto modificado al sustituir Cemento por 2% de CCA y 6 % de PCH.

**Y1:** Variable Dependiente, Resistencia a la compresión del concreto no modificado.

**Y2:** Variable Dependiente, Resistencia a la compresión del concreto modificado.

**Y3:** Variable Dependiente, Resistencia a la compresión del concreto modificado.

## **Población y Muestra**

### **Población**

Conjunto de probetas de concreto elaboradas al sustituir cemento en un 15 % y 8 % por CCA y PCH, de acuerdo a las dosificaciones aplicadas en relación a la investigación de la resistencia a la compresión.

### **Tamaño de Población**

Se realizaron 9 probetas por cada valor de porcentaje de sustitución del cemento según la Norma ASTM C192.

- (0%) de sustitución: 9 (Probetas de concreto no modificado)
- 3.75 % de sustitución por CCA y 11.25 % por PCH: 9 (Experimentales)
- 2 % de sustitución por CCA y 6 % por PCH: 9 (Experimentales)
- Total, de probetas N= 27

### **Muestra**

La muestra fue de un conjunto de 9 probetas convencionales y 18 experimentales las cuales formaron cada grupo, previamente calculados por el caso del muestreo para proporciones de una variable cualitativa, de una población de 27 probetas (de diseño convencional y de manera experimental) de ambos grupos, los ensayos se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro, la cual permitió determinar las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales.

### **Técnicas e Instrumento de Investigación**

A través de los ensayos de laboratorio, en forma experimental, visual y analítica se observó el comportamiento del fraguado del concreto y las propiedades alcanzadas durante los ensayos.

**Tabla 10** *Técnicas de recolección de información*

| <b>Técnicas de Recolección de Información</b> | <b>Instrumento</b>   | <b>Ámbito de la Investigación</b>  |
|---|--|--|
| <b>La observación Científica</b>              | <b>Manual de observación</b><br>Registro de los ensayos de laboratorio | Grupo Control: muestra de probetas de concreto no modificado<br><br>Grupo Experimental: Muestra de probetas de concreto modificado |

Fuente: Elaboración propia

Se aplicará como método la observación científica ya que la persuasión del elemento será registrada para obtener buenos resultados. También se administrara y contrastara directamente

todas las actividades que conlleve realizar todo un proceso de experimentación adecuado, que implica elaborar diseños de mezcla a los cuales se les aplicara una modificación en su estructura que consistió en sustituir al cemento por 15% y 8% de ceniza de Cáscara de Arroz y Polvo de Cáscara de Huevo, a los cuales se busca determinar la resistencia a la compresión, en comparación al diseño de mezcla no modificado, es decir el investigador estará en contacto directo con las unidades de análisis, desde la obtención de los materiales a utilizarse. Seguidamente la elaboración de las probetas de diseño de mezcla que conformaran los grupos de estudio respectivos, hasta llegar a la ruptura de las mismas y la aplicación de las pruebas necesarias en el laboratorio de la USP. Todo lo observado se debe registrar de manera escrita en cada momento y detalladamente, donde usaremos como herramienta una ficha técnica en la cual nos posibilitara sistematizar, organizar y clasificar la información que se obtenga producto de la aplicación de los diversos ensayos referidos a diagnosticar la resistencia a la compresión de los diseños de mezcla.

### **Proceso de experimentación:**

La cáscara de arroz recolectada del centro poblado Tambo Real Viejo, se tuvo que limpiar de cualquier tipo de basura que se pueda haber mezclado, se vertió toda la cáscara en suelo limpio para poder limpiarla al aire libre, quitando las basuras mezcladas con la cáscara de arroz. Luego se cuarteo el material 3 veces para seleccionar un kilo de muestra y molerlo en un molino manual, antes de ello se tuvo que calentar la cáscara de arroz en una olla de barro hasta que tome una textura crocante para que sea más fácil molerla, luego se tamizo la cáscara molida por la tela organza y seguidamente por la malla N° 200 en el laboratorio de suelos de la USP, se separó 1 gramo de muestra para llevar al laboratorio de polímeros en la UNT para el ensayo de ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL (ver imagen 1) , que permite verificar mediante una activación térmica la temperatura en la cual la muestra de ceniza tiene una reacción exotérmica, el equipo usado fue el

anализador térmico simultaneo TG\_DTA\_DSC cap. Max: 1600°C SetSys\_Evolution, que cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765 y Tasa de calentamiento: 20°C/min, Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min. (ver imagen 2). Con el resultado del ensayo de Análisis Térmico Diferencial, se hizo un pre calcinado a la cáscara de arroz y se llevó al laboratorio de cerámicos y suelos de la UNT para calcinarla a una temperatura controlada por 2 horas, donde se elimina el carbono que se encuentra presente en el material y se obtiene una formación de las fases vítreas. (ver imagen 3)

Una vez que se obtuvo todo el material calcinado se procedió a la molienda con un molino de granos Corona, seguidamente se tamizo para obtener partículas de tamaño menores a 75µm.

Se hizo la comparación de un kilogramo de cáscara de arroz convertida en cenizas para evaluar la cantidad de masa perdida después de ser calcinada y tamizada.

**Tabla 11** *Comparación de la caracterización de cenizas de cáscara de arroz*

|                            | <b>Cáscara de arroz natural</b> | <b>Cáscara de arroz pre calcinada</b> | <b>Ceniza de cáscara de arroz</b> | <b>Ceniza tamizada</b> |
|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| <b>Peso</b>                | 1000 gr                         | 250 gr                                | 200 gr                            | 75 gr                  |
| <b>Porcentaje</b>          | 100 %                           | 25 %                                  | 20 %                              | 7.5 %                  |
| <b>Porcentaje perdido</b>  | 0 %                             | 75 %                                  | 80 %                              | 92.5 %                 |
| <b>Tamaño de partícula</b> | < 1cm                           | < 1cm                                 | < 0.5cm                           | < 75µm.                |

Fuente: Elaboración propia

La cáscara de huevo, se recolecto de distintos hogares consumidores de huevo de ave, ya que estas son desperdicio en su totalidad, también se recolecto de panaderías, pastelerías y chifas, una vez obtenida toda la cáscara se tuvo que hervir por unos 15 minutos para que se pasteurice y se pueda limpiar de cualquier tipo de bacterias, separando las impurezas y membranas ajenas al

proyecto. Se pulverizo la cáscara de huevo, ya que al tener un material con un tamaño de partícula menor se mejora la reactividad de la cáscara de huevo, la molienda de la cáscara se hizo con un molino de granos Corona, luego se tamizo por la tela organza y la malla N°200 en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro, alcanzando de esta manera partículas de tamaño menores a 75µm. (ver imagen 4)

En las distintas fases del proceso de molienda de la cáscara de huevo se puede comparar las pérdidas de peso al disminuir su tamaño; se hizo un análisis con un kilogramo de cáscara de huevo en tamaño natural.

**Tabla 12** Comparación de la caracterización de cenizas de cáscara de huevo por kilogramo

|                            | <b>Cáscara de Huevo natural</b> | <b>Cáscara de huevo molido</b> | <b>Cáscara de huevo tamizado</b> |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| <b>Peso</b>                | 1000.0 gr                       | 962.0gr                        | 413.0 gr                         |
| <b>Porcentaje</b>          | 100 %                           | 96.20%                         | 41.30 %                          |
| <b>Porcentaje perdido</b>  | 0 %                             | 3.8 %                          | 58.7 %                           |
| <b>Tamaño de partícula</b> | < 4cm<br>( Normal)              | < 1 mm<br>( Granular)          | < 75 µm (N°200)<br>(Polvo Fino)  |

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de la composición química de óxidos mediante el ensayo de Fluorescencia de Rayos X, se necesitó 20 gramos de muestra tamizada por la malla N°200 (75 µm.) donde se logró saber el contenido y porcentaje de óxidos de la muestra de ceniza de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo, ensayo realizado en la Universidad Nacional De Ingeniería en el laboratorio N°12 – LABICER en la Facultad de Ciencias. Se utilizó un espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva, SHIMADZU, EDX 800HS. (Ver imagen 5,6)

En la determinación del Potencial de Hidrogeno (pH) se necesitó 20 gramos de muestra tamizada por la malla N°200 de los materiales puzolánicos; cenizas de cáscara de arroz (CCA), polvo de cáscara de huevo (PCH) y las combinaciones de cemento con ceniza de cáscara de arroz

y polvo de cáscara de huevo; que se llevaron al laboratorio COLECBI – Nuevo Chimbote, donde se evaluó la alcalinidad de los materiales: CCA al 100%; PCH al 100%; cemento al 100%; cemento 85% + 11.25% PCH + 3.75% CCA; cemento 92% + 6% PCH + 2% CCA.

Para el peso específico de los materiales cementantes se necesitó 64 gramos de PCH, CCA, cemento 85% + 11.25% PCH + 3.75% CCA; cemento 92% + 6% PCH + 2% CCA; donde se tuvo que realizar el ensayo mediante el Frasco de Le Chaletier Según ASTM C188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000, los instrumentos a usar fueron fiola de 500 ml, embudo, gasolina y balanza, el proceso fue introducir la gasolina en la fiola, tomar la medida inicial, posteriormente se introdujo la muestra de 64 gramos y se tomó la medida final. Se evalúa la cantidad de peso por cada cm<sup>3</sup> de volumen, para poder comparar la similitud con al cemento y así poder reemplazar un porcentaje con respecto a su peso. (Ver imagen 7)

El proceso para la evaluación de la Relación Agua-Cemento del concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , tuvo el siguiente proceso que fue recolectar 4 sacos de arena gruesa y 4 sacos de piedra chancada de  $\frac{3}{4}$ " de la cantera Rubén – Chimbote (Ver imagen 8); materiales que se llevaron al laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro tomando en cuenta los parámetros de diseño ACI, donde se trabajará con un Slump de 3 a 4", teniendo en cuenta así que los materiales a utilizarse en nuestro diseño de probetas requieren ser evaluados por una serie de ensayos, (Ver imagen 9 a 11 ), ya que dichos ensayos son los que determinan si los materiales son buenos para nuestra mezcla de concreto a utilizar, por ello se tuvo en cuenta los siguientes ensayos:

**Tabla 13 Propiedades de los materiales**

| <b>MATERIALES</b>            |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| <b>Cemento</b>               |                          |
| <b>Portland tipo I</b>       |                          |
| Peso específico              | 3.10 gr/ cm <sup>3</sup> |
| <b>Agua Potable</b>          |                          |
| Peso específico              | 1 gr/ cm <sup>3</sup>    |
| <b>Agregado fino</b>         |                          |
| Peso específico de Masa seca | 2.84                     |
| Peso unitario suelto seco    | 1595 Kg/ m <sup>3</sup>  |
| Peso unitario compactado     | 1785 Kg/ m <sup>3</sup>  |
| Contenido de humedad         | 1.69 %                   |
| Absorción                    | 0.67 %                   |
| Módulo de fineza             | 2.76%                    |
| <b>Agregado Grueso</b>       |                          |
| Peso específico de Masa seca | 2.85 gr/ cm <sup>3</sup> |
| Peso unitario suelto seco    | 1384 kg/ m <sup>3</sup>  |
| Peso unitario compactado     | 1552 kg/ m <sup>3</sup>  |
| Contenido de humedad         | 0.56 %                   |
| Absorción                    | 0.57 %                   |
| Tamaño Máximo Nominal        | 1 "                      |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14 Diseño de Mezcla**

| <b>Mezcla</b>                | <b>Diseño de Mezcla</b> |                      |                        | <b>Relación a/c</b> |
|------------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|
|                              | <b>Cemento</b>          | <b>Agregado Fino</b> | <b>Agregado Grueso</b> |                     |
| <b>Corregido por humedad</b> | 1                       | 2.81                 | 3.23                   | 0.59                |

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se ensayó las resistencias a la compresión de las probetas patrón y experimentales a los 7, 14 y 28 días, el proceso para la ruptura de cada probeta fue tomar el peso de cada probeta antes y después del fraguado, medir el diámetro y altura de las probetas antes de realizar el ensayo de resistencia a la compresión. (Ver imagen 12 a 14)

La Guía de Registro realizados, para ver el avance de las probetas se tomó de acuerdos a los 7,14 y 28días. Para los cálculos y para el análisis de los resultados arrojados en el laboratorio mecánica de suelos de la Universidad San Pedro, se utilizaron los programas de Excel y SPS. En



los ensayos a realizar se contó con expertos en laboratorio de suelos para el posible estudio e interpretación de los resultados.

#### IV. RESULTADOS

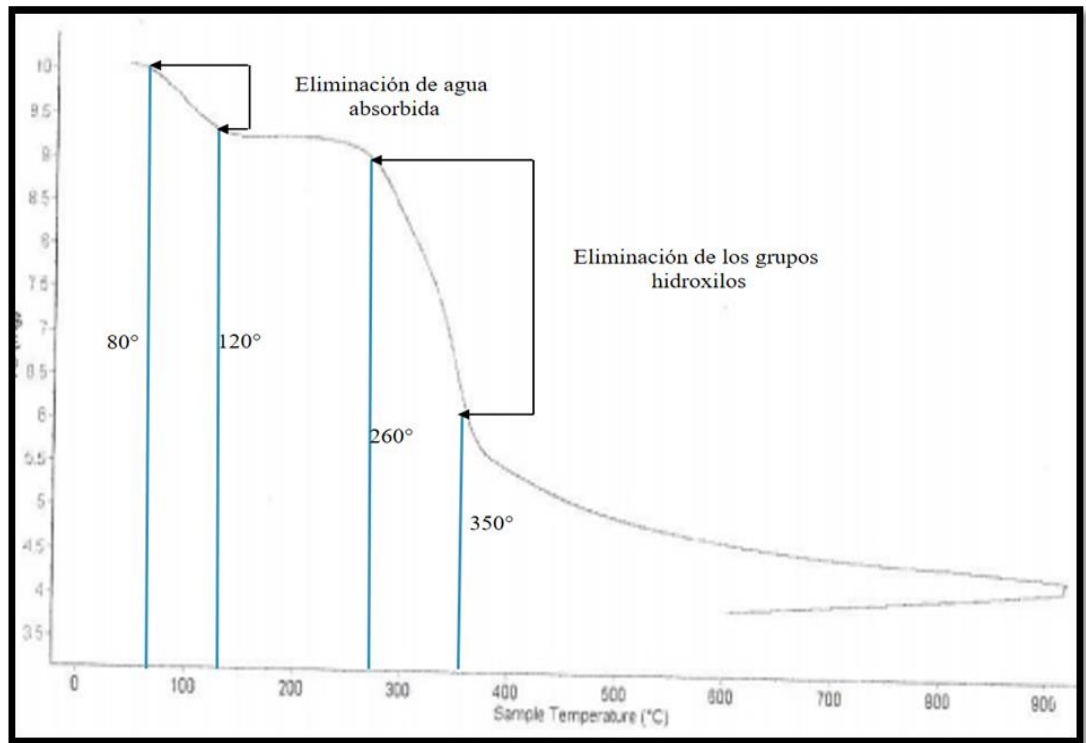
**Tabla 15** *Calidad y propiedades de los agregados*

| <b>Materiales</b>            | <b>Agregado Fino</b>     | <b>Agregado Grueso</b>   |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Peso específico de masa seca | 2.84 gr/ cm <sup>3</sup> | 2.85 gr/ cm <sup>3</sup> |
| Peso unitario suelto seco    | 1595 Kg/ m <sup>3</sup>  | 1384 kg/ m <sup>3</sup>  |
| Peso unitario compactado     | 1785 Kg/ m <sup>3</sup>  | 1552 kg/ m <sup>3</sup>  |
| Contenido de Humedad         | 1.69 %                   | 0.56 %                   |
| Absorción                    | 0.67 %                   | 0.57 %                   |
| Módulo de fineza             | 2.76                     | -                        |
| Tamaño Máximo Nominal        | -                        | 1 "                      |

Fuente: Elaboración propia

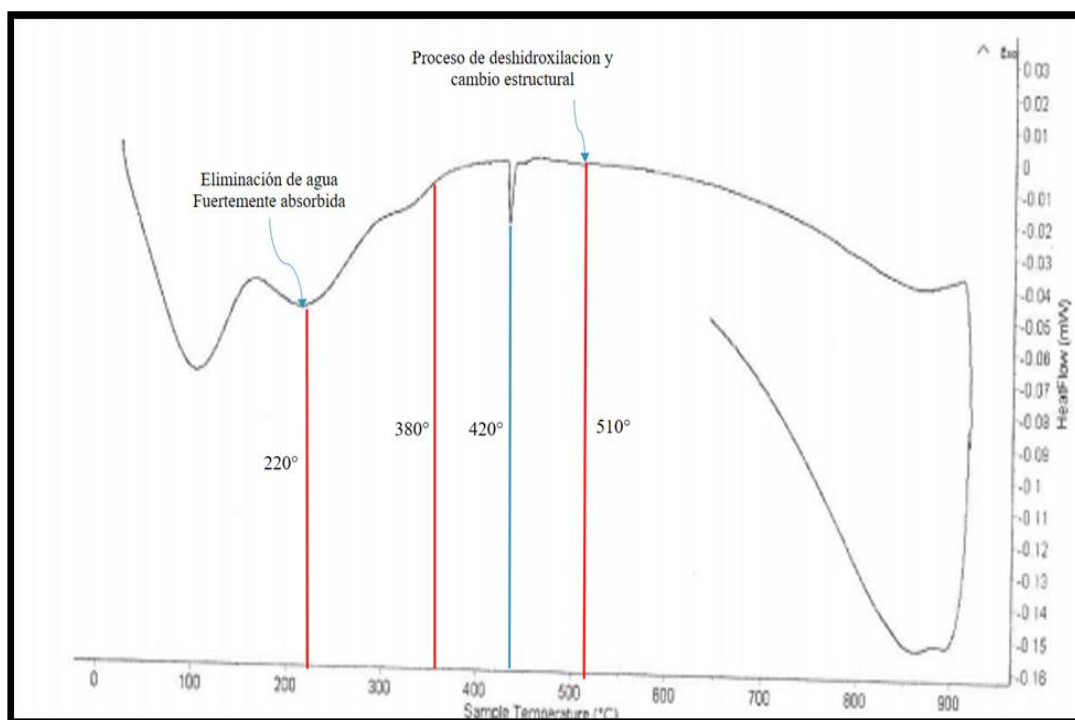
Mediante el ensayo de Análisis térmico diferencial, la temperatura de calcinación determinada es de **420° C**, donde se activa térmicamente la cáscara de arroz, el ensayo se realizó en el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo con el equipo analizador térmico simultaneo TG\_DTA\_DSC cap. Max: 1600°C SetSys\_Evolution, que cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765 y Tasa de calentamiento: 20°C/min, Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min.

Primeramente, se determinó la eliminación de agua absorbida que ocurrió en un rango de 80° a 120° y la eliminación de los grupos hidroxilos en un rango de 260° a 350°



**Figura 5.** Curva de pérdida de masa – Análisis termo gravimétrico, Informe N° 26 – Feb 20- Laboratorio de Polímeros – Facultad de Ingeniería – UNT

En el gráfico de curva calorimétrica se observa puntos endotérmicos entre 100° y 220°, posteriormente se muestra un pico de absorción térmica a 420° que es la temperatura máxima alcanzada donde ocurre el cambio de características de la cáscara de arroz, obteniendo de esta forma el silicio y convirtiéndose en un material puzolanico.



**Figura 6.** Curva calorimétrica ATD Informe N° 26 – Feb 20- Laboratorio de Polímeros – Facultad de Ingeniería – UNT

**La determinación de la composición química** de óxidos mediante el ensayo de Fluorescencia de Rayos X, se logró saber el contenido y porcentaje de óxidos de la muestra de ceniza de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo, ensayo realizado en la Universidad Nacional De Ingeniería, en el Laboratorio LABICER – Facultad de Ciencias, donde se obtuvo como resultado en el ensayo de muestra de cenizas de cáscara de arroz, que el componente químico en mayor abundancia es el Óxido de silicio (82.80 %), posteriormente en el ensayo de la muestra de polvo de cáscara de huevo se obtuvo en mayor porcentaje al Oxido de Calcio (96.74%).

**Tabla 16.** *Composición química de cenizas de cáscara de arroz*

| <b>COMPUESTO</b>                                  | <b>RESULTADO</b> |
|---|------------------|
|   | (%)              |
| Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>                | 82,80            |
| Óxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,73             |
| Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O                | 9,94             |
| Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 2,91             |
| Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 1,02             |
| Óxido de calcio, CaO                              | 0,83             |
| Óxido de titanio, TiO <sub>2</sub>                | 0,35             |
| Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>                  | 0,22             |
| Óxido de manganeso, MnO                           | 0,20             |
| Óxido de cobre, CuO                               | 0,02             |

Fuente: Informe técnico N° 219-20- LABICER- Análisis FRXDE- Fac. ING. Química – UNI

**Tabla 17.** *Composición química de polvo de cáscara de huevo*

| <b>COMPUESTO</b>                                | <b>RESULTADO</b> |
|---|------------------|
|   | (%)              |
| Óxido de calcio, CaO                            | 96,74            |
| Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O              | 2,71             |
| Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0,32             |
| Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,13             |
| Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>                | 0,09             |

Fuente: Informe técnico N° 218-20- LABICER- Análisis FRXDE- Fac. ING. Química – UNI

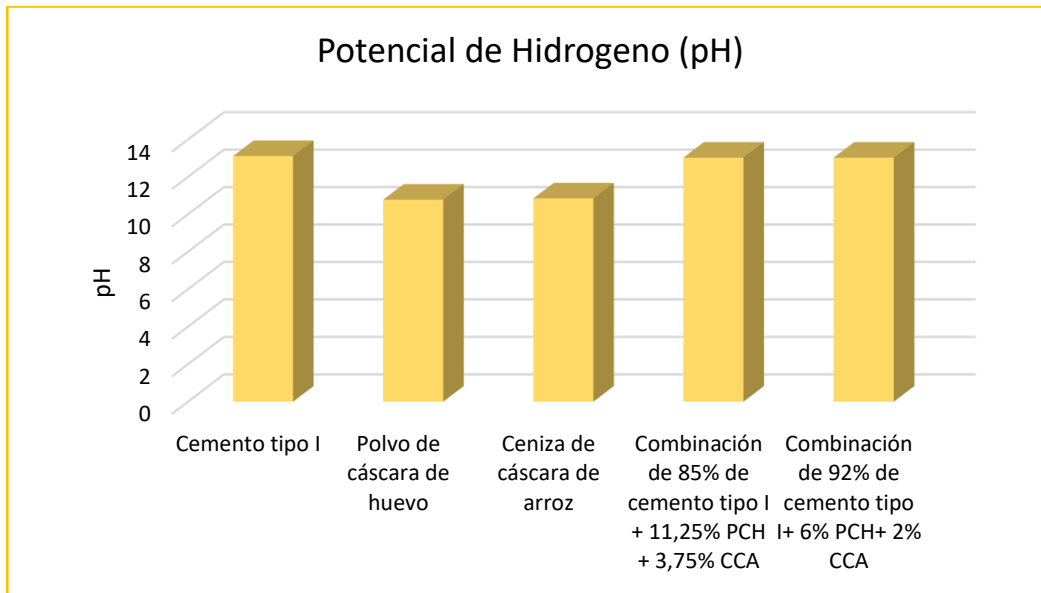
**Potencial de Hidrogeno,** Se ensayaron 5 muestras para determinar su Potencial de Hidrogeno (Ph); Cemento Portland Tipo I al 100 %, obteniendo un resultado de 13.11 Ph; Cenizas de Cáscara de arroz (CCA) al 100%, se obtuvo 10.85 Ph; Polvo de Cáscara de Huevo (PCH) al 100%, se obtuvo 10.78 Ph; Combinación de Cemento 85% + PCH 11.25% + CCA 3.75%, se obtuvo 13.03 Ph; Combinación de Cemento 92% + PCH 6% + 2% CCA, se obtuvo 13.03 Ph. Dados los resultados se puede verificar que las muestras son fuertemente alcalinas con resultados de Ph aproximados al cemento, por lo que se entiende que estos materiales si se pueden trabajar

en el diseño de mezcla en sustitución de cemento. Se presenta los resultados detalladamente en el siguiente cuadro:

**Tabla 18.** *Potencia de hidrogeno de los materiales cementantes y las combinaciones*

| MUESTRAS  | ENSAYO |
|---|--------|
|   | pH     |
| Cemento tipo I  | 13,11  |
| Polvo de cáscara de huevo   | 10,78  |
| Ceniza de cáscara de arroz  | 10,85  |
| Combinación de 85% de cemento tipo I + 11,25% de PCH + 3,75% de CCA | 13,03  |
| Combinación de 92% de cemento tipo I+ 6% de PCH + 2% de CCA         | 13,03  |

Fuente: Informe de ensayo N° 20200211-005- COLECBI S.A.C- Corporación de Laboratorios de ensayos clínicos, biológicos e industriales.



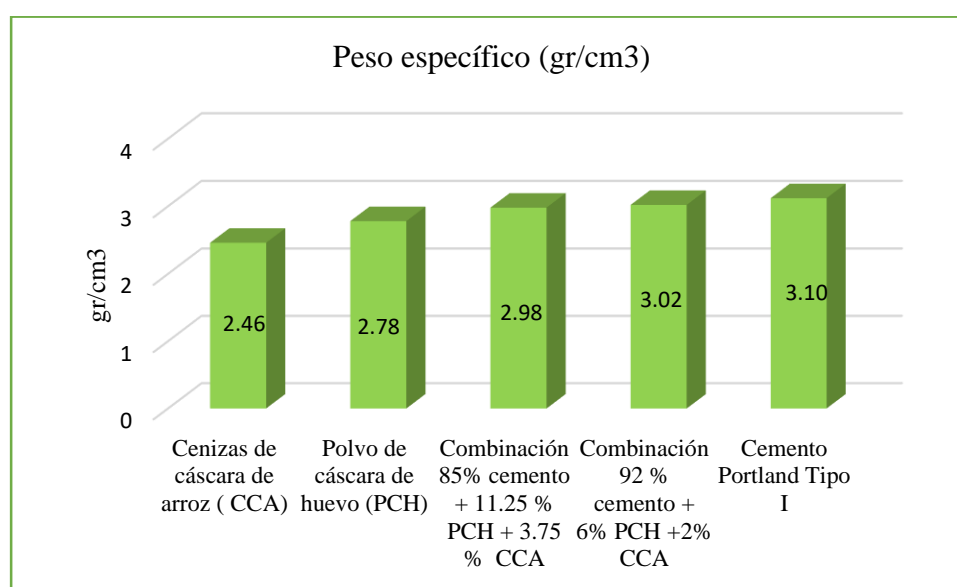
**Figura 7.** Potencial de hidrogeno

**Peso específico**, se necesitó 4 muestras de 64 gramos para el cálculo de peso específico de los materiales puzolánicos, (CCA); (PCH); Combinación de 85% Cemento Tipo I + 11.25% PCH + 3.75% CCA; Combinación de 92% Cemento Tipo I + 6% PCH + 2% CCA, ensayos que se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro, dado los datos obtenidos en la siguiente tabla; se entiende que estos materiales tienen un peso específico más bajo que el cemento, por lo que se necesitara mayor cantidad de material en volumen con respecto al peso.

**Tabla 19.** *Peso específico de los materiales puzolánicos y las combinaciones*

|                                       | <b>Cenizas de cáscara de arroz (CCA)</b> | <b>Polvo de cáscara de huevo (PCH)</b> | <b>Combinación 85% cemento + 11.25 % PCH + 3.75 % CCA</b> | <b>Combinación 92 % cemento + 6% PCH +2% CCA</b> |
|---------------------------------------|--|--|---|--|
| Lectura inicial (ml)                  | 0.00                                     | 0.00                                   | 0.00  | 0.00   |
| Lectura Final (ml)                    | 26.00                                    | 23.00                                  | 21.50   | 21.20  |
| Peso de muestra (gr)                  | 64.00                                    | 64.00                                  | 64.00   | 64.00  |
| Volumen desplazado (ml)               | 26.00                                    | 23.00                                  | 21.50   | 21.20  |
| Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.46                                     | 2.78                                   | 2.98  | 3.02   |

Fuente: Elaboración propia



**Figura 8.** *Peso específico de los materiales cementantes (gr/cm<sup>3</sup>)*

**Relación agua / cemento**, para el concreto patrón de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , se tomó en cuenta los parámetros del diseño ACI, tomando como referencia un Slump de 3 a 4'' para el diseño de mezcla; la relación agua / cemento en los diseños experimentales se corrigió al elaborar el ensayo de cono de Abrams, donde se tuvo que aumentar 0.14 lt de agua por probeta para una mejor trabajabilidad en el diseño experimental de 15 %; posteriormente para el diseño experimental de 8 % de sustitución, se agregó 0.10 lt de agua por probeta; obteniendo los siguientes diseños:

**Tabla 20.** *Diseño de Mezcla de Concreto Patrón*

| Mezcla                | Diseño de Mezcla |               |                 | Relación a/c |
|-----------------------|------------------|---------------|-----------------|--------------|
|                       | Cemento          | Agregado Fino | Agregado Grueso |              |
| Corregido por humedad | 1                | 2.81          | 3.23            | 0.59         |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21.** *Cantidad de material para probetas patrón*

| Materiales             | M <sup>3</sup>             | Pesos       |   |
|------------------------|----------------------------|-------------|---|
|                        |                            | Por probeta | Para la elaboración de 9 probetas + 1 probeta por desperdicio |
| <b>Cemento</b>         | 327.12 kg/ m <sup>3</sup>  | 1.73 Kg     | 17.30 Kg  |
| <b>Agua</b>            | 183.93 Lt                  | 0.97 Lt     | 9.70 Lt   |
| <b>Agregado fino</b>   | 918.10 kg/ m <sup>3</sup>  | 4.86 Kg     | 48.60 Kg  |
| <b>Agregado grueso</b> | 1054.85 kg/ m <sup>3</sup> | 5.58 Kg     | 55.80 Kg  |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22.** *Diseño de Mezcla de Concreto Experimental al 15 % (11.25% PCH + 3.75% CCA)*

| Mezcla                | Diseño de Mezcla |       |       |               | Relación a/c |                 |
|-----------------------|------------------|-------|-------|---------------|--------------|-----------------|
|                       | Cemento          | PCH   | CCA   | Agregado Fino |              | Agregado Grueso |
| Corregido por humedad | 1                | 0.132 | 0.044 | 3.30          | 3.79         | 0.64            |

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 23.** Cantidad de materiales para concreto experimental al 15 % (11.25 % PCH + 3.75 % CCA)

| Materiales                 | M <sup>3</sup> | Pesos       |   |
|----------------------------|----------------|-------------|---|
|                            |                | Por probeta | Para la elaboración de 9 probetas + 1 probeta por desperdicio |
| Cemento                    | 278.05 kg      | 1.47 kg     | 14.70 kg  |
| Agua                       | 209.43 Lt      | 1.11 Lt     | 11.10 Lt  |
| Agregado fino              | 918.10 kg      | 4.86 kg     | 48.60 kg  |
| Agregado grueso            | 1054.85 kg     | 5.58 kg     | 55.80 kg  |
| Polvo de cáscara de huevo  | 36.801 kg      | 0.195 kg    | 1.95 kg   |
| Ceniza de cáscara de arroz | 12.267 kg      | 0.068kg     | 0.68 kg   |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24.** Diseño de Mezcla de Concreto Experimental al 8% (6% PCH + 2% CCA)

| Mezcla                | Diseño de Mezcla |      |       |               | Relación a/c |
|-----------------------|------------------|------|-------|---------------|--------------|
|                       | Cemento          | PCH  | CCA   | Agregado Fino |              |
| Corregido por humedad | 1                | 0.07 | 0.022 | 3.05          | 0.63         |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25.** Cantidad de materiales para concreto experimental al 8 % (6%PCH + 2%CCA)

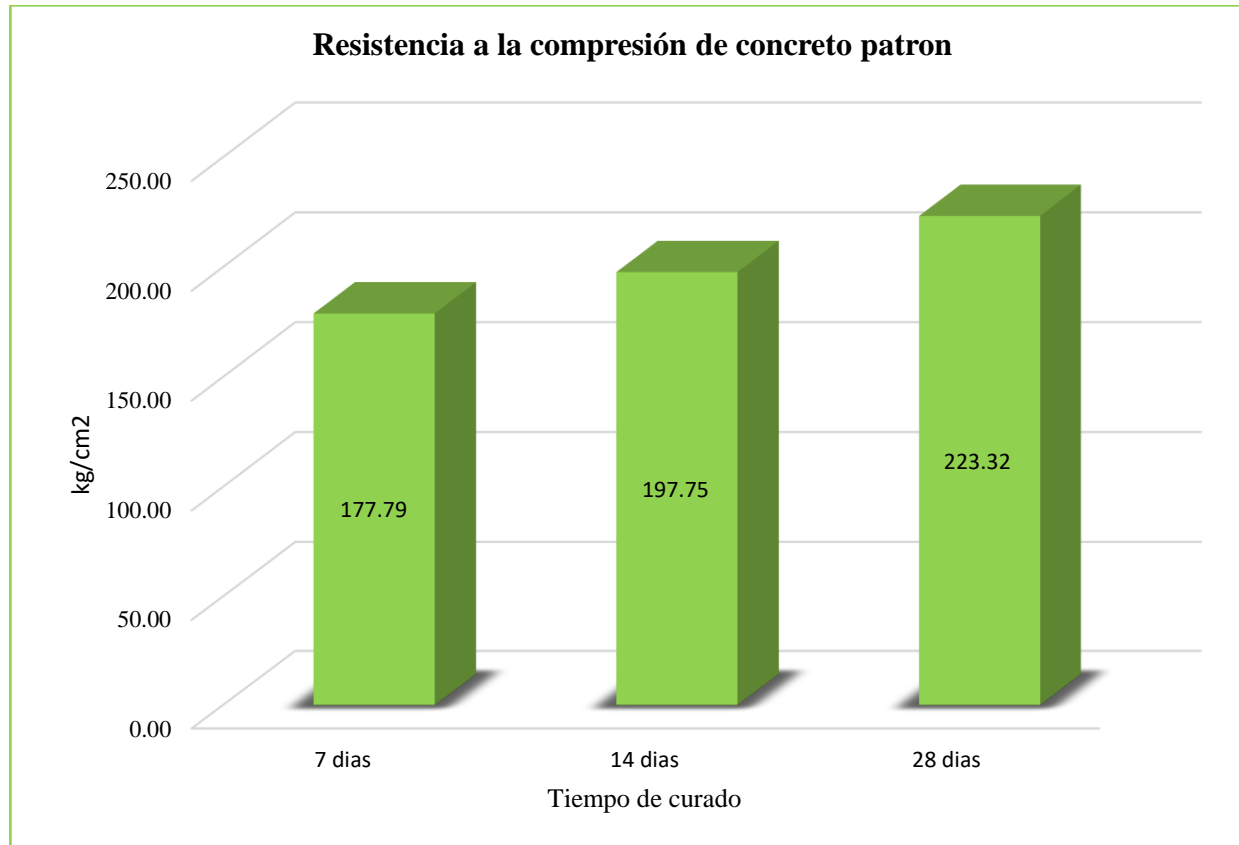
| Materiales                | M <sup>3</sup> | Pesos       |   |
|---------------------------|----------------|-------------|---|
|                           |                | Por probeta | Para la elaboración de 9 probetas + 1 probeta por desperdicio |
| Cemento                   | 300.95 kg      | 1.59 kg     | 15.90 kg  |
| Agua                      | 205.66 Lt      | 1.07 Lt     | 10.70 Lt  |
| Agregado fino             | 918.10 kg      | 4.86 kg     | 48.60 kg  |
| Agregado grueso           | 1054.85 kg     | 5.58 kg     | 55.80 kg  |
| Polvo de cáscara de huevo | 19.63 kg       | 0.104 kg    | 1.04 kg   |
| Polvo de cáscara de arroz | 6.54 kg        | 0.035 kg    | 0.350 kg  |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26.** Resistencia a la compresión de concreto patrón

| MUESTRA        | Curado (días) | Probeta | Diámetro (cm) | Peso (kg) | Alto (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Dosificación con 100 % de Cemento |                         |                    |          | α prom. (kg/cm <sup>2</sup> ) | % Requerido | % Resistencia obtenida |
|----------------|---------------|---------|---------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------|----------|-------------------------------|-------------|------------------------|
|                |               |         |               |           |           |                         | 1.0                               | 2.68                    | 3.13               | a/c=0.59 |                               |             |                        |
|                |               |         |               |           |           |                         | Carga aplicada (kgf)              | α (kg/cm <sup>2</sup> ) | Resistencia Minima |          |                               |             |                        |
| PROBETA PATRON | 7             | P1-P    | 15.20         | 13.50     | 30.00     | 181.37                  | 31640                             | 174.45                  | 0.7 F'c            | 177.79   | 70% - 85%                     | 84.66 %     |                        |
|                |               | P2-P    | 15.20         | 13.55     | 30.00     | 181.37                  | 32070                             | 176.82                  | 147 kg/cm2         |          |                               |             |                        |
|                |               | P3-P    | 15.18         | 13.50     | 30.00     | 180.89                  | 32940                             | 182.10                  | 0.85 F'c           |          |                               |             |                        |
|                | 14            | P4-P    | 15.15         | 13.40     | 30.00     | 180.18                  | 34750                             | 192.86                  | 178.5              | 197.75   | 85%- 95%                      | 94.17%      |                        |
|                |               | P5-P    | 15.20         | 13.45     | 30.00     | 181.37                  | 36610                             | 201.85                  | kg/cm2             |          |                               |             |                        |
|                |               | P6-P    | 15.20         | 13.40     | 30.00     | 181.37                  | 36010                             | 198.54                  | F'c                |          |                               |             |                        |
|                | 28            | P7-P    | 15.15         | 13.40     | 30.00     | 180.18                  | 40420                             | 224.33                  |                    | 223.32   | 100%- 120%                    | 106.34%     |                        |
|                |               | P8-P    | 15.10         | 13.45     | 30.00     | 180.00                  | 40460                             | 224.78                  | 210 kg/cm2         |          |                               |             |                        |
|                |               | P9-P    | 15.18         | 13.45     | 30.00     | 180.90                  | 39950                             | 220.84                  |                    |          |                               |             |                        |

Fuente: Elaboración propia

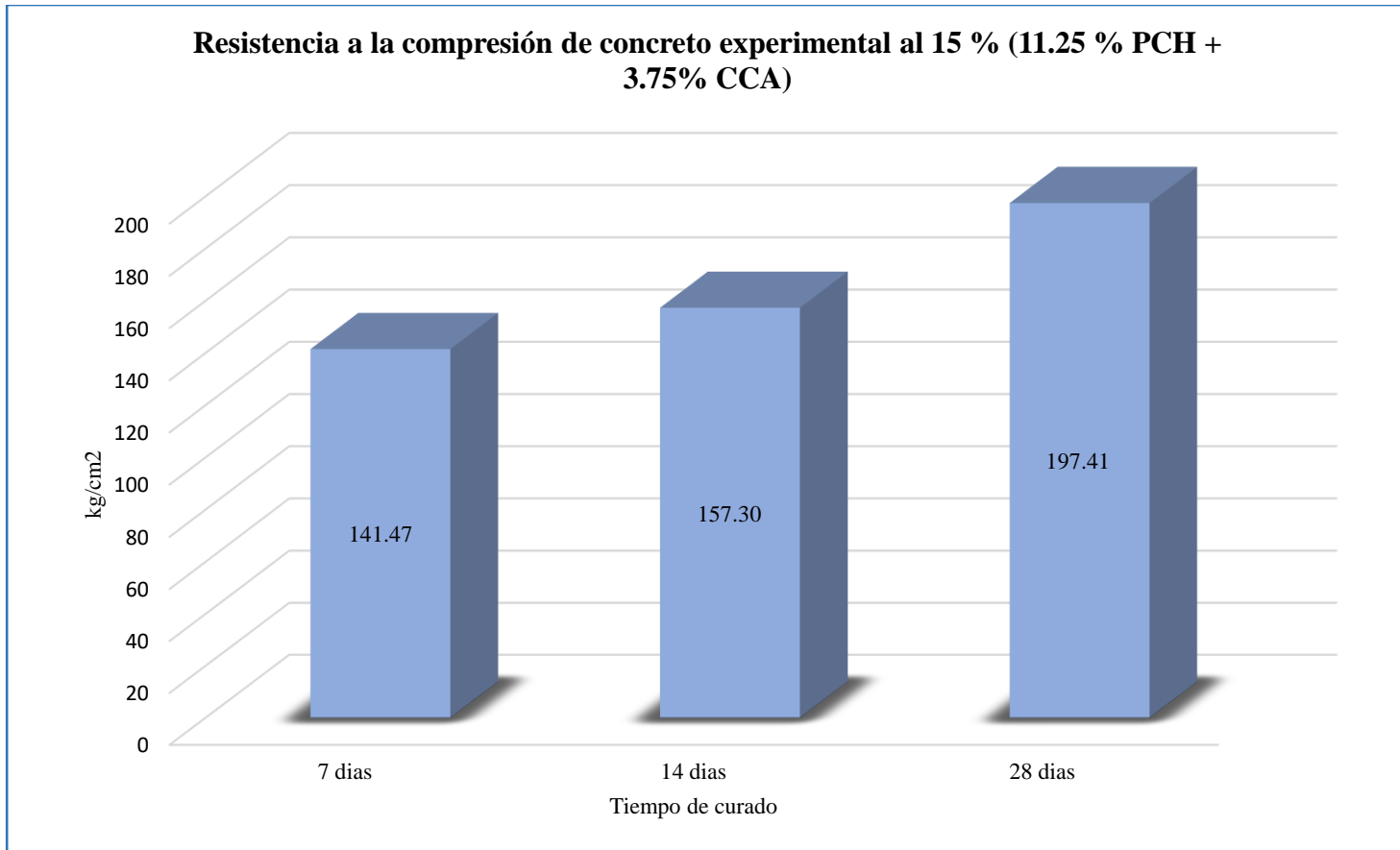


**Figura 9.** Resistencia a la compresión de concreto patrón

**Tabla 27.** Resistencia a la compresión de concreto experimental al 15 % (11.25% PCH + 3.75%CCA)

| Dosificación con 85 % de Cemento + 11.25 % PCH + 3.75 % CCA |               |                  |               |           |           |                         |                      |                                |                                      |                      |
|---|---------------|------------------|---------------|-----------|-----------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 1.0 0.13 0.04 3.33 3.68 a/c=0.62                            |               |                  |               |           |           |                         |                      |                                |                                      |                      |
| MUESTRA   | Curado (días) | Probeta (código) | Diámetro (cm) | Peso (kg) | Alto (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga aplicada (kgf) | $\alpha$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\alpha$ prom. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Resistencia obtenida |
| PROBETA Ex<br>– 15%   | 7             | P1-Ex1           | 15.15         | 13.30     | 30.00     | 180.18                  | 25590                | 142.02                         | 141.47                               | 67.37%               |
|   |               | P2-Ex1           | 15.20         | 13.40     | 30.00     | 181.37                  | 26160                | 144.23                         |                                      |                      |
|   |               | P3-Ex1           | 15.13         | 13.35     | 30.00     | 179.70                  | 24830                | 138.17                         |                                      |                      |
|   |               | P4-Ex1           | 15.10         | 13.40     | 30.00     | 180.00                  | 26500                | 147.22                         |                                      |                      |
|   | 14            | P5-Ex1           | 15.20         | 13.30     | 30.00     | 181.37                  | 29390                | 162.04                         | 157.30                               | 74.90%               |
|   |               | P6-Ex1           | 15.20         | 13.45     | 30.00     | 181.37                  | 29500                | 162.65                         |                                      |                      |
|   | 28            | P7-Ex1           | 15.10         | 13.45     | 30.00     | 180.00                  | 34730                | 192.94                         | 197.41                               | 94.00%               |
|   |               | P8-Ex1           | 15.10         | 13.35     | 30.00     | 180.00                  | 34240                | 190.22                         |                                      |                      |
|   |               | P9-Ex1           | 15.20         | 13.30     | 30.00     | 181.37                  | 37920                | 209.07                         |                                      |                      |

Fuente: Elaboración propia

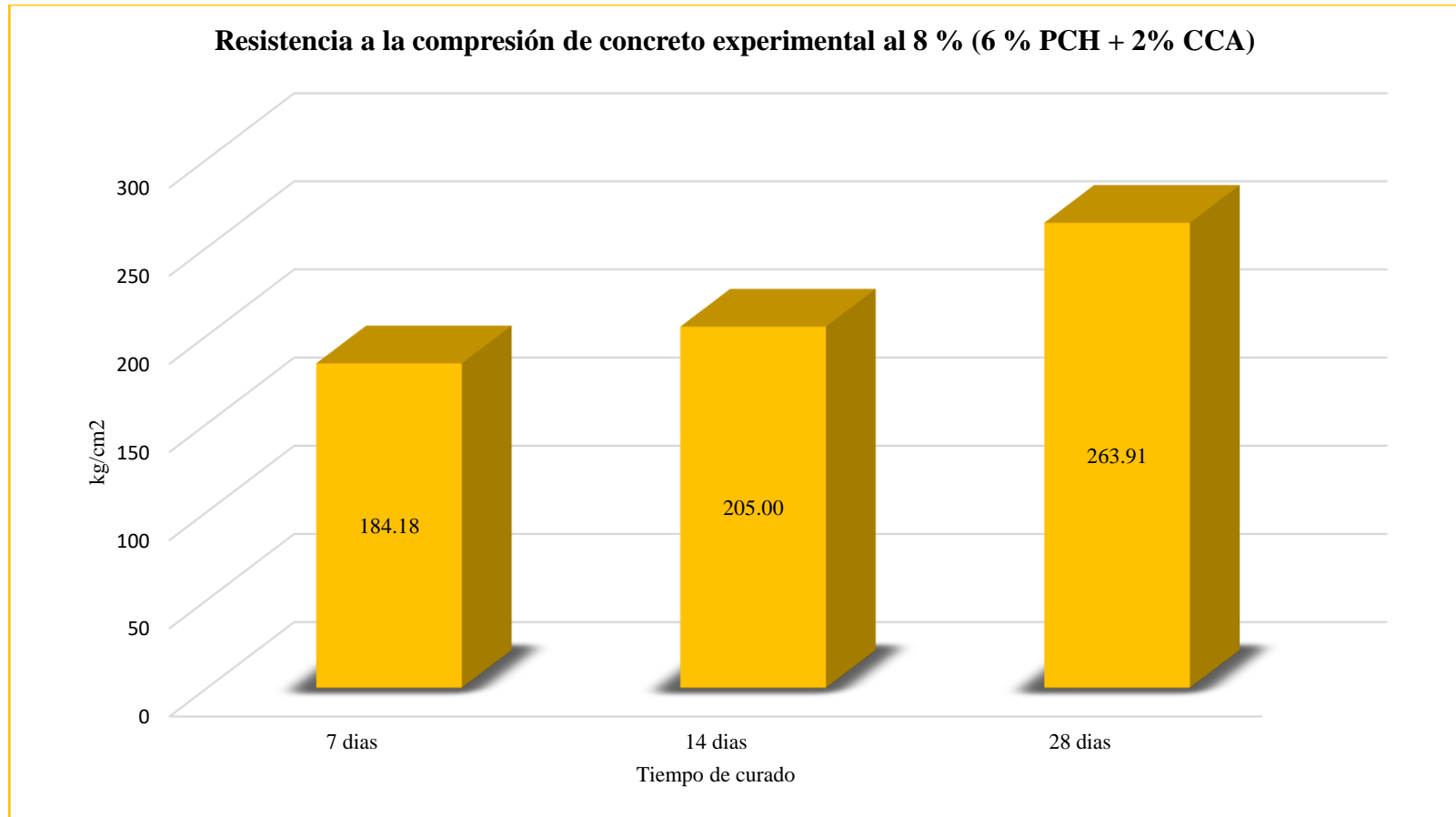


**Figura 10.** Resistencia a la compresión de concreto experimental al 15 % (11.25 % PCH + 3.75% CCA)

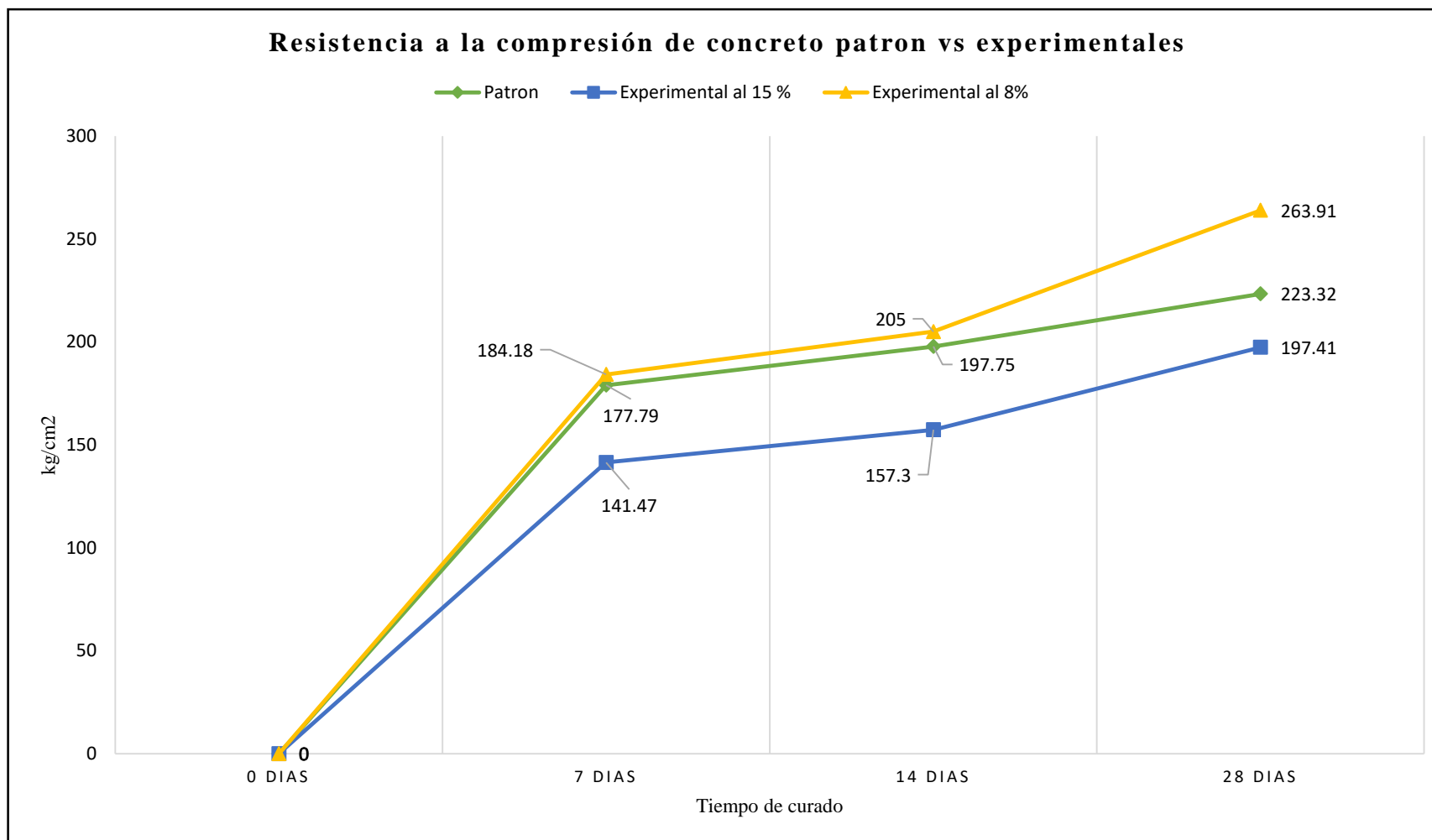
**Tabla 28.** Resistencia a la compresión de concreto experimental al 8 % (6 % PCH + 2 % CCA)

| Dosificación con 92 % de Cemento + 6 % PCH + 2 % CCA |               |                  |               |           |           |                         |                      |                                |                                      |                      |
|--|---------------|------------------|---------------|-----------|-----------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 1.0 0.07 0.02 2.87 3.40 a/c=0.61                     |               |                  |               |           |           |                         |                      |                                |                                      |                      |
| MUESTRA  | Curado (días) | Probeta (código) | Diámetro (cm) | Peso (kg) | Alto (cm) | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga aplicada (kgf) | $\alpha$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $\alpha$ prom. (kg/cm <sup>2</sup> ) | Resistencia obtenida |
| PROBETA Ex – 8%                                      | 7             | P1-Ex2           | 15.18         | 13.50     | 30.00     | 180.89                  | 33620                | 185.86                         | 184.18                               | 87.71%               |
|  |               | P2-Ex2           | 15.15         | 13.45     | 30.00     | 180.18                  | 33110                | 183.76                         |                                      |                      |
|  |               | P3-Ex2           | 15.15         | 13.45     | 30.00     | 180.18                  | 32960                | 182.93                         |                                      |                      |
|  | 14            | P4-Ex2           | 15.10         | 13.55     | 30.00     | 180.00                  | 36790                | 204.39                         | 205.00                               | 97.62%               |
|  |               | P5-Ex2           | 15.20         | 13.50     | 30.00     | 181.37                  | 37830                | 208.58                         |                                      |                      |
|  |               | P6-Ex2           | 15.10         | 13.55     | 30.00     | 180.00                  | 36360                | 202.00                         |                                      |                      |
|  | 28            | P7-Ex2           | 15.15         | 13.45     | 30.00     | 180.18                  | 47250                | 262.24                         | 263.91                               | 125.67%              |
|  |               | P8-Ex2           | 15.10         | 13.50     | 30.00     | 180.00                  | 46490                | 258.28                         |                                      |                      |
|  |               |                  | P9-Ex2        | 15.20     | 13.55     | 30.00                   | 181.37               | 49190                          | 271.21                               |                      |

Fuente: Elaboración propia

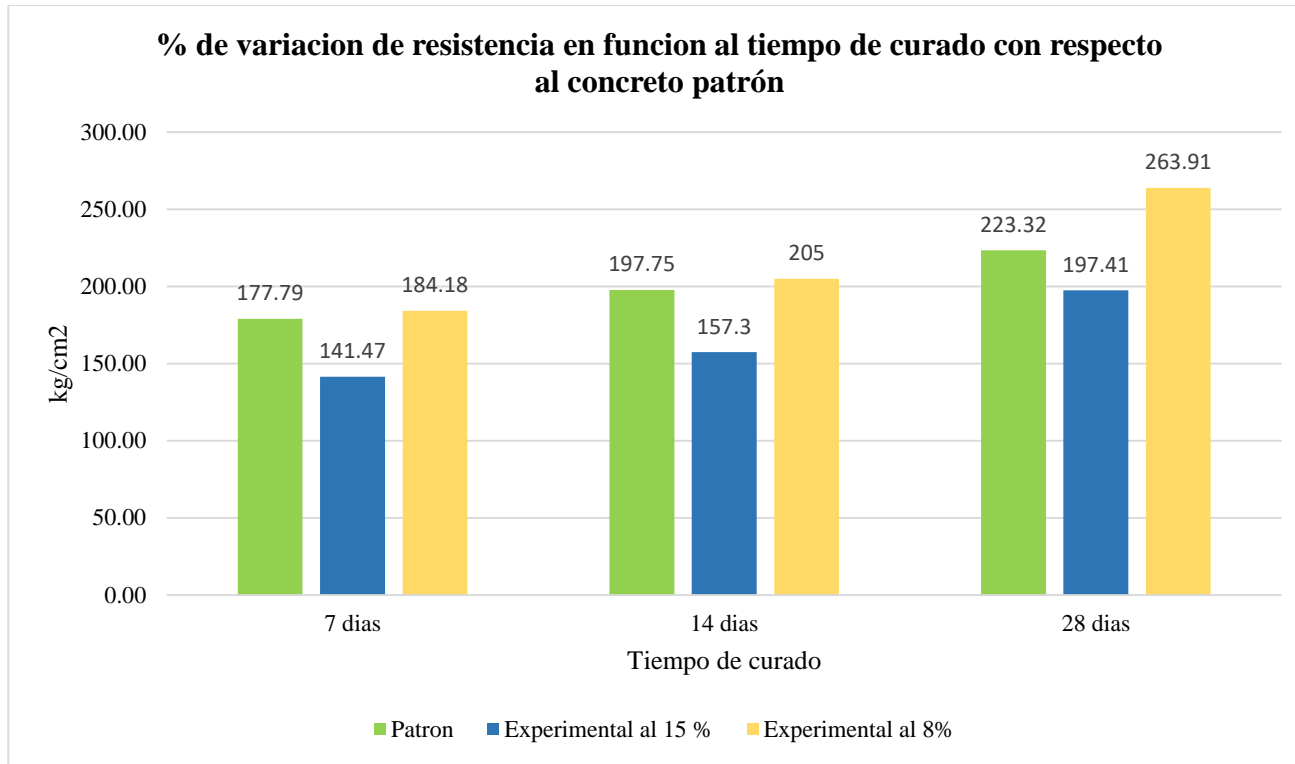


**Figura 11.** Resistencia a la compresión de concreto experimental al 8 % (6 % PCH + 2% CCA)



**Figura 12.** Resistencia a la compresión de concreto patrón vs experimentales





**Figura 13.** % de variación de resistencia a la compresión en función al tiempo de curado con respecto al concreto patrón

#### IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN

##### Temperatura de calcinación

Análisis térmico diferencial de la cáscara de arroz, considerando la curva de análisis termogravimétrico de la cáscara de arroz, dicha curva representa la pérdida de masa del material con respecto a la temperatura. Inicialmente se puede observar una pérdida de masa inicial a en un rango de temperaturas de 80C°- 120C°, esto es debido a la deshidratación de agua libre y la eliminación de agua absorbida en los poros, y la segunda pérdida de masa se manifiesta en el rango de 260 – 350C°. Considerando la curva calorimétrica DSC, la cual representa la absorción o liberación de energía en función de la temperatura. Dicha curva muestra que a la temperatura de 100C°, muestra un pico endotérmico la cual es debido al esfuerzo de liberar el agua unida débilmente en la muestra de la cáscara de arroz. y el segundo pico es a los 220C° de temperatura la cual indica la liberación de agua fuertemente unida. El pico más importante es la siguiente, que es a 420°C donde dicho pico se produce debido deshidroxilación e induciendo la amorfización de la estructura reticular, donde comienza a transformarse que lo conduce a la reorganización de los átomos de Silicio, esta temperatura es aproximada a los resultados de 430°C que obtuvo Saldaña (2018), donde especifica que la pérdida de masa por calcinación es de 53%; por otro lado, se tomó como tiempo de residencia de unas 2 horas según, Saldaña (2018).

##### Composición Química

La composición Química de CCA por el ensayo de fluorescencia de Rayos x, se aprecia que está gobernado por el Óxido de Silicio ( $\text{SiO}_2 = 82.80\%$ ), Oxido de Potasio ( $\text{K}_2\text{O} = 9.94\%$ ), Oxido de Aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.73$ ). Considerando los componentes de  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , la cual la suma da un valor de 94.47 %, se puede afirmar que es un material altamente puzolánico, ya que la Norma del (ASTM C618, 2003), especifica que si dichos componentes son mayores del

70% entonces estaríamos con una puzolana de tipo N; mientras que (Saldaña, 2018), encontró  $\text{SiO}_2 = 90.433\%$  según su porcentaje de masa en la CCA calcinada a  $430^\circ\text{C}$  por un tiempo de residencia de 2 horas, el incremento de silicio se debe a la diferencia de temperatura de calcinación, por otro lado (Saldaña, 2018), solo encontró  $\text{K}_2\text{O} = 4.054\%$ , este incremento en el  $\text{K}_2\text{O}$  se debe a la cantidad de uso de pesticidas por aparición de plagas, por lo general esta diferencia de  $\text{K}_2\text{O}$  no afectara al concreto ya que su presencia es baja. Se hace referencia en la siguiente tabla, la comparación entre la composición química de tesis anteriores frente a la actual.

La composición química de PCH, indica que contiene en abundancia al  $\text{CaO} = 96.74\%$ , donde existe una diferencia de  $8.45\%$  con el porcentaje de  $\text{CaO} = 88.287\%$  según los resultados de (Matías, 2018) y una diferencia de  $4.865\%$  con los resultados de  $\text{CaO} = 91.875\%$  de (Saldaña, 2018); se obtuvieron resultados muy similares pero la presente investigación contiene los resultados más altos y esto se debe al minucioso lavado y extracción de las membranas de las cáscaras de huevo, De acuerdo a estos resultados, al hacer una mezcla en relación 3:1 se producirá un material cementante parecido al cemento en su composición química, ya que la CCA por ser un material puzolánico reaccionara con el calcio que contiene el polvo de cáscara de huevo, para formar un compuesto hidráulico parecido a lo que genera el cemento.

#### Potencial de Hidrogeno

El análisis de pH de la CCA, PCH, combinación de  $85\%$  de cemento +  $11.25\%$  PCH +  $3.75\%$  CCA, combinación de  $92\%$  de cemento +  $6\%$  PCH +  $2\%$  CCA, se obtuvo resultados que muestran ser material alcalino en todas las muestras ensayadas, ya que las combinaciones de ambos experimentales dan un valor de pH muy parecido al pH del cemento tipo I, y estos resultados vienen a ser favorables porque indica que son materiales solubles al estar en el agua y no

modificara el proceso de hidratación, por otro lado, si el resultado de pH era por debajo de 7 el material sería ácido y esto afectaría al concreto produciendo salitre.

#### Peso específico

Con respecto al peso específico de la CCA (2.46 gr/cm<sup>3</sup>) y el PCH (2.78 gr/cm<sup>3</sup>) se concluye que estos materiales cementantes tienen un peso específico menor al cemento por lo que se necesitara un mayor volumen al reemplazar el cemento con respecto al peso, para la mezcla de los concretos experimentales. Esto se ve reflejado al promediar los pesos de las probetas, ya que al sustituir al cemento en 15 %, su peso es 4% menor con respecto al patrón; y al sustituir en 8 % su peso es 2.73% menor con respecto al patrón.

#### Relación agua – cemento

Para el concreto patrón se elaboró el Slump dando un valor de 3.5” por lo que no fue necesario alterar la relación a/c del diseño de mezcla. Para el experimental (15%) se tomó en cuenta el peso específico del nuevo cemento para el diseño de mezcla experimental y se corrigió la relación agua /cemento al elaborar el ensayo de cono de Abrams, aumentando 0.14 lt por probeta dando una relación a/c de 0.64 y al elaborar el Slump se obtuvo un valor de 3.4” que está en el rango establecido de 3 a 4””; también se tomó en cuenta el peso específico del nuevo cemento experimental al 8 % para el diseño de mezcla dando una relación a/c de 0.63, donde se aumentó 0.10 lt de agua por probeta y al elaborar el Slump se obtuvo un valor de 3.4” que está en el rango establecido obteniendo un concreto con una trabajabilidad adecuada; en esta investigación se confirma lo expuesto por (Saldaña, 2018), que especifico que la combinación de CCA y PCH disminuyeron la consistencia del concreto, indicando que se aumentó la cantidad de agua necesaria para una buena trabajabilidad, el incremento de agua absorbida se debe a la forma amorfa de la

CCA y a la finura que posee, ya que se tamizó por el tamiz N° 200, mientras que el cemento portland tipo I, es fabricado con una finura pasante al Tamiz N° 325.

#### Resistencia a la compresión

El concreto patrón muestra una resistencia optima dentro de los porcentajes establecidos según la norma ACI ya que a los 7 días de curado se alcanzó un valor promedio de 178.95 kg/cm<sup>2</sup> y sostuvo un crecimiento aceptable manteniendo una pendiente de crecimiento estable hasta los 28 días de curado donde alcanzó un valor promedio de 223.32 kg/cm<sup>2</sup>.

El concreto experimental de (15%) a los 7 días de curado, muestra una baja resistencia de 141.37 kg/cm<sup>2</sup> y con el tiempo de fraguado hasta los 28 días con una pendiente de crecimiento estable alcanzó un valor promedio de 197.41 kg/cm<sup>2</sup>; teniendo una diferencia inferior de 11.60 % con respecto al concreto patrón. La baja resistencia en este primer experimental fue influenciada por el efecto de la relación agua cemento (a/c) que al ser mayor hace que las partículas estén más separadas por el agua y cuando se da reacción química, ya la reacción física no es tan efectiva, ya los cristales de silicato de calcio hidratado (S-C-H) tiene que aumentar o crecer para enredar los agregados (arena y piedra) y así ser más denso. Esto se debe al potasio que contiene la CCA, que es un componente químico absorbente de agua.

Con respecto al concreto experimental de (8%) a los 7 días de curado, muestra una resistencia de 184.18 kg/cm<sup>2</sup> que con el tiempo de fraguado a los 28 días se eleva mucho más que la pendiente de crecimiento del concreto patrón, dando como valor 263.91 kg/cm<sup>2</sup>, superando al concreto patrón en 18.18%; esto es debido a la reacción puzolánica de la CCA con el hidróxido de calcio del PCH y también del cemento, que generan el silicato de calcio hidratado (S-C-H), ya que según el trabajo de (Dullah, Ayog, & Amaludin, 2016) se reporta que a 7 días de curado la reacción puzolánica no se manifiesta, ya que el efecto puzolánico se da a los 14 - 21 días. Por lo que se

puede afirmar que la combinación de CCA y PCH en relación 1:3 y sustitución no mayor al 8% actúa como un conglomerante de alta resistencia.

Haciendo un análisis de comparación entre sustitución al 15 % y 8 %, se obtuvo mayor resistencia en la sustitución del 8 % de cemento, ya que al quitar un mayor porcentaje al cemento, menor será nuestra resistencia ya que el cemento es un material altamente procesado que contiene una combinación de químicos esenciales que reaccionan excelentemente al contacto con el agua, es por eso que no se puede reemplazar fácilmente al cemento, porque algunos materiales como la CCA absorbe más agua y esto reduce la resistencia de un concreto. Las resistencias a la compresión resultantes de este trabajo investigativo reportan semejanzas con otros autores, por lo que se puede deducir que sí es factible implementar las prácticas de elaboración y producción de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con cáscara de huevo y cenizas de cáscara de arroz, tanto en el ámbito local y regional, y posiblemente a nivel mundial, siempre y cuando se establezca rigurosamente los análisis de las características de los materiales empleados.

## V. CONCLUSIONES

- La temperatura de calcinación de la cáscara de arroz para transformarse en óxidos es de 420°C por un tiempo de residencia de 2 horas.
- Se determinó que la CCA contiene  $\text{SiO}_2 = 82.80\%$  y el PCH contiene  $\text{CaO} = 96.74\%$ ; que al ser mezclados forman un material cementante parecido al cemento portland Tipo I, por sus componentes químicos puzolánicos.
- El potencial de hidrogeno del cemento es 13.11, de CCA es 10.85, el PCH es 10.78, la combinación de (85% cemento + 11.25%PCH + 3.75% CCA) es 13.03, la combinación de (92% de cemento + 6% PCH + 2% CCA) es 13.03; concluyendo que las combinaciones tienen un valor de ph muy cercano al cemento, por lo que son materiales alcalinos y no alteran la hidratación del concreto.
- El peso específico del PCH (2.78 gr/cm<sup>3</sup>) y CCA (2.46 gr/cm<sup>3</sup>) son menores al peso específico del cemento (3.08 gr/cm<sup>3</sup>) por lo que se genera una mayor cantidad de material con respecto al volumen para las mezclas de concreto experimental.
- La relación agua – cemento del concreto patrón y experimentales son un factor importante para el adecuado diseño de mezcla, consistencia y trabajabilidad; considerando un Slump de 3'' a 4''. Donde se obtuvo una relación a/c de 0.64 en la sustitución del 15 % y 0.63 en la sustitución del 8%.
- Las resistencias a la compresión fueron aumentando proporcionalmente dependiendo de los días de curado, donde el concreto patrón a los 28 días de curado obtuvo una resistencia de 223.32 kg/cm<sup>2</sup>, el diseño experimental al 8 % obtuvo las mejores prestaciones alcanzando una resistencia promedio de 263.91 kg/cm<sup>2</sup> cumpliendo con lo esperado y superando así en 18.18%

al concreto patrón; por otro lado, el diseño experimental obtuvo una resistencia inferior alcanzando  $197.41 \text{ kg/cm}^2$

- Se concluye que al reemplazar al cemento por un porcentaje cercano al 8 % se obtiene mayores resultados de resistencia a la compresión, esto es debido a que el cemento por ser un material altamente procesado y estudiado, tiene composiciones químicas esenciales que no pueden ser reemplazadas en mayor cantidad ya que altera su reacción puzolánica y disminuye su resistencia.



## VII. RECOMENDACIONES

- Evaluar como eliminar el contenido de potasio en la ceniza de cáscara de arroz, mediante un proceso mecánico o químico, por motivo que este componente químico afecta la durabilidad del concreto a largo plazo.
- Calcinar la cáscara de huevo y evaluar su comportamiento con el concreto, ya que puede mejorar su composición química y mecánica para tener una reacción más eficaz con el concreto.
- Se recomienda que las relaciones agua – cemento mantengan el Slump de consistencia plástica para los diseños patrón y experimentales, ya que esto favorece a tener una mejor resistencia.
- Se recomienda analizar el comportamiento de las mezclas con CCA y PCH a edades superiores a los 28 días, pues la actividad puzolánica típicamente requiere mayor tiempo de curado para su desarrollo.
- Evaluar el uso de la cáscara de arroz y cáscara de huevo en otros tipos de elementos del concreto, como el concreto hidráulico y estructural, motivando así la preservación de recursos naturales con un ahorro económico y energético

## **VIII. AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi asesor de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad San Pedro, por el apoyo brindado durante la realización de esta investigación, por sus valiosas enseñanzas que me conllevaran a ser un mejor profesional

A las instituciones como: COLECBI; LABICER, Universidad Nacional de Ingeniería y la Universidad Nacional de Trujillo, por brindarme la accesibilidad a diferentes estudios necesarios para un mejor resultado

A Dios por su bondad porque me guía para cumplir con todas mis metas, a mis padres, por la confianza brindada en todos estos años de estudio y a mis hermanos porque son mi motivación para seguir adelante y ser un ejemplo para ellos

**León Jara Miguel Augusto**

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, D. W. (2017). *Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas del concreto dosificado con cemento “nacional” comparado con el concreto dosificado con cemento “sol. Lima , Perú* [Tesis de Titulación, Universidadde San Martin de Porres]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/usmp/3014>
- Aliaga, M. J. y Badajos, Q. D. (2018). *Adicion de cenizas de cascarilla de arroz para el diseño de concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , Atalaya, Ucayali - 2018. Lima.* [Tesis de Titulación, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34374>
- Aranda, C. A. (2018). *Resistencia a flexion en vigas de concreto al sustituir en un 5% el cemento por cenizas de ichu (Stipa Ichu).* Huaraz. [Tesis de Titulación, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7997>
- Arenas, B. C. (2016). *Estudio comparativo de métodos vía clásica y vía instrumental (ri y drx) para la determinación del contenido de puzolana en cementos con adicion”.* Arequipa , Perú. [Tesis de Bachiller, universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3270>
- Codina, R. R. (2018). *Resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con agregado fino sustituido en 5% y 10% por vidrio molido reciclado.* Huaraz, Perú. [Tesis de Titulación, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional <http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/usmp/3014>

- Demera, C. S., y Romero, R. B. (2018). *Evaluación del uso de los residuos de cascarilla de arroz (Oryza sativa L.) Como agregado en bloques para la construcción* . Manabi ; Ecuador. [Tesis de Bachiller, Esucela Superior Politecnica Agropecuaria de Manbí Felix Lopez]. Repositorio Institucional <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/807>
- Dullah, S., Ayog, J. L., y Amaludín, A. (2016). Mechanical Properties of Concrete Using Eggshell powder and Ash Rice Husk Ash As Partial. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710301002>
- FAO. (2018). *Seguimiento del mercado del arroz de la fao*. <http://www.fao.org/economic/est/publicaciones/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>
- Florez, A. A. (2017). *Estudio de un concreto fluídico de  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup> con superplastificante para estructuras en la ciudad de jaén*. Cajamarca; Perú. [Tesis de Titulacion, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1055>
- Gamarra, O. G. y Rengifo, R. A. (2015). *Uso del agua en los proyectos de Ingeniería*. Perú. [Tesis de Titulacion, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/509/Gamarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tello, S. F. Ortiz, P.D. Y Servan, H.R. (2014). *Estudio de prefactibilidad para la instalacion de una planta para obtener bioetanol a partir de residuos lignocelulosicos - cascaras de arroz* . Loreto. [Tesis de Titulacion, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. Repositorio Institucional

[http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3671/Ricardo\\_Tesis\\_Titulo\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3671/Ricardo_Tesis_Titulo_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Intos, V. C. (2015). *Resistencia a la compresion del concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con fibras de polipropileno*. Cajamarca. [Tesis de Titulacion, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1537>

Jaime, H. M., y Portocarrero, R. L. (2018). *Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, trujillo, Perú 2018*. [Tesis de Titulación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13593/Jaime%20Huertas%20Miguel%20Angel%20-%20Portocarrero%20Regalado%20Luis%20Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Juarez, N. (2010). *Uso de la cascarilla de arroz*. []. Repositorio Institucional

Lopez Murillo, M. (2008). *Analisis granulometrico del agregado fino global*. Jose 2008. []. Repositorio Institucional

Mafla, B. A. (2009). *Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construccion*. <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/47/46>

Matias, Q. S. (2018). *Resistencia de un concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinacion de cascara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto*. huaraz. [Tesis de Titulación, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/8015>

- Mendez, R. (2009). *Diseño de tejas prefabricadas de bajo coste que incorporan residuos industriales de caracter puzulanico para uso en paises en vias de desarrollo. Aplicacion al caso de cali* . []. Repositorio Institucional
- MINAGRI. (2018). *Cadena alimentaria del arroz*. <http://minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/26-sector-agrario/arroz/225-la-cadena-alimentaria-del-arroz>
- Mohamed, A. M. Dinesh, K. M. Milan, C . J. Y Vani,G. (2016). Replacement of Cement using Eggshell Powder. *SSRG International Journal of civil Engineering*. <http://www.internationaljournalsrsg.org/IJCE/2016/Volume3-Issue3/IJCE-V3I3P101.pdf>
- Montero, T. A. Yepez, F. (2017). *Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricacion de hormigones convencionales en Ecuador*. Quito. [Tesis de Titulación , Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio Institucional <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6412>
- Olarte, B. Z. (2017). *Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construccion de obras civiles*. Abancay; Apurimac. [Tesis de Titulación, Universidad Tecnologica de los andes]. Repositorio Institucional <http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/100/Tesis-Estudio%20de%20la%20calidad%20de%20los%20agregados%20de%20las%20principales%20canteras%20de%20la%20ciudad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paredes, A. (2019). *Resistencia a la compresion de un concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>adicionando cenizas de cáscara de arroz y conchas de abanico*. chimbote. [Tesis de Titulación , Universidad San Pedro ]. Repositorio Institucional

[http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/11414/Tesis\\_61994.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/11414/Tesis_61994.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Prada, A. Y Cortes, C. (2010). La desconposicion termica de la cascarilla de arroz: Una alternativa de aprovechamiento Integral. *Orinoquia*.

<http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v14s1/v14s1a13.pdf>

Reiban, D. (2017). *Evaluacion experimental de las características mecánicas de matrices cementicias con adición de cascara de huevo pulverizado deshidratado y sus aplicaciones en la arquitectura*. Loja - Ecuador. []. Repositorio Institucional

Rios, I. M. (2017). *Evaluacion de la resistencia de concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de cascara de huevo*. Huaraz. [Tesis de Titulación, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/1508>

Saldaña, C. J. (2018). *Resistencia a la compresion y permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cascara de huevo y ceniza de cascara de arroz*. Chimbote. [Tesis de Titulación, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/8028>

Sencico. (2009). Norma e060 concreto armado. <https://www.gob.pe/sencico>

Terrenos, R. L.Y Carvajal, C. I. (2016). *Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo*. Bogota. [Tesis de Titulación, Universidad Catolica de Colombia]. Repositorio Institucional

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/6831/4/TESIS->

[AN%C3%81LISIS%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20MEC%C3%81NICAS%20](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/6831/4/AN%C3%81LISIS%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20MEC%C3%81NICAS%20)

DE%20UN%20CONCRETO%20CONVENCIONAL%20ADICIONANDO%20FIBRA  
%20DE%20C%3%81%3%91A.pdf

Valdes, F. J. Jesus, V. E . Y Alejandro , V. M. (2009). *La cascara de huevo, BIONAT centro de investigacion de Bioelementos Naturales CUBA*. [Seminario Internacional sobre Nutrición del Huevo ].

<http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5393/CONFERENCIA%20INVESTIGACION%20Y%20APLIC.%20CASCARA%20DE%20HUEVO-2.pdf>

Yrupailla, M. C. (2010). *Uso de la cascara de arroz como fuente de energia en la fabricacion de ladrillos ceramicos*. [Tesis de Titulación, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/6021>

Zuñiga, Q. M. Condori, C. Y. (2019). *Influencia de adiciones de Microsilice en la Resistencia a la compresion del concreto producido con agregados de la cantera de Arunta de la ciudad de Tacna*. Tacna. [Tesis de Titulación , Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional <http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/918/1/Z%C3%BA%C3%B1iga-Quenta-Condori-Chata.pdf>



## X. ANEXOS



**Figura 14.** *Proceso de obtención de muestra de cáscara de arroz para ensayo de ATD*



**Figura 15.** Equipo Analizador térmico simultaneo TG\_DTA\_DSC - Laboratorio de polímeros - UNT



**Figura 16.** Pre calcinado de cáscara de arroz y calcinación a 420°C en laboratorio de cerámicos –UNT



**Figura 17.** *Pulverización de la cáscara de huevo*



**Figura 18.** Muestra de 20 gr de Ceniza de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo para ensayo de Fluorescencia de Rayos X



**Figura 19.** Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva, SHIMADZU, EDX 800HS. – Laboratorio LABICER - UNI



**Figura 20.** Imagen 7. Peso específico de CCA, PCH y combinaciones



**Figura 21.** Obtención de los agregados – Cantera Rubén – CHIMBOTE



**Figura 22.** Granulometría de los agregados



**Figura 23.** *Peso unitario suelto y compactado de los agregados*



**Figura 24.** Gravedad específica y absorción de los agregados





**Figura 25.** *Elaboración de concreto patrón*



**Figura 26.** *Elaboración de concreto experimental al 15%*



**Figura 27.** *Elaboración de concreto experimental al 8%*



**Figura 28.** *Ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado*



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**“COLECBI” S.A.C.**

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

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO N° 20200211-005**

Pág. 1 de 1

|   |  |
|---|--|
| SOLICITADO POR                              | : LEON JARA MIGUEL.                              |
| DIRECCIÓN                                   | : Pueblo Joven 2 De Mayo Mz. 27 Lote 16 Chimbote |
| NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE             | : NO APLICA                                      |
| PRODUCTO DECLARADO                          | : ABAJO INDICADO                                 |
| LUGAR DE MUESTREO                           | : NO APLICA                                      |
| MÉTODO DE MUESTREO                          | : NO APLICA                                      |
| PLAN DE MUESTREO                            | : NO APLICA                                      |
| CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO | : NO APLICA                                      |
| FECHA DE MUESTREO                           | : NO APLICA                                      |
| CANTIDAD DE MUESTRA                         | : 05 muestras                                    |
| PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA                  | : En bolsa de polietileno, cerrada.              |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA                     | : En buen estado.                                |
| FECHA DE RECEPCIÓN                          | : 2020-02-11                                     |
| FECHA DE INICIO DEL ENSAYO                  | : 2020-02-11                                     |
| FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO                 | : 2020-02-12                                     |
| LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS              | : Laboratorio Fisico Químico.                    |
| CÓDIGO COLECBI                              | : SS 200211-5                                    |

**RESULTADOS**

| MUESTRAS  | ENSAYO |
|---|--------|
|   | pH     |
| CEMENTO TIPO I  | 13,11  |
| POLVO DE CASCARA DE HUEVO   | 10,78  |
| CENIZA DE CASCARA DE ARROZ  | 10,85  |
| COMBINACION DE 86% DE CEMENTO TIPO I + 11,25% DE POLVO DE CASCARA DE HUEVO + 3,75% DE CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ | 13,03  |
| COMBINACION DE 92% DE CEMENTO TIPO I + 6% DE POLVO DE CASCARA DE HUEVO + 2% DE CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ        | 13,03  |

**METODOLOGIA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras: Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ( )
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dimensión por su perechibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: SI ( ) NO (X )
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Febrero 13 del 2020.  
GVR/jms

LC-MP-HRE  
Rev. 05  
Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 329  
COLECBI S.A.C.

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

FIN DEL INFORME

**COLECBI S.A.C.**

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

**INFORME TÉCNICO N° 0219 - 20 - LABICER**

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : LEÓN JARA MIGUEL AUGUSTO
  - 1.2 DNI : 78668991
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 / 02 / 2020
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 17 / 02 / 2020
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 18 / 02 / 2020
3. ANÁLISIS SOLICITADO : COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE DEL ENSAYO
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
  - 4.2 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F' C = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ Y POLVO DE CASCARA DE HUEVO
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.1 °C; Humedad relativa: 65%
7. EQUIPOS UTILIZADOS : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X de Tipo Dispersiva. SHIMADZU, EDX 800HS.
8. RESULTADOS
- 8.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL



| ELEMENTO      | RESULTADO (%) | MÉTODO UTILIZADO  |
|---------------|---------------|---|
| Silicio, Si   | 84,05         | Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X <sup>(1)</sup> |
| Aluminio, Al  | 0,84          |   |
| Potasio, K    | 5,20          |   |
| Hierro, Fe    | 3,49          |   |
| Azufre, S     | 2,59          |   |
| Calcio, Ca    | 1,94          |   |
| Fósforo, P    | 0,97          |   |
| Titanio, Ti   | 0,61          |   |
| Manganeso, Mn | 0,28          |   |
| Cobre, Cu     | 0,04          |   |

<sup>(1)</sup>Resultados del análisis elemental por espectrometría de fluorescencia de rayos X (Barrido del sodio al uranio).

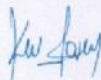
8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

| COMPUESTO   | RESULTADO (%) | MÉTODO UTILIZADO  |
|---|---------------|---|
| Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>                | 82,80         | Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X <sup>(1)</sup> |
| Óxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,73          |   |
| Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O                | 9,94          |   |
| Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 2,91          |   |
| Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 1,02          |   |
| Óxido de calcio, CaO                              | 0,83          |   |
| Óxido de titanio, TiO <sub>2</sub>                | 0,35          |   |
| Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>                  | 0,22          |   |
| Óxido de manganeso, MnO                           | 0,20          |   |
| Óxido de cobre, CuO                               | 0,02          |   |

<sup>(1)</sup> Balance de resultados de óxidos calculados del análisis elemental.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

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



Bach. Kevin Sulca  
Analista  
LABICER - UNI



M. Cecilia Acha de la Cruz  
Jefe de Laboratorio  
Firmado por:  
Ing. Sebastián Lazo Ochoa  
CIP 74236

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

ANEXO



Figura 1. Muestra de cenizas de cascara de arroz.



Figura 2. Equipo de Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X.





**INFORME TÉCNICO N° 0218 – 20 – LABICER**

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : LEÓN JARA MIGUEL AUGUSTO
  - 1.2 DNI : 76668991
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 / 02 / 2020
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 17 / 02 / 2020
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 18 / 02 / 2020
3. ANÁLISIS SOLICITADO : COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE DEL ENSAYO
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE POLVO DE CASCARA DE HUEVO
  - 4.2 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F' C' = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ Y POLVO DE CASCARA DE HUEVO
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.1 °C; Humedad relativa: 65%
7. EQUIPOS UTILIZADOS : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X de energía Dispersiva. SHIMADZU, EDX 800HS.
8. RESULTADOS
- 8.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

| ELEMENTO   | RESULTADO (%) | MÉTODO UTILIZADO  |
|------------|---------------|---|
| Calcio, Ca | 98,95         | Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X <sup>(1)</sup> |
| Potasio, K | 0,50          |   |
| Azufre, S  | 0,37          |   |
| Fósforo, P | 0,11          |   |
| Hierro, Fe | 0,08          |   |

<sup>(1)</sup>Resultados del análisis elemental por espectrometría de fluorescencia de rayos X (Barido del sodio al uranio).

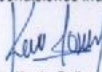
8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

| COMPUESTO                                       | RESULTADO (%) | MÉTODO UTILIZADO  |
|---|---------------|---|
| Óxido de calcio, CaO                            | 96,74         | Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X <sup>(1)</sup> |
| Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O              | 2,71          |   |
| Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0,32          |   |
| Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,13          |   |
| Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>                | 0,09          |   |


<sup>(1)</sup>Balance de resultados de óxidos calculados del análisis elemental.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

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

  
 Bach. Kevin Sulca  
 Analista  
 LABICER -UNI



  
 Otilia Acha de la Cruz  
 Jefe de Laboratorio  
 Firmado por:  
 Ing. Sebastián Lazo Ochoa  
 CIP 74236

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

ANEXO

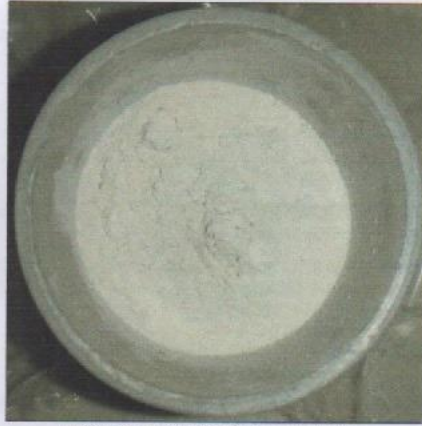


Figura 1. Muestra de cascara de huevo.



Figura 2. Equipo de Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X.



Trujillo, 03 de febrero del 2020

**INFORME N° 26 - FEB-20**

**Solicitante:** León Jara Miguel Augusto – Universidad San Pedro

**RUC/DNI:** .....

**Supervisor:** .....

**1. MUESTRA:** Cáscara de arroz (1.0 gr)

| N° de Muestras | Código de Muestra | Cantidad de muestra ensayada | Procedencia |
|----------------|-------------------|------------------------------|-------------|
| 1              | CA-26F            | 10 mg                        | .....       |

**2. ENSAYOS A APLICAR**

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

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

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

**Jefe de Laboratorio:** Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa



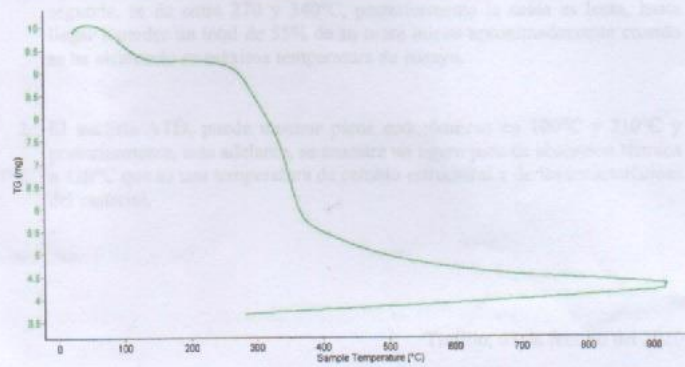


Trujillo, 03 de febrero del 2020

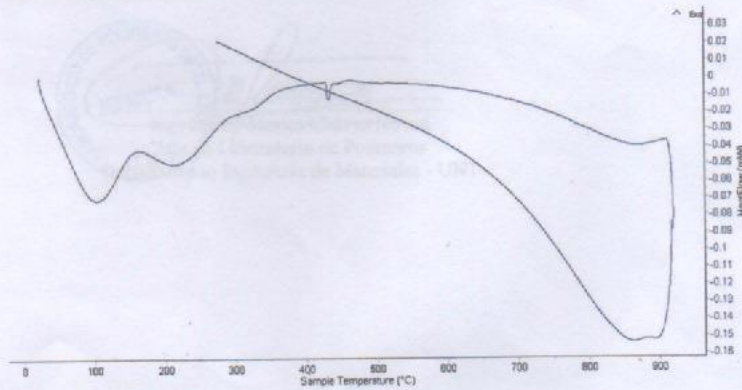
INFORME N° 26 - FEB-20

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



Tel.: 44-209510940790880 [danchavert@hotmail.com](mailto:danchavert@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - P.



*[Handwritten signature]*



Trujillo, 03 de febrero del 2020

INFORME N° 26 - FEB-20

5. CONCLUSION:

1. El análisis TG muestra dos caídas termo gravimétricas, la primera caída, ligera, se da en un rango entre 80 y 130°C y la más importante caída, la segunda, se da entre 270 y 340°C, posteriormente la caída es lenta, hasta llegar a perder un total de 55% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. El análisis ATD, puede mostrar picos endotérmicos en 100°C y 210°C y posteriormente, más adelante, se muestra un ligero pico de absorción térmica a 420°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

Trujillo, 03 de febrero del 2020



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



| CALCINACION DE MATERIAL |   |
|-------------------------|---|
| PROYECTO:               | RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACION DE POLVO DE CENIZAS DE CASCARAS DE ARROZ Y POLVO DE CASCARA DE HUEVO. |
| SOLICITANTE:            | LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  |
| FECHA DE RECEPCION      | 29/01/2020  |
| FECHA DE ENSAYO         | 04/02/2020  |
| MATERIAL:               | CENIZAS DE CASCARAS DE ARROZ  |

RESULTADOS

|                                       |         |
|---------------------------------------|---------|
| TEMPERATURA DE CALCINACION            | 420 °C  |
| TIEMPO A TEMPERATURA CONSTANTE MAXIMA | 2 Horas |
| PESO INICIAL                          | 7.5 Kg  |
| PESO FINAL                            | 1.5 Kg  |
| PERDIDA(%)                            | 80 %    |



  
Jorge Alejandro Barralón Villanueva  
ING. DE MATERIALES  
R. CIP. N° 197384

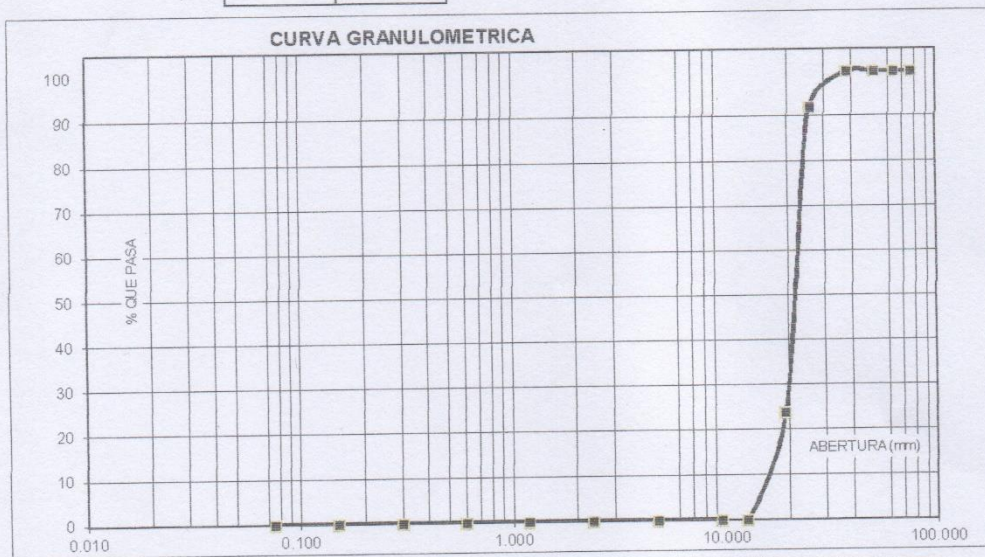
**ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO**  
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 04/06/2020

| TAMIZ        |               | Peso retenido | % ret. Parcial | % ret. Acumu. | % Que pasa |
|--------------|---------------|---------------|----------------|---------------|------------|
| Nº           | Abert.(mm)    | (gr.)         | (%)            | (%)           | (gr.)      |
| 3"           | 76.200        | 0.0           | 0.0            | 0.0           | 100.0      |
| 2 1/2"       | 63.500        | 0.0           | 0.0            | 0.0           | 100.0      |
| 2"           | 50.800        | 0.0           | 0.0            | 0.0           | 100.0      |
| 1 1/2"       | 38.100        | 0.0           | 0.0            | 0.0           | 100.0      |
| 1"           | 25.400        | 70.0          | 7.9            | 7.9           | 92.1       |
| 3/4"         | 19.100        | 605.0         | 68.4           | 76.3          | 23.7       |
| 1/2"         | 12.500        | 210.0         | 23.7           | 100.0         | 0.0        |
| 3/8"         | 9.520         | 0.0           | 0.0            | 100.0         | 0.0        |
| Nº 4         | 4.760         | 0.0           | 0.0            | 100.0         | 0.0        |
| Nº 8         | 2.380         | 0.0           | 0.0            | 100.0         | 0.0        |
| Nº 16        | 1.180         | 0.0           | 0.0            | 100.0         | 0.0        |
| Nº 30        | 0.600         | 0.0           | 0.0            | 100.0         | 0.0        |
| Nº 50        | 0.300         | 0.0           | 0.0            | 100.0         | 0.0        |
| Nº 100       | 0.150         | 0.0           | 0.0            | 100.0         | 0.0        |
| Nº 200       | 0.075         | 0.0           | 0.0            | 100.0         | 0.0        |
| PLATO        | ASTM C-117-04 | 0             | 0.0            | 100.0         | 0.0        |
| <b>TOTAL</b> |               | <b>885.0</b>  | <b>100.0</b>   |               |            |

| PROPIEDADES FISICAS   |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| Tamaño Maximo Nominal | 1"                       |
| Huso                  | Nº 8<br>Ref. (ASTM C-33) |

| OBSERVACIONES                                      |
|--|
| La Muestra tomada identificada por el solicitante. |



| Finos<br>Limo y Arcilla | Arena |       |        | Grava |        |
|-------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|
|                         | Fina  | Media | Gruesa | Fina  | Gruesa |
|                         |       |       |        |       |        |


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA DE MATERIALES  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 JEFE

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**


SOLICITA : BACH LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA ORUESA  
 FECHA : 04/06/2020

**PESO UNITARIO SUELTO**

| Ensayo N°                            | 0 1  | 0 2  | 0 3  |
|--------------------------------------|------|------|------|
| Peso de molde + muestra              | 7765 | 7745 | 7770 |
| Peso de molde                        | 3300 | 3300 | 3300 |
| Peso de muestra                      | 4465 | 4445 | 4470 |
| Volumen de molde                     | 2750 | 2750 | 2750 |
| Peso unitario ( Kg/m3 )              | 1624 | 1616 | 1625 |
| <b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b> |      | 1622 |      |
| CORREGIDO POR HUMEDAD                |      | 1595 |      |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| Ensayo N°                            | 0 1  | 0 2  | 0 3  |
|--------------------------------------|------|------|------|
| Peso de molde + muestra              | 8315 | 8335 | 8225 |
| Peso de molde                        | 3300 | 3300 | 3300 |
| Peso de muestra                      | 5015 | 5035 | 4925 |
| Volumen de molde                     | 2750 | 2750 | 2750 |
| Peso unitario ( Kg/m3 )              | 1824 | 1831 | 1791 |
| <b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b> |      | 1815 |      |
| CORREGIDO POR HUMEDAD                |      | 1785 |      |


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 INSTITUTO DE INGENIERIA  
 L.D. Mecánica y Materiales / Laboratorio de Ensayo de Materiales  
  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO

LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH

CANTERA : RUBEN

MATERIAL : PIEDRA CHANCADA

FECHA : 04/06/2020

**PESO UNITARIO SUELTO**

| Ensayo Nº                            | 0 1   | 0 2   | 0 3   |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| Peso de molde + muestra              | 17895 | 18065 | 18020 |
| Peso de molde                        | 5050  | 5050  | 5050  |
| Peso de muestra                      | 12845 | 13015 | 12870 |
| Volumen de molde                     | 9300  | 9300  | 9300  |
| Peso unitario ( Kg/m3 )              | 1381  | 1399  | 1395  |
| <b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b> |       | 1392  |       |
| CORREGIDO POR HUMEDAD                |       | 1384  |       |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| Ensayo Nº                            | 0 1   | 0 2   | 0 3   |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| Peso de molde + muestra              | 19595 | 19540 | 19550 |
| Peso de molde                        | 5050  | 5050  | 5050  |
| Peso de muestra                      | 14545 | 14490 | 14500 |
| Volumen de molde                     | 9300  | 9300  | 9300  |
| Peso unitario ( Kg/m3 )              | 1564  | 1558  | 1558  |
| <b>Peso unitario prom. ( Kg/m3 )</b> |       | 1560  |       |
| CORREGIDO POR HUMEDAD                |       | 1552  |       |



**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 INSTITUTO DE INGENIERIA  
 Lab. Mec. 1110005 - Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE


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

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 04/06/2020

|   |  |         |         |
|---|--|---------|---------|
| A | Peso de material saturado superficialmente seco (aire) | 1444.50 | 1390.90 |
| B | Peso de material saturado superficialmente seco (agua) | 939.90  | 905.40  |
| C | Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)              | 504.60  | 485.50  |
| D | Peso de material seco en estufa                        | 1436.40 | 1382.90 |
| E | Volumen de masa (C-(A-D))                              | 496.50  | 477.50  |
| G | P.e. Bulk (Base Seca) D/C                              | 2.847   | 2.848   |
| H | P.e. Bulk (Base Saturada) A/C                          | 2.863   | 2.865   |
| I | P.e. Aparente (Base Seca) D/E                          | 2.893   | 2.896   |
| F | Absorción (%) ((D-A/A)x100)                            | 0.56    | 0.58    |

**P.e. Bulk (Base Seca)** 2.848  
**P.e. Bulk (Base Saturada)** 2.864  
**P.e. Aparente (Base Seca)** 2.895  
**Absorción (%)** : 0.57


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales



  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE

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

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 04/06/2020

|   |  |        |        |
|---|--|--------|--------|
| A | Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr. | 300.00 | 300.00 |
| B | Peso de picnómetro + agua gr.                              | 650.00 | 650.00 |
| C | Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B) cm <sup>3</sup>  | 950.00 | 950.00 |
| D | Peso de picnómetro + agua + material gr.                   | 845.00 | 845.00 |
| E | Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D) cm <sup>3</sup>  | 105.00 | 105.00 |
| F | Peso de material seco en estufa gr.                        | 298.00 | 298.00 |
| G | Volumen de masa (E-(A-F))                                  | 103.00 | 103.00 |
| H | P.e. Bulk (Base Seca) F/E                                  | 2.838  | 2.838  |
| I | P.e. Bulk (Base Saturada) A/E                              | 2.857  | 2.857  |
| J | P.e. Aparente (Base Seca) F/E                              | 2.893  | 2.893  |
| K | Absorción (%) $((D-A)/A) \times 100$                       | 0.67   | 0.67   |

**P.e. Bulk (Base Seca) : 2.838**  
**P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.857**  
**P.e. Aparente (Base Seca) : 2.893**  
**Absorción (%) : 0.67**


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO  
( ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F' C = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO

LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH

CANTERA : RUBEN

MATERIAL : PIEDRA CHANCADA

FECHA : 04/06/2020

| PRUEBA N°                   | 01   | 02   |  |
|-----------------------------|------|------|--|
| TARA N°                     |      |      |  |
| TARA + SUELO HUMEDO (gr)    | 902  | 1365 |  |
| TARA + SUELO SECO (gr)      | 900  | 1355 |  |
| PESO DEL AGUA (gr)          | 2    | 10   |  |
| PESO DE LA TARA (gr)        | 70   | 205  |  |
| PESO DEL SUELO SECO (gr)    | 830  | 1150 |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)    | 0.24 | 0.87 |  |
| PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%) |      | 0.56 |  |


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 F. I. T. DE INGENIERIA  
 LIC. INGENIERIA EN CIENCIAS Y MATERIALES  
  
**Mg. Miguel Salar Jara**  
 JEFE

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO  
( ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO

LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH

CANTERA : RUBEN

MATERIAL : ARENA GRUESA

FECHA : 04/06/2020

| PRUEBA N°                   | 01   | 02   |  |
|-----------------------------|------|------|--|
| TARA N°                     |      |      |  |
| TARA + SUELO HUMEDO (gr)    | 365  | 495  |  |
| TARA + SUELO SECO (gr)      | 360  | 490  |  |
| PESO DEL AGUA (gr)          | 5.0  | 5.0  |  |
| PESO DE LA TARA (gr)        | 65   | 195  |  |
| PESO DEL SUELO SECO (gr)    | 295  | 295  |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)    | 1.69 | 1.69 |  |
| PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%) |      | 1.69 |  |


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales  
  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE

## DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

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

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
MATERIAL : 100% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ  
FECHA : 04/06/2020

| PRUEBA N°                | 01    | 02    |
|--------------------------|-------|-------|
| FRASCO N°                |       |       |
| LECTURA INICIAL          | 0.00  | 0.00  |
| LECTURA FINAL            | 26.00 | 26.00 |
| PESO DE MUESTRA          | 64.00 | 64.00 |
| VOLUMEN DESPLAZADO       | 26.00 | 26.00 |
| PESO ESPECIFICO          | 2.462 | 2.462 |
| PESO ESPECIFICO PROMEDIO | 2.462 |       |

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Fluidos / Ensayo de Materiales  
*Mg. Miguel Solar Jara*  
JEFE

## DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

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

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
MATERIAL : 100%POLVO DE CASCARA DE HUEVO  
FECHA : 04/06/2020

| PRUEBA N°                | 01    | 02    |
|--------------------------|-------|-------|
| FRASCO N°                |       |       |
| LECTURA INICIAL          | 0.00  | 0.00  |
| LECTURA FINAL            | 23.00 | 23.00 |
| PESO DE MUESTRA          | 64.00 | 64.00 |
| VOLUMEN DESPLAZADO       | 23.00 | 23.00 |
| PESO ESPECIFICO          | 2.783 | 2.783 |
| PESO ESPECIFICO PROMEDIO | 2.783 |       |

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Materiales  
*Mg. Miguel Solar Jara*  
JEFE

## DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

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

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
MATERIAL : 92%CEMENTO + CCA 2% + PCH 8%  
FECHA : 04/06/2020

| PRUEBA N°                | 01    | 02    |
|--------------------------|-------|-------|
| FRASCO N°                |       |       |
| LECTURA INICIAL          | 0.00  | 0.00  |
| LECTURA FINAL            | 21.50 | 21.50 |
| PESO DE MUESTRA          | 64.00 | 64.00 |
| VOLUMEN DESPLAZADO       | 21.50 | 21.50 |
| PESO ESPECIFICO          | 2.977 | 2.977 |
| PESO ESPECIFICO PROMEDIO | 2.977 |       |

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LAB. MECANICA DE MATERIALES Y DISEÑO DE MATERIALES  
*Mg. Miguel Solar Jara*  
JEFE



## DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

( Frasco de Le Chaletier)

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

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
MATERIAL : 85%CEMENTO + CCA 3.75% + PCH 11.25%  
FECHA : 04/06/2020

| PRUEBA N°                | 01    | 02    |
|--------------------------|-------|-------|
| FRASCO N°                |       |       |
| LECTURA INICIAL          | 0.00  | 0.00  |
| LECTURA FINAL            | 21.20 | 21.20 |
| PESO DE MUESTRA          | 64.00 | 64.00 |
| VOLUMEN DESPLAZADO       | 21.20 | 21.20 |
| PESO ESPECIFICO          | 3.019 | 3.019 |
| PESO ESPECIFICO PROMEDIO | 3.019 |       |

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica y Pruebas de Materiales  
*Mg. Miguel Solar Jara*  
JEFE

## DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 04/06/2020

### ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

### MATERIALES

#### A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico ..... 3.10

#### B.- Agua :

- Potable, de la zona.

#### C.-Agregado Fino :


**CANTERA : RUBEN**

- Peso específico de masa 2.84
- Peso unitario suelto 1595 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1785 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 1.69 %
- Absorción 0.67 %
- Módulo de fineza 2.76

#### D.- Agregado grueso

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso específico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1384 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1552 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.56 %
- Absorción 0.57 %

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
JEFE

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

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³ .

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.590

**FACTOR DE CEMENTO**

F.C. : 193 / 0.590 = 327.12 kg/m³ = 7.7 bolsas / m³

**VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS**

|                      |          |        |
|----------------------|----------|--------|
| Cemento.....         | 327.119  | kg/m3  |
| Agua efectiva.....   | 183.925  | lts/m3 |
| Agregado fino.....   | 918.100  | kg/m3  |
| Agregado grueso..... | 1054.847 | kg/m3  |

**PROPORCIONES EN PESO**

$$\frac{327.12}{327.12} : \frac{918.100}{327.12} : \frac{1054.85}{327.12}$$

1 : 2.81 : 3.23 : 23.90 lts / bolsa

**PROPORCIONES EN VOLUMEN**

1 : 2.60 : 3.48 : 23.90 lts / bolsa

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ANEXO 1055 Ensayo de Materiales  
*Mg. Miguel Salar Jara*  
JEFE

**DISEÑO DE MEZCLA**  
( 15% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 04/06/2020

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedic 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

**A.- Cemento :**

- Tipo I "Pacasmayo"85%CEMENTO + CCA 3.75% + PCH 11.25%
- Peso especifico ..... 3.02

**B.- Agua :**

- Potable, de la zona.

**C.-Agregado Fino :**


**CANTERA : RUBEN**

- Peso especifico de masa 2.84
- Peso unitario suelto 1595 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1785 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 1.69 %
- Absorción 0.67 %
- Módulo de fineza 2.76

**D.- Agregado grueso**

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso especifico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1384 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1552 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.56 %
- Absorción 0.57 %

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de Ingeniería de Materiales  
*My. Miguel Solár Jara*  
JEFE

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 193 lt/m<sup>3</sup>.

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.590

### VOLUMENES ABSOLUTOS

|                           |                   |                      |
|---------------------------|-------------------|----------------------|
| Cemento.....              | (m <sup>3</sup> ) | 0.090                |
| 3.75%CCA + 11.25%PCH..... | (m <sup>3</sup> ) | 0.016                |
| Agua efectiva.....        | (m <sup>3</sup> ) | 0.193                |
| Agregado fino.....        | (m <sup>3</sup> ) | 0.318                |
| Agregado grueso.....      | (m <sup>3</sup> ) | 0.368                |
| Aire.....                 | (m <sup>3</sup> ) | 0.015                |
|                           |                   | <hr/>                |
|                           |                   | 1.000 m <sup>3</sup> |

### PESOS SECOS

|                           |         |                    |
|---------------------------|---------|--------------------|
| Cemento.....              | 278.05  | kg/m <sup>3</sup>  |
| 3.75%CCA + 11.25%PCH..... | 49.068  | kg/m <sup>3</sup>  |
| Agua efectiva.....        | 193.00  | lts/m <sup>3</sup> |
| Agregado fino.....        | 902.80  | kg/m <sup>3</sup>  |
| Agregado grueso.....      | 1049.02 | kg/m <sup>3</sup>  |

### PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

|                           |         |                    |
|---------------------------|---------|--------------------|
| Cemento.....              | 278.05  | kg/m <sup>3</sup>  |
| 3.75%CCA + 11.25%PCH..... | 49.068  | kg/m <sup>3</sup>  |
| Agua efectiva.....        | 205.66  | lts/m <sup>3</sup> |
| Agregado fino.....        | 918.10  | kg/m <sup>3</sup>  |
| Agregado grueso.....      | 1054.85 | kg/m <sup>3</sup>  |

### PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{278.05}{278.05} : \frac{49.068}{278.05} : \frac{918.10}{278.05} : \frac{1054.85}{278.05}$$
$$1 : 0.18 : 3.30 : 3.79 \quad 27.21 \text{ lts / bolsa}$$

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA EN MATERIALES  
Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE

**DISEÑO DE MEZCLA**  
( 8% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 04/06/2020

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedic 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"92%CEMENTO + CCA 2% + PCH 6%
- Peso especifico ..... 2.98

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

**CANTERA : RUBEN**

- Peso especifico de masa 2.84
- Peso unitario suelto 1595 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1785 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 1.69 %
- Absorción 0.67 %
- Módulo de fineza 2.76

D.- Agregado grueso

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso especifico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1384 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1552 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.56 %
- Absorción 0.57 %

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA DE MATERIALES  
*Miguel Solar Jara*  
**Mig. Miguel Solar Jara**  
JEFE

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

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

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m<sup>3</sup> .

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.590

### VOLUMENES ABSOLUTOS

|                      |                   |                      |
|----------------------|-------------------|----------------------|
| Cemento.....         | (m <sup>3</sup> ) | 0.098                |
| 2%CCA + 6%PCH.....   | (m <sup>3</sup> ) | 0.008                |
| Agua efectiva.....   | (m <sup>3</sup> ) | 0.193                |
| Agregado fino.....   | (m <sup>3</sup> ) | 0.318                |
| Agregado grueso..... | (m <sup>3</sup> ) | 0.368                |
| Aire.....            | (m <sup>3</sup> ) | 0.015                |
|                      |                   | <hr/>                |
|                      |                   | 1.000 m <sup>3</sup> |

### PESOS SECOS

|                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| Cemento.....         | 300.95 kg/m <sup>3</sup>  |
| 2%CCA + 6%PCH.....   | 26.170 kg/m <sup>3</sup>  |
| Agua efectiva.....   | 193.00 lts/m <sup>3</sup> |
| Agregado fino.....   | 902.80 kg/m <sup>3</sup>  |
| Agregado grueso..... | 1049.02 kg/m <sup>3</sup> |

### PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

|                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| Cemento.....         | 300.95 kg/m <sup>3</sup>  |
| 2%CCA + 6%PCH.....   | 26.170 kg/m <sup>3</sup>  |
| Agua efectiva.....   | 205.66 lts/m <sup>3</sup> |
| Agregado fino.....   | 918.10 kg/m <sup>3</sup>  |
| Agregado grueso..... | 1054.85 kg/m <sup>3</sup> |

### PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{300.95}{300.95} : \frac{26.170}{300.95} : \frac{918.10}{300.95} : \frac{1054.85}{300.95}$$
$$1 : 0.09 : 3.05 : 3.51 \quad 26.72 \text{ lts / bolsa}$$

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA EN MATERIALES  
*Mg. Miguel Solar Jara*  
JEFE

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F' C = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 04/06/2020  
 F' C : 210 Kg/cm2

| Nº | TESTIGO  | SLUMP | MOLDEO     | ROTURA     | EDAD | FC     | FC/F' C |
|----|----------|-------|------------|------------|------|--------|---------|
|    | ELEMENTO | (" )  |            |            | DIAS | Kg/Cm2 | (%)     |
| 01 | PATRON   | -     | 06/02/2020 | 13/02/2020 | 7    | 174.45 | 83.07   |
| 02 | PATRON   | -     | 06/02/2020 | 13/02/2020 | 7    | 176.82 | 84.20   |
| 03 | PATRON   | -     | 06/02/2020 | 13/02/2020 | 7    | 182.10 | 86.71   |
| 04 | PATRON   | -     | 06/02/2020 | 20/02/2020 | 14   | 192.86 | 91.84   |
| 05 | PATRON   | -     | 06/02/2020 | 20/02/2020 | 14   | 201.85 | 96.12   |
| 06 | PATRON   | -     | 06/02/2020 | 20/02/2020 | 14   | 198.54 | 94.54   |
| 07 | PATRON   | -     | 06/02/2020 | 05/03/2020 | 28   | 224.33 | 106.82  |
| 08 | PATRON   | -     | 06/02/2020 | 05/03/2020 | 28   | 224.78 | 107.04  |
| 09 | PATRON   | -     | 06/02/2020 | 05/03/2020 | 28   | 220.84 | 105.16  |

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

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


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 INSTITUTO DE INGENIERÍA  
 Los Materiales, Mecánica y ensayo de Materiales  
*Mg. Miguel Solís Jara*  
 JZFE



## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION -EXPERIMENTAL 15%

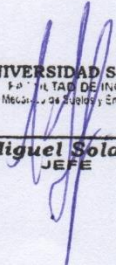
SOLICITA : BACH: LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F' C = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 04/06/2020  
 F' C : 210 Kg/cm2

| N° | TESTIGO          | SLUMP | FECHA      |            | EDAD | FC     | FC/F' C |
|----|------------------|-------|------------|------------|------|--------|---------|
|    | ELEMENTO         | (")   | MOLDEO     | ROTURA     | DIAS | Kg/Cm2 | (%)     |
| 01 | EXPERIMENTAL 15% | -     | 14/02/2020 | 21/02/2020 | 7    | 142.02 | 67.63   |
| 02 | EXPERIMENTAL 15% | -     | 14/02/2020 | 21/02/2020 | 7    | 144.24 | 68.68   |
| 03 | EXPERIMENTAL 15% | -     | 14/02/2020 | 21/02/2020 | 7    | 138.17 | 65.80   |
| 04 | EXPERIMENTAL 15% | -     | 14/02/2020 | 28/02/2020 | 14   | 147.22 | 70.11   |
| 05 | EXPERIMENTAL 15% | -     | 14/02/2020 | 28/02/2020 | 14   | 162.04 | 77.16   |
| 06 | EXPERIMENTAL 15% | -     | 14/02/2020 | 28/02/2020 | 14   | 162.65 | 77.45   |
| 07 | EXPERIMENTAL 15% | -     | 14/02/2020 | 13/03/2020 | 28   | 192.94 | 91.88   |
| 08 | EXPERIMENTAL 15% | -     | 14/02/2020 | 13/03/2020 | 28   | 190.22 | 90.58   |
| 09 | EXPERIMENTAL 15% | -     | 14/02/2020 | 13/03/2020 | 28   | 209.08 | 99.56   |

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

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


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 Facultad de Ingeniería  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION -EXPERIMENTAL 8%


SOLICITA : BACH LEON JARA MIGUEL AUGUSTO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 SUSTITUYENDO AL CEMENTO  
 POR UNA COMBINACIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 04/06/2020

F'c : 210 Kg/cm2

| Nº | TESTIGO         | SLUMP | FECHA      |            | EDAD | FC     | FCT/C  |
|----|-----------------|-------|------------|------------|------|--------|--------|
|    | ELEMENTO        | (")   | MOLDEO     | ROTURA     | DIAS | Kg/Cm2 | (%)    |
| 01 | EXPERIMENTAL 8% | -     | 18/02/2020 | 25/02/2020 | 7    | 185.86 | 88.50  |
| 02 | EXPERIMENTAL 8% | -     | 18/02/2020 | 25/02/2020 | 7    | 183.76 | 87.51  |
| 03 | EXPERIMENTAL 8% | -     | 18/02/2020 | 25/02/2020 | 7    | 182.93 | 87.11  |
| 04 | EXPERIMENTAL 8% | -     | 18/02/2020 | 03/03/2020 | 14   | 204.39 | 97.33  |
| 05 | EXPERIMENTAL 8% | -     | 18/02/2020 | 03/03/2020 | 14   | 208.58 | 99.32  |
| 06 | EXPERIMENTAL 8% | -     | 18/02/2020 | 03/03/2020 | 14   | 202.00 | 96.19  |
| 07 | EXPERIMENTAL 8% | -     | 18/02/2020 | 17/03/2020 | 28   | 262.24 | 124.88 |
| 08 | EXPERIMENTAL 8% | -     | 18/02/2020 | 17/03/2020 | 28   | 258.28 | 122.99 |
| 09 | EXPERIMENTAL 8% | -     | 18/02/2020 | 17/03/2020 | 28   | 271.21 | 129.15 |

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

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


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

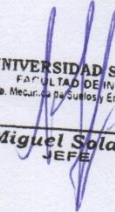
  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE

Tabla 29 Tabla Matriz de Consistencia

| TITULO   | PROBLEMA  | OBJETIVO  | HIPOTESIS  | JUSTIFICACION   | METODOLOGIA   |
|--|---|---|--|---|---|
| Resistencia a la compresión de un concreto $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo al cemento por una combinación de cenizas de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo. | ¿Cuál será la resistencia a la compresión de un concreto $F'_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo al cemento por una combinación de cenizas de cascara de arroz y polvo de cáscara de huevo, en relación 1:3? | <p><b>General:</b></p> <p>Determinar la resistencia a la compresión de un concreto <math>F'_c = 210</math> kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo al cemento en un 15 % y 8% por la combinación de cenizas de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo en relación 1:3</p> <p><b>Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la temperatura de calcinación de la cáscara de arroz mediante el ATD</li> <li>• Determinar la composición química de la ceniza de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo mediante Fluorescencia de Rayos X</li> <li>• Determinar el Ph y Peso específico de las cenizas de cáscara de arroz, polvo de cáscara de huevo y las combinaciones</li> <li>• Determinar la relación agua cemento del concreto patrón y experimentales</li> <li>• Determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimentales a los 7,14 y 29 días de curado.</li> </ul> | La sustitución de cemento por una combinación de cenizas de cáscara de arroz y polvo de cáscara de huevo en relación 1:3 mejoraría la resistencia a la compresión de un concreto $f'_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> debido a sus componentes puzolanicos. | <p>En la preparación de concreto se están presentando utilizar materiales nuevos y similares al cemento, para optimizar sus propiedades mecánicas, presentemente estas técnicas innovadoras se están evaluando y practicando para una superior optimización del adecuado concreto y de sus componentes químicos, favoreciendo así a la población en la disminución de los costos de su fabricación.</p> <p>Los resultados de este estudio beneficiarán al sector de la construcción, por cuanto se espera obtener un concreto adecuado e ideal.</p> | <p><b>Tipo de Investigación:</b> El tipo de la investigación es aplicada, porque los resultados obtenidos servirán para la solución de problemas relacionados al diseño de mezcla, y así poder mejorar las propiedades del concreto como la resistencia a la compresión.</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b> Experimental porque se manipulará la variable independiente para definir el impacto sobre la variable dependiente, ya que se generarán nuevos datos que modificarán el diseño de mezcla y con ello se contemplara la autenticidad de la hipótesis formulada.</p> <p><b>Nivel:</b> CUASI -EXPERIMENTAL porque mediante la aplicación del método de la experimentación y de la observación científica, se determinará el resultado de la resistencia.</p> |

Fuente: Elaboración propia

