

NOMBRE DEL TRABAJO

**VARGAS VILLAFUERTE JULIO CESAR IEE  
E - turnitin.pdf**

AUTOR

**JULIO VARGAS**

RECUENTO DE PALABRAS

**20812 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**92971 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**87 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.8MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 5, 2023 5:20 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 5, 2023 5:21 PM GMT-5****● 16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad Problemática

1 La presente investigación “Evaluación de las propiedades físico mecánicas del concreto usando ceniza de cascarilla de arroz (CCA)”, analiza la problemática mundial y el impacto ambiental que ocasiona la gran producción de cascarilla de arroz, como resultado de los procesos agroindustriales de molienda de arroz seco en cáscara; asimismo busca aplicar criterios según una investigación adecuada en el departamento de Lambayeque, por pertenecer al grupo de regiones de mayor producción de este producto en el país. Por otro lado, debe evidenciar la existencia de vacíos en el conocimiento, diferencias en el desempeño, resultados contradictorios o que demandaron explicaciones para alcanzar un fin u objetivo útil para el desarrollo científico, económico y/o social.

4 En Cuba la cascarilla de arroz es un desecho de la agroindustria que su degradación de forma natural es complicada y provoca que se acumulen cerca a los molinos de arroz, esto trae consecuencia ya que la proliferación de materias transmite un sinnúmero de enfermedades, además por contener alto sílice 72 pone en riesgo la salud de la población con la quema indiscriminada [1].

Después de los combustibles fósiles y de la deforestación, la fabricación de cemento es la tercera mayor fuente generadora de emisiones de  $CO_2$  globalmente, además la necesidad de disposición de energía para la producción de cemento también es muy alta: 100–150 Kwt /tonelada de cemento producido [2].

La producción de cemento fomenta serias preocupaciones ambientales, la más preocupante es la eliminación de  $CO_2$  afectando la atmósfera que interrumpe el efecto invernadero natural y conduce al calentamiento global [3].

7 La CCA es el resultado de la combustión relativamente controlada o no de la cáscara de arroz (CA), asimismo es un componente puzolánico, además de ser uno de los materiales

más utilizados para reemplazar parcialmente el cemento portland ordinario en el concreto y mejorar las propiedades de calidad, durabilidad y resistencia [4].

La alta producción de la industria cementicia ha condicionado a elevar el consumo de energía y a la emisión de gases con efecto de tipo invernadero como el CO<sub>2</sub> el cual se produce en función de 0.65 y 0.85 Tn por Tn de aglutinante(cemento), ante ello es necesario encontrar materiales alternativos para la construcción no solo que resuelva problemas ambientales sino también reduzcan emisiones de CO<sub>2</sub>, de bajo costo y que pueda tener buenas características físico-mecánicas [5].

En Malasia se produce aproximadamente 0.48 millones de toneladas de cascarilla de arroz, el cual ocupa grandes áreas de depósitos donde son incinerados provocando que las cenizas se esparzan en el aire provocando inmensos daños al ambiente [6].

India ocupa el segundo lugar como principal productor de arroz a nivel mundial y sólo ocupa un 1% de la producción neta de sus residuos, por ende, la cantidad en desuso es arrojada en millones de toneladas al año a vertederos siendo su eliminación la que afecta nocivamente el medio ambiente contaminando cuerpos de agua ante ello es indispensable buscar alternativas tecnológicas sostenibles que puedan aumentar la producción en la construcción [7].

El porcentaje en aumento de la fabricación de concreto se encuentra superando a la mayoría de materiales de infraestructura, con grandes impactos al medio ambiente: el hormigón es responsable de 8–9% de las contaminaciones antropogénicas con gases que producen el efecto invernadero (GEI), 2–3% de la demanda anual de energía del mundo, y 9-10% de la extracción de agua industrial; además el cemento forma parte del menos del 10% del hormigón, pero es responsable de la mayoría de gases de efecto invernadero (GEI) en todo su proceso de producción [8].

El hormigón de ultra alto rendimiento (CUAR) con una resistencia a la compresión que sobrepase a 150 MPa y va hasta casi los 800 MPa. necesita de cemento desde  $900\text{kg}/\text{m}^3$  a

$1000\text{kg}/\text{m}^3$ , además de un alto humo de sílice (SF) de  $150\text{kg}/\text{m}^3$  hasta  $250\text{kg}/\text{m}^3$ , trayendo consigo una disminución en los gastos de fabricación de CUAR reemplazando parcialmente al cemento; además contribuye a la reducción de contaminación por  $\text{CO}_2$  en el trayecto de fabricación de cemento que ocasionan el calentamiento global [9].

<sup>94</sup> El sistema nacional de carreteras de Estados Unidos posee 45,000 millas de red vial interestatal, donde gran parte es pavimento de hormigón, demandando entre 10% y 15% de cemento por volumen en la construcción de pavimentos rígidos [10].

El cemento por excelencia es el mejor material para la construcción en general, y ésta depende del cemento; sabiendo que la fabricación de cemento es de 280 000 000 (Tn) en India y 4,100 000 000 (Tn) en el mundo, además que se espera considerable aumento, trayendo consigo la preocupación de ambientalistas, que ven la producción de cemento como una situación amenazante para nuestro el medio ambiente y específicamente la contaminación por  $\text{CO}_2$  [11].

<sup>2</sup> La producción de arroz en el mundo en 2017 se estimó en 760 millones de toneladas; al 2050 esta cifra seguirá en aumento; por lo tanto, la cáscara de arroz es un subproducto que comprende entre el 20–23% del peso del arroz, además que alrededor del 83% de esta se elimina con desecho, ocasionando contaminación del agua y suelo [12].

La paja de arroz es un desecho muy difícil de gestionar, ya que mundialmente crea inconvenientes por el volumen que ocupa; asimismo su valor monetario es casi nulo, por lo que se quema para aliviar en parte disposición, pero ocasionando contaminación [13].

La producción de cemento es considerada uno de los problemas negativos y perjudiciales para el medio ambiente y su consumo se estima entre los más altos a nivel mundial, ante ello se busca reducir su consumo por medio de materiales de matriz cementante como las escorias <sup>55</sup> de bagazo de caña de azúcar, de cáscara de arroz y otros los cuales no tienen una adecuada disposición final [14].

La fabricación de cemento consume enormemente los recursos naturales, gran energía y elimina elevadas cantidades de gases que producen efecto invernadero, ya que representa el 7% de emisiones totales en el mundo de dióxido de carbono; para ser más claro, una tonelada de cemento Portland común afecta aproximadamente con una tonelada de  $CO_2$  y por lo cual están bajo la observación y gran control por parte de los gobiernos y ambientalistas [15].

El cemento es el material de construcción que la fabricación es catalogado como un procedimiento muy contaminante en el mundo, específicamente para los ecosistemas que conviven en áreas próximas a las fábricas de cemento, surge a partir de este punto la importancia de conseguir nuevas propuestas en materias primas que sustituyan parcial o totalmente al cemento y en las mezclas de concreto hidráulico sin alterar o perder sus propiedades mecánicas [16].

De cada tonelada de cáscara de arroz puede producir en promedio 0,19 ton. de ceniza, además la cascara de arroz (CA) es un remanente agrícola disponible en grandes volúmenes, que causa un fuerte efecto perjudicial ambiental debido a su quema [17].

27 Con el objeto de contrarrestar el calentamiento global producido por el liberamiento de gases que promueven el efecto invernadero, principalmente  $CO_2$  para la atmósfera, se promueve el uso de materiales que sustituyan al cemento o en un porcentaje. Uno de esos es la CCA, que los investigadores han encontrado adecuada para reemplazar en parte al cemento tipo 1 Portland en la producción de concreto [18].

Es inevitable el interés de usar materiales puzolánicos en sustitución parcial en la elaboración de cemento, primordialmente para contrarrestar la contaminación del aire como fruto de los procesos de producción de cemento [19].

En general los edificios comprenden un tercio de consumo de energía en el mundo, asimismo de liberaciones globales de dióxido de carbono, siendo así que la industria de la

construcción sería uno de los más importantes problemas si se busca reducir gases que promueven el efecto invernadero [20].

3 La producción de arroz y paralelamente la cascarilla de arroz en Colombia se ha incrementado importantemente, y principalmente en la región de la Orinoquia, finalmente a cascara de arroz no tiene un definido y solo se lo arrojan en campos abiertos para quemarlos, ocasionando daños irreparables al medio ambiente [21].

Los desechos como cenizas volantes son considerados altamente tóxicos para fuentes de agua y suelos, ante ello la reutilización de éstos puede minimizar el impacto que produce el CO<sub>2</sub> al ambiente ya que pueden ser usados como materiales cementantes en la producción de concretos [22].

A nivel nacional [23] en su informe técnico de mayo del 2022 manifiesta que 6 la producción de cascara de arroz ha alcanzado un crecimiento de 54.7% (i.e. 517,956 tn) en comparación al mes de abril (i.e. 334,719 tn), lo que provocaría una mayor demanda de residuos los cuales no tendrían una disposición final adecuada.

El lamentable problema de contaminación con arsénico (As) está afectando a todo el Mundo, e impactando fuertemente a la salud humana, así como en el Perú, que se encontró aguas del río Tumbes contaminadas con arsénico proveniente del arrojado de CCA [24].

El diario informa en sus líneas la queja de parte de pobladores del AA.HH. Pueblo Nuevo (C.P Villa San Isidro) en Tumbes referente a que se ven afectados por 1 la quema desproporcionada de cascara de arroz por el molino La Cruz el cual viene generando enfermedades a la salud a más de 100 familias y genera humos que provocan problemas de contaminación [25].

10 En su tesis *"Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018"*; mencionan que, la necesidad de concreto premezclado a nivel de todo tipo de obras se ha incrementado mucho en estos últimos años en el Perú, por sus incomparables beneficios. Sin embargo, si 2

comparamos nuestro consumo con otras regiones o países de Latinoamérica aún es muy poco, por temas de déficit en infraestructura [26].

En su tesis “Adición de cenizas de cascarilla de arroz para el diseño de concreto f’c 210kg/cm<sup>2</sup>, Atalaya, Ucayali – 2018”, dicen que; por la enorme necesidad de inmuebles o viviendas y los costos elevados de las construcciones, sin olvidar su influencia e impactos medio ambientales ocurridos a raíz de éstas, se inicia la búsqueda de nuevas formas para suplir y contribuir con la importante demanda de viviendas en zonas con bajos recursos económicos, pero considerando la seguridad y comodidad [27].

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” dice que la producción de cáscara de arroz y cáscara de huevo va aumentando en el Perú y en el mundo; y al mismo tiempo no son aprovechados de la manera más correcta, ocasionando un grave impacto ambiental [28].

En su tesis titulada “Análisis comparativo de concretos adicionados con puzolanas artificiales de ceniza de cascarilla de arroz (cca), fly ash y puzolana natural”, manifiesta que; las obras civiles es un sector económico muy alentador pero que influye directamente preocupantemente al medio ambiente, ya que consume abundantes recursos naturales y al mismo tiempo residuos [29].

El diario, en su portal virtual publicó un artículo donde el coordinador de proyecto de la UCSM-Arequipa, el Sr. Hugo Jiménez en su proyecto “Sistema para mitigar la contaminación de los residuos de la industria”; indica que la cáscara de arroz en la actualidad conforma un problema ambiental en Arequipa y además en zonas como Camaná, donde al no utilizarse, se termina quemando y ocasionando enorme contaminación a medio ambiente [30].

El portal virtual publica un informe del representante del INEI el Dr. Aníbal Sánchez Aguilar donde presenta un “Informe del avance coyuntural de su región en actividades

económicas” y dice que la demanda de cemento en el país aumentó, y esto ocasiona una evolución del sector construcción, su creciente fue de 3,45% respecto al mismo periodo en el año anterior dejando atrás diez meses de efectos negativos consecutivos [31].

Localmente en su tesis <sup>4</sup> *Estudio de pre factibilidad para la instalación de una planta productora de biocemento a partir de ceniza de cascarilla de arroz*”, indica; que el proceso de incineración, es la practica más habitual para la gestión de la cáscara de arroz como desecho de la molienda, asimismo elimina su materia orgánica y se transforma en ceniza adoptando nuevas propiedades que podrían utilizarse en reemplazo parcial del cemento Portland en los morteros, pudiendo variar de 0 a 30% del peso de cemento [32].

En el departamento de Lambayeque, como en distintos departamentos del Perú existe gran producción de arroz, ya que es uno de los productos agrícolas que se consumen a diario en todas partes del departamento y en todo el país, como en el mundo. Por tal motivo, también existe muchísima producción de cascarilla de arroz (CA), ya que ésta forma parte del 20% aproximadamente del peso de cada grano de arroz con cascara, antes de ser trillado o pelado en los molinos dedicados a prestar ese servicio.

Después de este proceso industrial, queda la cascarilla del arroz, como residuo inutilizable y poco útil para las empresas molineras, ya que proceden a eliminarlo vertiéndolo a los campos, canales de riego, ríos, etc; y en otros casos a quemarlo sin ningún control, e ignorando los impactos que ocasionan al suelo, agua y aire; trayendo consigo un fuerte impacto ambiental, más aún si se sabemos de la cantidad de empresas molineras que existen en la región y en todo el país dedicados a ese rubro.

En estos tiempos que se desea evitar en lo posible el mayor daño al medio ambiente, se plantean un sinnúmero de propuestas o posibilidades para reutilizar los residuos industriales de todo tipo, para mejorar productos o reducir costo económico en procesos manufactureros. Es así como se busca reutilizar la CCA, después de una quema controlada, para emplearla y sustituirla de manera porcentual en el concreto; de esta manera se



contribuye a utilizar menos concreto sin disminuir su calidad, ni sus propiedades. Ya que se sabe por investigaciones anteriores que se mejoran sus propiedades, si se sustituye por el cemento en porcentajes adecuados.

Por otro lado, el crecimiento inmobiliario y construcción de grandes proyectos a desarrollar en el departamento como en el país, ocasiona una gran demanda de insumos de construcción, donde el cemento es el ingrediente primordial, obligando a las plantas productoras a cubrir esta demanda, sin tener en cuenta el enorme impacto que ocasiona este proceso industrial.

Dentro de los antecedentes de la presente investigación tenemos el estudio experimental <sup>15</sup> *"Rice Husk Ash Concrete: Study with Experimental and Theoretical result of Compressive Strength and Other Characteristics"* propone evaluar el comportamiento <sup>2</sup> de las propiedades del concreto usando ceniza de cáscara de arroz como reemplazo del aglutinante en 5%, 10% y 20% llegando a la conclusión que la dosis que mejora las propiedades es al 5% de sustitución la cual muestra aumentos en la resistencia compresiva y el módulo elástico hasta en 5% [33].

En su investigación <sup>3</sup> *"A comprehensive investigation on application of microsilica and rice straw ash in rigid pavement"*, donde el <sup>67</sup> objetivo es de evaluar la factibilidad de utilizar ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y microsilice/microsilica (MS) como material cementoso suplementario en la construcción de pavimentos rígidos; usando metodología experimental concluye que, por su naturaleza hidrofílica de CCA y la elevada superficie específica de las partículas de MS son autoras del mejoramiento de la consistencia de la pasta, además la mezcla de MS no altera el tiempo de fragua del cemento [3].

En su investigación titulada <sup>29</sup> *"The effect of rice straw fiber addition as sound silencer and its effect to concrete mechanical properties"* proponen como objetivo el <sup>7</sup> uso de cenizas de cáscara de arroz en el concreto y evaluar sus propiedades en variaciones de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de adición y compararlas con mezcla control (0%) para  $f'c$  20Mpa,

basándose de una metodología experimental donde concluyen que el asentamiento muestra disminución a mayor dosis de sustitución, la resistencia compresiva se reducen respectivamente como 70.76%, 68.61%, 54.35%, 53.49% y a tracción dividida también se ve afectada presentando disminuciones de 52.39 kg / cm<sup>2</sup>, 38.31 kg / cm<sup>2</sup>, 35.36 kg / cm<sup>2</sup>, 25.49 kg / cm<sup>2</sup>, 25.42 kg / cm<sup>2</sup> para todas las dosis a los 28 días [34].

En su investigación experimental *Durable Concrete Mix Design Approach using Combined Aggregate Gradation Bands and Rice Husk Ash Based Blended Cement* tienen como objetivo principal proponer un nuevo diseño de mezcla, tratando de enfocarse a la durabilidad como parámetro de diseño y usando la CCA como un material cementoso suplementario con proporciones al 0,5, 10, 15 y 20%. Las mezclas fueron preparadas con dos bandas combinadas de gradaciones de agregado (5-10-14-18 y 5-10-18-22) ya que se observa que el concreto con dichas bandas responde mejor que las gradaciones agregadas especificadas por el código; asimismo concluyen que la dosis al 20% mejora la trabajabilidad del concreto, aumenta su resistencia compresiva hasta en 14% a la edad de 28 días [2].

En su investigación titulada *A study on use of rice husk ash in concrete* cuyo objetivo es inquirir el efecto que produce la ceniza de cascara de arroz con dosificaciones en 0%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% de sustitución en relación de la mezcla (C :1: A:1.261: P:3.64) y a/c de 0.40 utilizando método experimental concluye que, la dosis al 7.5% alcanza valores máximos aumentando la resistencia a compresión en 1.80% (42.45 Mpa) y 3.23% (3.2 Mpa) en referencia a la muestra control a 28 días de edad [35].

En su estudio experimental titulado *Optimum rice husk ash content and bacterial concentration in self-compacting concrete* propone como objetivo optimizar escorias de cáscara de arroz con porcentaje de sílice de 89.73 en la mezcla de concreto con dosis al 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% en función del peso del aglutinante sus resultados muestran que el asentamiento se ve afectado a mayor dosificación, la densidad se reduce de 2517 gr/m<sup>3</sup> a 2246 kg/m<sup>3</sup> para todas las dosis sin embargo, la resistencia compresiva aumenta en

12.23%, la tracción dividida en 14.61% y la flexión en 21.02% con la dosis al 15% de adición a los 28 días de edad [36].

En su investigación <sup>35</sup> *Mechanical and Durability Properties of High Strength High Performance Concrete Incorporating Rice Husk Ash*” tiene como objetivo potenciar la microestructura de un hormigón regular utilizando CCA con incorporación de 0%, 10%, 15% y 20% (**C**: 1; **A**: 1.28; **P**: 1.91) con a/c de 0.25, sabiendo que hay materiales como humo de sílice, la escoria y ceniza volante; que también aportan propiedades y hacen un concreto más denso al reaccionar con  $CaOH$  del cemento hidratado, concluyen <sup>6</sup> que la ceniza de cáscara de arroz potencia su resistencia aumentando la compresión con la dosis al 10% (116 Mpa) y su módulo elástico aumento en 10.6% (43.80 Mpa) a 28 días de edad [37].

En su investigación <sup>2</sup> *The use of rice husk ash as reactive filler in ultra-high performance concrete*” tiene como objetivo, el uso de la <sup>1</sup> CCA para la elaboración de un concreto de ultra alto rendimiento (CUAR) para repotenciar las propiedades mecánicas del concreto. Usando metodología experimental, los resultados proponen una resistencia promedio de 200 MPa después de 91 días, en condiciones térmicas ambientales de 20 ° C y 60% de humedad relativa, además concluye que se da debido a la reacción puzolánica por agua adicional y sílice amorfa proporcionada por el relleno poroso (es decir, efecto de curado interno) y reactivo, respectivamente; por lo tanto, se redujo el volumen de poros capilares [12].

En su artículo de investigación <sup>7</sup> *Supplemental use of rice husk ash (RHA) as a cementitious material in concrete industry*” plantea <sup>1</sup> como objetivo evaluar las características físicas y mecánicas del concreto adicionando cenizas de cascara de arroz y cenizas volantes de Tipo C, usando metodología experimental y llegando a la conclusión que dicho residuo mejora sus características físicas como la consistencia y trabajabilidad reduciéndolo de 9 a 4 cm , el contenido de aire va de 1.3% a 1.4% y su peso unitario disminuye 2.63 % y es de 2371, además la resistencia compresiva aumenta en 87.05% y a flexión en 35.91 % con la dosis óptima al 10% <sup>7</sup> en comparación con la muestra patrón a los 28 días de edad [10].

En su artículo <sup>21</sup> “*Estructura y propiedades del mortero y hormigón con ceniza de cascarilla de arroz, como reemplazo parcial del cemento Portland ordinario*” manifiesta como problema el calentamiento global provocado por gases que producen efecto invernadero, liberando  $CO_2$  a la atmósfera, por eso tiene como objetivo promover materiales que sustituyan al responsable de los gases invernantes en el mundo, como la ceniza cascarilla de arroz, que es adecuada según los investigadores <sup>65</sup> para sustituir al cemento Portland tipo I en la preparación de concreto usando una metodología experimental concluye que: (i) es necesario una incineración controlada para obtener CCA con una estructura adecuada para un concreto estructural, (ii) el uso de CCA necesita de mayor volumen de agua, (iii) es adecuado hasta un 10% de sustitución de cemento con CCA para que la resistencia mejore respecto a las muestras patrón, y (iv) el uso de CCA en el concreto produce una microestructura de concreto RHA impermeable al agente de degradación como ataques de sulfato, ingreso de cloruro, etc., también buenas propiedades de contracción, y al final produce un concreto duradero [38].

<sup>32</sup> En su investigación experimental “*Concreto hidráulico modificado con sílice obtenida de la cascarilla del arroz*” tiene como objetivo reemplazar el cemento por CCA en porcentajes del 5%, 15% y 30% en referencia al diseño de la muestra patrón de un concreto para pavimento, concluyendo que se usó ceniza obtenida de una quema controlada a unos 800°C, ya que garantiza su pureza al eliminar a esa temperatura todos los residuos orgánicos que podría poseer y llegando a obtener 91.4% de óxido de silicio; asimismo explica que la mezcla patrón obtuvo 4.27MPa y la muestra con 5% de sustitución obtuvo 4.69 MPa, demostrando una mejora que su capacidad de resistencia, así como mejores resultados en la tracción indirecta y flexión; todo lo contrario con las muestras de 15 y 30% de reemplazo de CCA [21].

En su investigación titulada <sup>17</sup> “*Measurement of Pozzolanic Activity Index of Scoria, Pumice, and Rice Husk Ash as Potential Supplementary Cementitious Materials for Portland Cement*” en su objetivo plantean evaluar las propiedades del concreto adicionando materiales <sup>2</sup> suplementarios de tipo cementicio <sup>3</sup> como la ceniza de cáscara de arroz, su metodología

experimental se basó en adicionar cenizas de cáscara de arroz en dosis al 10%, 20%, 30% y 40% de sustitución del cemento obteniendo como resultado un aumento del índice puzolánico hasta 87.8% a los 7 días y hasta 88.9% a 28 días, la resistencia compresiva alcanzó un valor máximo de 43 Mpa a los 28 días concluyendo que la adición de cenizas poseen características que mejoran la propiedad compresiva del concreto [39].

En su estudio experimental <sup>45</sup> *Experimental Study on Rice Husk Ash in Concrete by Partial Replacement* plantean como propósito <sup>2</sup> evaluar las propiedades del concreto en referencia a su resistencia reemplazando el cemento con adición al 0%, 10%, <sup>50</sup> 12.5% y 15% de ceniza de cáscara de arroz ( $\text{SiO}_2=88.32\%$ ) donde obtienen como resultado <sup>1</sup> que la adición de ceniza mejora la resistencia a compresión en 5.93% (42.65 N/mm<sup>2</sup>), tracción por división en 59.56% (3.255 N/mm<sup>2</sup>) y a flexión en 18.18% (25.42 N/mm<sup>2</sup>) con la adición al 12.5% siendo ésta la óptima a los 28 días de curado [40].

En el Perú, la tesis de grado profesional <sup>3</sup> *Contrastación entre el bloque de concreto tradicional y bloque de concreto con ceniza de cáscara de arroz, Pucará - Jaén, 2021* propone como objetivo comparar bloques tradicionales de concreto sin y con dosificación de <sup>3</sup> cenizas de cáscara de arroz en proporciones de 5%, 7%, 12% y 15% con escorias resultantes de la quema a temperatura de 650°C y un contenido de sílice de 84.10% concluyendo que la resistencia compresiva disminuye con las dosis propuestas hasta en 32.04% a mayor porcentaje a los 28 días [42].

En su investigación de título <sup>3</sup> *Aplicación de la ceniza de cascara de arroz en las propiedades del concreto de  $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , Lima 2021* propone como objetivo examinar <sup>2</sup> las propiedades del concreto adicionando cenizas de cáscara de arroz con dosis al 0%, 10%, 15% y 20%; aplicando una metodología experimental; concluye que el asentamiento disminuyó entre 80.77% y 100%, la resistencia compresiva aumentó en 16.17% con dosis al 10% y a tracción aumentó en 15.38% con 15% de adición a los 28 días de edad [42].

2 En su investigación para obtener grado de Ingeniero civil 13 *Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín* proponen como objetivo adicionar cenizas provenientes de la cáscara de arroz en el concreto ( $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$ ) para mejorar sus propiedades de resistencia. Usando metodología experimental llegan a la conclusión que la adición de ceniza de cáscara de arroz mejora sustancialmente las propiedades mecánicas de concreto con la dosis al 2% de sustitución y alcanza aumentos de 0.64% ( $f'c 177.66 \text{ kg/cm}^2$ ) y 1.65% ( $f'c 210.35 \text{ kg/cm}^2$ ) y a flexión de 5.67% ( $41.57 \text{ kg/cm}^2$ ) y 3.84% ( $46.06 \text{ kg/cm}^2$ ) en comparación a la muestra patrón a 28 días de edad [43].

En su indagación titulada *“Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018”* plantean como objetivo estudiar el comportamiento que produce la cáscara y ceniza de arroz (Sílice 63%) en las propiedades físicas y mecánicas del concreto con adiciones de 0%, 8% y 12 % de sustitución por peso del cemento concluyendo que la ceniza mejora las propiedades físicas como el asentamiento el cual está dentro del rango establecido en el diseño, mecánicamente el concreto se comporta eficientemente ya que aumenta la resistencia compresiva en 25.54% con la dosis al 8% a los 28 días de edad [44].

La investigación 3 *Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  al sustituir el cemento con ceniza de concha de abanico y cascara de arroz en 12% en la relación 3:1”* plantean como objetivo usar cenizas de concha de abanico y cascara de arroz ( $T^\circ$  de quemado  $450^\circ\text{C}$  y 85.2% de sílice) y adicionarlas al concreto para mejorar sus propiedades mecánicas, en base a una metodología experimental concluye que el porcentaje propuesto disminuye considerablemente la resistencia compresiva del concreto de 13.87% a los 28 días de edad [45].

4 En su indagación *“Adición de cenizas de cascarilla de arroz para el diseño de concreto  $f'c 210\text{kg/cm}^2$ , Atalaya, Ucayali – 2018”*, indica como objetivo, la determinación del porcentaje más apropiado e ideal de CCA 1 en el diseño de un concreto  $210\text{kg/cm}^2$ ; usando

metodología experimental concluye<sup>3</sup> que la incorporación de CCA en reemplazo parcial de cemento es favorable en los porcentajes de 10%-15%, todo lo contrario con la muestra que tiene el 20% de reemplazo, en la cual demuestra que la resistencia disminuye [27].

En su investigación<sup>1</sup> *Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento*; cuyo objetivo fue encontrar la dosis óptima para que el concreto no disminuya su resistencia al adicionar cenizas, emplearon una metodología experimental que consistió en añadir cenizas al 2.5%, 5.0%, 10.0% y 15.0% de sustitución por el cemento; sus resultados arrojan promedios<sup>1</sup> a los 28 días de  $221\text{kg}/\text{cm}^2$  para la muestra de diseño patrón,  $223\text{kg}/\text{cm}^2$  para la muestra con 2.5% de incorporación de ceniza volante,  $231\text{kg}/\text{cm}^2$  para 5%,  $200\text{kg}/\text{cm}^2$  para 10%<sup>3</sup> y  $192\text{kg}/\text{cm}^2$  para el 15% de ceniza volante respectivamente. Concluyendo que adherir cenizas<sup>1</sup> como sustituto del cemento debe estar en un rango menor e igual al 10% [46].

En su trabajo para optar título de ingeniero civil<sup>14</sup> *Uso de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto  $f'c=280\text{ kg}/\text{cm}^2$*  proponen como objetivo adicional<sup>44</sup> ceniza de cascara de arroz al concreto para mejorar sus características a flexo compresión con adiciones de 0.5%, 1%, 3% y 5% la ceniza fue incinerada a  $800\text{ }^\circ\text{C}$ , basándose en una metodología experimental obtiene como resultado que: el porcentaje al 1% de adición aumenta la resistencia compresiva en 35% y con la dosis al 5% se incrementa en 24% en tiempo de 28 días [47].

En su tesis de investigación cuyo título es<sup>2</sup> *Evaluación de las propiedades del concreto empleando ceniza de cáscara de arroz como sustituto del cemento en porcentajes para las edificaciones en la ciudad de Chiclayo* cuyo objetivo es evaluar las características físico-mecánicas del concreto sustituyendo de manera parcial el cemento con ceniza de la cáscara de arroz en dosis al 5%, 10% y 20%, utilizando metodología experimental concluye<sup>40</sup> que la adición de la ceniza mejora sustancialmente las propiedades del concreto en estado plástico y endurecido como la medida a compresión siendo la dosis al 10% la que mejor comportamiento físico mecánico registro a 28 días de edad [48].



Tuvo como objetivo en su investigación “*Diseño de morteros empleando cenizas de cascara de arroz*” inquirir las características mecánicas de los morteros adicionando cenizas, concluyendo que dicho material mejora las propiedades del concreto aumentando su resistencia compresiva y a flexión siendo la dosis óptima al 10% de sustitución incrementando hasta en 18% su resistencia en morteros [49].

Los antecedentes deben describirse mediante una síntesis de los resultados de investigaciones. Deben ser tomados al menos en un 70% de las citas bibliográficas de revistas científicas especializadas e indexadas a bases de datos Scopus y/o WoS preferentemente de los últimos 5 años.

El último párrafo debe incluir la justificación e importancia del estudio. Explicando el por qué y para qué de la investigación. Exponer en qué medida la investigación aportó a la solución del problema; cómo contribuyó a responder a las expectativas y demandas de la comunidad; por qué es necesaria e importante su ejecución; razones (para qué) de la investigación. No se citan autores.

## 1.2. Formulación del problema

¿De qué modo influyen las cenizas de cascarilla de arroz (CCA) en las propiedades físico-mecánicas del concreto?

## 1.3. Hipótesis

La incorporación de un porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) en reemplazo del cemento logra mejorar las propiedades físico-mecánicas de un concreto f'c 280 kg/cm<sup>2</sup>.

## 1.4. Objetivos

### Objetivo general



Evaluar las propiedades físico-mecánicas del concreto usando ceniza de cascarilla de arroz (CCA).

### Objetivos específicos

- Realizar la granulometría de los agregados pétreos.
- Analizar las características físicas y químicas de la CCA.
- Elaborar un diseño de mezclas de  $f'c$  280  $kg/cm^2$  para muestra de control y muestras modificadas con incorporación gradual de 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% respecto al peso del cemento.
- Comparar los resultados de las propiedades de la muestra patrón y las muestras con incorporación de CCA.
- Estimar la dosificación óptima de la incorporación de CCA en el diseño de mezcla de concreto  $f'c$  280  $kg/cm^2$ .

## 1.5. Teorías relacionadas al tema

### 1.5.1. Concreto

Según [50] y para la [51] indica que es una mezcla de cemento portland o algún cemento hidráulico, agregados, agregados (fino y grueso) y agua; además que puede contener o no aditivos.

En el libro “Diseño de estructuras de concreto armado”, indica que el concreto se asemeja a la piedra, y es producto de la combinación idónea de arena, piedra, cemento, agua y aire, destacando una ventaja, la de adoptar la forma y dimensiones de acuerdo con su encofrado [52].

Según menciona que el concreto es una combinación de cemento, arena gruesa, piedra y agua, que va endureciendo según evoluciona la reacción química del cemento con el agua [53].

### 1.5.1.1. Componentes del concreto

Son áridos, inertes que mezclados con aglomerantes con son el cemento y la cal; dan lugar al concreto y mortero; constituyendo alrededor del 75%<sup>1</sup> del volumen de una mezcla. Asimismo, es de suma importancia que posean características de durabilidad y resistencia; además que su superficie de estar libre de impurezas (materia orgánica, barro, etc.) que pueden atentar contra la adherencia de la pasta de concreto y los materiales pétreos.

Es un material granular; artificial o natural, como arena grava, piedra triturada y escoria de alto horno de hierro; y es usado con un ambiente cementante en la elaboración concreto y mortero [54].

Para la esta investigación se utilizó agregados provenientes de las canteras "La Victoria", "La Cría", "Tres Tomas", Kamipao, El Cinco y Pacherras; todas en el departamento de Lambayeque.

#### a. Clasificación de los materiales

- Agregados naturales

##### - Agregado fino:

Es la piedra o arena natural triturada finamente, con dimensiones que traspasen el tamiz (3/8") o 9.51 mm<sup>39</sup> y retenerse en el tamiz (N°200) 0.074 mm [55].

Dentro de ellos encontramos la arena fina y gruesa

##### - Agregado grueso

Se retiene en el tamiz (N° 4) o 75 mm. y puede ser piedra chancada o grava; adicionalmente cumplir con la NTP 400.011; además debe gradarse según los límites de la NTP 400.037 [55].

Dentro de ellos encontramos a las gravas, hormigón y afirmado.

- Agregados artificiales

Son los resultantes de la transformación industrial de un material natural como la piedra triturada y escorias siderúrgicas.

b. Ensayos de agregados

- Peso específico de la masa  $kg/m^3$

Indica al <sup>4</sup> peso específico como la relación entre el peso del material y su volumen, esto es de suma importancia ya que a partir de esta relación se puede definir la calidad, la resistividad además de la edad duradera <sup>16</sup> del concreto. En el mejor de los escenarios poder contar con materiales de alto valor define un buen comportamiento, todo lo contrario, con los de valor bajo [56].

- Porcentaje de absorción

Los agregados incrementan el peso por sus características físicas, como la permeabilidad, porosidad y otros. La <sup>4</sup> absorción es la saturación máxima de agua que puede contener el agregado en sus poros, esto es de suma importancia en la prueba de mezcla, ya <sup>3</sup> que se reducirá el agua de la mezcla e influirá en la trabajabilidad, por lo tanto, se tienen que realizar varias correcciones.

$$\% \text{ Absorción} = ((B - A) / A) * 100$$

B= Peso saturado seco

A=Peso seco

- Contenido de humedad

Señala al <sup>3</sup> volumen de agua presente en el agregado en su forma natural, este dato es de suma importancia porque influirá en la determinación de proporciones de agua y cemento [56].

Se obtiene esta muestra representativa de agregado aplicando el método de cuarteo buscando que sea al azar y de apariencia homogénea.

- Porcentaje de vacíos

Porcentaje de espacios dentro de las partículas de agregado.

- Tamaño máximo nominal

Define al tamaño menor de la malla o tamiz por donde pasa gran parte del agregado. El tamiz que define el tamaño máximo nominal podría retener entre el 5% y 15% del agregado y esto depende del número de tamaño.

- Módulo de fineza (MF)

Menciona que consiste en la suma del material retenido en las mallas estandarizadas expresado en porcentajes y dividido entre 100, la norma establece que el MF nunca debe estar por debajo de 2.3 ni mayor de 3.1, los módulos con rangos entre 2.2 y 2.8 ofrecen concretos de óptima trabajabilidad y de mínima segregación; también menciona a módulos entre 2.8 a 3.1 que son muy buenos para mezclas de concretos con resistencia alta [56].

- Peso volumétrico o unitario

Lo define como peso de la unidad de volumen, así mismo se encuentra en relación con el nivel de compactación, tamaño, forma, granulometría y contenido de humedad de los agregados [56].

- Peso unitario suelto (PUS)

Material seco donde en un recipiente es vertido suavemente hasta el punto de su derrame y finalmente es nivelado al ras usando una varilla. Es de importancia en el transporte, manejo y almacenamiento de los agregados, por lo que siempre se realizan en estado suelto. Se determina como cantidad de árido suelto por unidad de volumen.

- Peso unitario compactado (PUC)

Para el material que se ha expuesto a compactación para elevar el nivel de acomodo del material (partículas de agregado) y así disminuye el valor de su masa

unitaria. Para calcular el volumen absoluto de los agregados, es de suma importancia saber el Peso unitario compactado de los agregados; así como para el cálculo de los porcentajes de vacío de los materiales.

#### **1.5.1.1.2. Cemento**

Producto aglomerante en adición y cohesión, donde principalmente agrupa fragmentos minerales y así formar un conglomerado resistente y con durabilidad adecuada [27].

- Cemento portland

Producto extraído del proceso de molienda y pulverización del Clinker con adiciones eventuales de sulfato de calcio. Puede permitirse la incorporación adicional de insumos sin que estos sobrepasen del 1% con relación al peso del global, pero considerando la normativa donde indique que su incorporación no puede alterar las propiedades del producto resultante. Estos productos junto con el Clinker tienen que pulverizarse homogéneamente en conjunto. En esta investigación se utilizó el cemento portland tipo I ordinario de la empresa Pacasmayo S.A. [50]

#### **1.5.1.1.3. Agua**

Al agua como componente del mortero, y genera en el cemento reacciones químicas y finalmente lo llevan a fraguar y endurecer hasta constituir una estructura única sólida en conjunto con los agregados. Es muy importante el agua en la elaboración de concretos, mezclas, en los procesos de lavado de los agregados, curado y riego del concreto; por lo cual debe estar limpia y libre de partículas o sustancias de todo tipo. [57]

### **1.5.1.2. Propiedades del concreto**

#### **1.5.1.2.1. En estado fresco (Plástico)**

- **Trabajabilidad**

Esta característica denota la manejabilidad del concreto en estado fresco para su fácil o sencillo proceso de mezclado, de transporte, su colocado y finalmente compactado.

6 Es la facilidad que tiene el concreto para ser colocado y se pueda compactar sin producir segregación, por ende, si se exige un producto de calidad la trabajabilidad juega un papel de mucha importancia [58].

- **Exhudación**

Según la ACI es un gel líquido viscoso que surge de poros, de fisuras o de aberturas sobre la superficie del concreto o hormigón. [59].

Tiene origen por defectuosas manipulaciones durante el transporte, vaciado y vibrado de la mezcla.

- **Consistencia**

Es la facilidad para fluir de una mezcla, así como de acomodarse interiormente en los encofrados para llenarlos absolutamente. La consistencia va ligada a la proporción de agua y cemento que posee la mezcla, así también a la estructura y dimensiones de los áridos que se usen en la preparación de la mezcla. De acuerdo con su nivel de fluidez pueden ser mezclas plásticas, secas y fluidas. Para elegir el grado de fluidez se toma en cuenta la estructura a construir, así como del método empleado para compactar, ya sea mecánico (con máquina), o manual [60].

26 El ensayo del Cono de Abrams o Slump se aplica para controlar y evaluar apropiadamente la consistencia y la humedad que posee una mezcla de concreto en estado fresco [61].

Slump: explica que este ensayo es realizado a través del cono de Abrams con forma troncocónica aberturas a ambos lados y se asienta sobre

una base metálica plana y lisa; las aberturas o bocas miden 20 cm en su base inferior y 10cm. en su base superior por donde se pone el material en estado plástico. Para ejecutar el ensayo se llena <sup>3</sup> de concreto el cono en 3 niveles o capas, donde en cada capa se aplicará 25 golpes con una barra lisa de acero, buscando acomodar la mezcla adecuadamente en todo el interior del cono, se deja reposar por unos minutos para posteriormente retirar el molde cuidadosamente, finalmente se observará y se medirá el asentamiento que consiste en la diferencia de alturas <sup>3</sup> entre la parte superior del cono y el límite superior del concreto asentado, ésta diferencia debe estar entre 8 y 12 cm que indica que es una mezcla con manejabilidad adecuada [61].

- Contracción

Son las variaciones de volumen en una mezcla de concreto <sup>76</sup> por la pérdida de agua por evaporación, donde también influye la humedad y temperatura respecto al medio ambiente donde se prepara la mezcla. Controlando la contracción se evita problemas de figuración en el proceso de endurecimiento del concreto. Para disminuir este problema se debe curar adecuadamente, considerando la normativa vigente que especifica el procedimiento de curado del concreto [53].

En resumen, se puede concluir que es la transformación del volumen del concreto desde el inicio de la catálisis y durante el fraguado, endurecido y secado del concreto final.

- <sup>1</sup> Segregación

“Es la separación del agregado fino, grueso y la pasta de cemento en la mezcla fresca y provocan una disformidad y discontinuidad homogénea en su mezcla y contrae perjuicio al concreto ya que disminuye si resistencia final; este efecto puede suceder durante el manejo de la mezcla fresca (vertido, transporte o compactado del concreto)” [27].

- Tiempo de fragua

Es el tiempo que transcurre desde la incorporación del agua a una mezcla con cemento, hasta su rigidez.

- <sup>1</sup> Peso unitario

Resulta de dividir el peso del material entre su volumen total incluyendo los vacíos.

- Contenido de aire

Según la [45] es la cantidad de espacios o <sup>1</sup> volumen de vacíos de aire en la mezcla o pasta de concreto, sin considerar los espacios de los poros de los agregados; se indica como una fracción en porcentaje respecto al <sup>75</sup> volumen total de la mezcla de concreto.

- Calor de hidratación

Es temperatura que se libera en el transcurso de la catálisis cuando hacen contacto el agua y el cemento.

#### 1.5.1.2.2. *En estado endurecido*

- <sup>1</sup> Resistencia a la compresión

Es la propiedad y característica más resaltante que tiene el concreto, indicando la capacidad de tolerar o soportar cargas sobre una unidad de área específica. Este ensayo es ejecutado en muestras, testigos, especímenes (probetas cilíndricas encofradas en moldes especiales con diámetros y altura <sup>63</sup> de 15 cm y 30 cm. respectivamente) [26].

- Resistencia la flexión

Se denota como la tolerancia o resistencia a la falla ocasionada por momentos. Este ensayo se aplica a vigas y losas de concreto sin reforzar, y se mide a través de aplicación de cargas.



- Módulo de elasticidad

1 Relación que existe entre el esfuerzo al que se somete el material y su deformación unitaria. Representa la rigidez que tiene el material cuando es sometido a carga” [62].

### 1.5.1.3. Especimenez de control

Se refieren a las probetas y viguetas ya con el diseño final de mezcla, según la normativa de la [49] que refiere al diseño de especímenes y curado.

### 48 1.5.1.4. Curado

El concreto debe mantenerse húmedo durante el curado, aportándole humedad o previniendo su pérdida [64].

3 En su texto titulado “Tecnología del concreto” señala que: Cuando el cemento está sumergido con agua hidratándose, genera endurecimiento progresivo del concreto [65].

### 84 1.5.1.5. Edad del concreto

El concreto eleva su resistencia de carga conforme incrementa su edad, y así su resistencia a la compresión y esto sucede importantemente a los primeros 14 días y alcanzando un 90%, después los resultados serán graduales hasta llegar a los 28 días donde alcanzará una resistencia del 99 % [65].

## 1.5.2. Ceniza de cascarilla de arroz

33 Después de la quema de cascarilla de arroz (CA) se obtiene un 18% de CCA que contiene 92% de sílice. Asimismo, indica que, por cada 5 toneladas de cascarilla de arroz, resulta 1 tonelada de ceniza [27].

La CCA producida de la combustión se compone fundamentalmente de sílice 87%-97% y además de mínimas proporciones de sales inorgánicas y su calidad está ligada a situaciones como la temperatura de calcinación, los pretratamientos químicos, tiempo que tarda su combustión, el tiempo de incineración, y el tipo de horno [13].

### 1.5.2.1. Características físicas y propiedades de la CCA

Polvo suave y fino al tacto de aparente color grisáceo por <sup>6</sup> la proporción de hierro y carbón sin quemar. Las propiedades y características físicas dependen de sus componentes químicos, el nivel de pulverización de la misma ceniza, y <sup>90</sup> la temperatura de combustión y el tipo de horno o caldera.

Tabla 1

*Composición Química de la Ceniza de Cáscara de arroz por autores.*

Autores	Composición Química (%)											
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	LOI
[52]Bolivia	90.74	0.09	0.32	1.01	0.43					0.33	0.87	
[53] Bélgica	91.20	1.6	0.6	0.8	0.2		0.2	0.1			1.8	2.9
[54]India	85.76	0.25	1.15	0.74	0.81	0.31						4.05
[55] Bangladés	86.29	0.57	0.57	1.13	0.62	0.27	0.22			0.12	2.3	7.35
[56]India	89.47	0.83	0.53	0.68	0.37	0.12				0.22	0.17	7.61
[57]Tailandia	92.33	0.31	0.2	1.29	0.36	0.01				0.16	1.54	1.89
(Kang, Hong, & Moon, 2018) Korea	92.00	0.31	0.38	0.97	0.47		0.28		0.75	0.2	3.87	0.76
[58]Irán	91.15	0.41	0.21	0.41	0.45	0.62				0.05	6.25	0.45
(Safari et al , 2018) Irán	91.94	0.29	0.25	1.05	0.44	0.37		0.07		0.11	1.69	2.65
[59]Irán	88.07	1.35	0.22	1.04	0.74	0.49	0.11		2.08	1.15	2.02	2.61
(Jung et al, 2018) Korea del sur	91.79	2.12	0.8	1.27	0.67					0.14	0.76	1.56

*Nota.* La presente Tabla muestra la composición química de la ceniza de cascara de arroz por investigadores según país. Adaptada para la presente

### 1.5.2.2. Sílice de la CCA.

La cascara de arroz está formado de sílice en más del 80%, con dimensiones entre 2-4 mm de ancho, 4-14 mm de largo y 50 µm de espesor aproximadamente por la gran variedad de arroz que existe [27].

**Tabla 2**

*Contenido de Sílice de la escoria de cáscara de arroz según Países*

Compuesto	País	Contenido (%)
Óxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	Brasil	92.9
	Canadá	87-97
	Guyana	88-95
	India	86-94
	Iraq	86.8
	Japón	91.6
	Malasia	93.1
	Nordland	86-96
	Nigeria	67-76
	Tailandia	89-95
	USA	87-97
	Vietnam	86.9
	Colombia	96.51
	Venezuela	80.33
Perú	92.19	

*Nota.* Adaptado de [18], [73], [74], [75].

### 1.5.2.3. Temperatura de quemado.

A decir de que para lograr un buen comportamiento puzolánico es de extrema importancia el grado de la temperatura de combustión a la que será expuesta la cáscara de arroz, es recomendable la quema por debajo de 1440°C (punto fusión) [2].

La temperatura óptima de incineración es 600°C ya que a mayor grado provocaría la formación de K<sub>2</sub>O el cual al descomponerse generar alto contenido de carbono [15].

**Tabla 3**

*Datos de Tiempo y Temperatura de incineración por autores*

Autores	Temperatura °C	Tiempo (Horas)
(Pérez Quiñones, Llanes Pérez, & Morales Rodríguez, 2021)	550-700	0.5-2
[63]	600-750	-
[2]	600	24
[25]	700	1
[24]	500-800	24
[11]	700	2
[64]	600	5
[27]	600-900	1
[65]	300-900	10
[66]	700	3

*Nota.* La Tabla 3 nos muestra la temperatura y tiempo de incineración expuesta la ceniza.

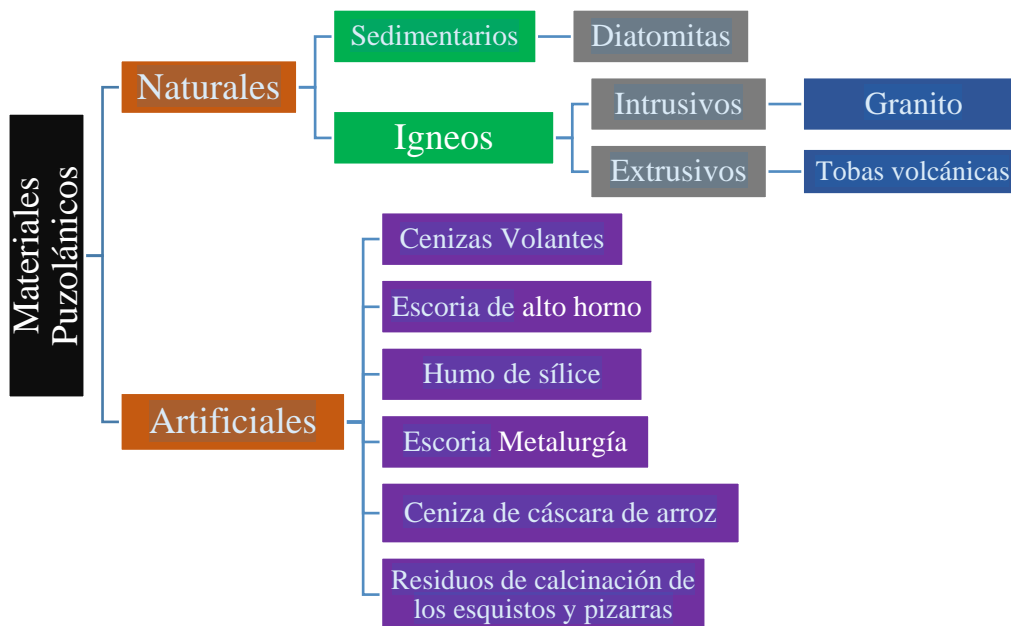
#### **1.5.2.4. Puzolanas.**

Materiales artificiales o naturales que en su composición posee aluminio y/o sílice reactiva, con ningún aglomerante, pero si se las mezcla con agua y cal, reaccionan fraguando y endureciendo al igual que el cemento. Hoy en día, son ingredientes muy usados en la fabricación de insumos alternativos al cemento Portland [29].

##### **1.5.2.4.1. Clasificación de las puzolanas.**

#### **Figura 1**

**6** *Clasificación de los materiales Puzolánicos*



Nota. Clasificación de los materiales puzolánicos adaptado de [29]

#### 1.5.2.4.2. Porcentajes de sustitución

Existen normas Internacionales, referentes a los estándares mínimos de aprobación como cenizas puzolánicas a usar en el concreto sin embargo no proponen una dosificación de la cantidad optima a ser adheridas que puedan satisfacer o mejorar las propiedades en la mezcla del concreto [79] [80].

Muchas de las proporciones que se sugieren parten a raíz de investigaciones a nivel mundial, las cuales han sugerido porcentajes acordes a la calidad de las cenizas i.e. su cantidad de sílice, la temperatura y tiempo de calcinación, donde puedan satisfacer las características físicas y mecánicas del concreto.

**Tabla 4**

*Porcentajes de sustitución en mezclas de concreto por autores*

Autores	Porcentaje de sustitución (%)
[2]	0, 5, 10, 15, 20
[11]	10, 13, 16
[64]	0, 5, 10, 15, 20 y 25
[25]	0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30
[24]	0.5, 7.5, 10, 12.5, 15

[27]	10, 20, 30, 40
[55]	0-25
[56]	0, 5, 10, 15, 20
[28]	0, 10, 12.5, 15

<sup>88</sup> Nota. La Tabla 4 muestra el porcentaje de adición de ceniza en el concreto por autores.

### 1.5.3. Diseño de mezcla.

Proceso de elegir materiales en cantidades y proporciones necesarias que compondrán un metro cubico de concreto, regidas por las normas ASTM [81].

#### <sup>87</sup> 1.5.3.1. Información requerida para el diseño.

Para la realización del diseño establecido en esta investigación se asumió los siguientes criterios:

- Análisis granulométrico
- <sup>4</sup> Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso).
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso).
- Tipo y marca de cemento.
- Peso específico del cemento
- Relaciones entre la resistencia y la relación agua/cemento para combinaciones posibles de cemento y agregado.

## 11. II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

Esta investigación es de tipo de investigación descriptiva, ya que desarrolla un procedimiento experimental y al mismo tiempo es un trabajo original del autor.

### 2.2. Variables, Operacionalización

5 En la operacionalización de las variables, presentar el proceso de transformación de la variable (conceptual) a una Operativa, a través de indicadores que permitirán cuantificar la variable:



**Tabla 5**

*Variable Independiente y Operacionalización.*

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Técnica e instrumento de recolección de datos	Valores Finales	Tipo de Variable	Escala de Medición
<b>CCA Ceniza de cáscara de arroz</b>	Según (Aliaga y Badajos, 2018) señalan que después de la quema de cascarilla de arroz (CA) se obtiene un 18% de CCA que contiene 92% de sílice. Asimismo, indica que, por cada 5 toneladas de cascarilla de arroz, resulta 1 tonelada de	Según (Aliaga y Badajos, 2018) señalan que la cascara de arroz está formado de sílice en más del 80%, con dimensiones entre 2-4 mm de ancho, 4-14 mm de largo y 50 µm de espesor aproximadamente por la gran variedad de arroz que existe (p.30).	Características Físicas	Color			-	69 Categórica	3 Intervalo
				Temperatura	1	Revisión	°C	Numérica	Intervalo
				1 Finura	documentaria	%	Numérica	Intervalo	
				humedad	Observación	ml	Numérica	Intervalo	
				Índice puzolánico	Ficha técnica	%	Numérica	Intervalo	
				Pérdida por Calcinación	Equipos de laboratorio de ensayos de materiales	%	Numérica	Intervalo	
			Densidad		g/cm3	Numérica	Intervalo		
			Dosificación	Peso	%	Numérica	Intervalo		
				Costo CA	s/	Numérica	Intervalo		
			Evaluación Económica	Costo de Transporte			Cotización	s/	Numérica

ceniza  
(p.28).

2 Nota. La Tabla 5 muestra la operacionalización de la variable Independiente

**Tabla 6**

*Variable Dependiente-Operacionalización.*

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Item	Técnica e instrumento de recolección de datos	Valores Finales	Tipo de Variable	Escala de Medición
Propiedades físico-mecánicas	<p>Para (Jaime y Portocarrero, 2018) la resistencia a compresión es la propiedad y característica más resaltante que tiene el concreto, indicando la capacidad de tolerar o soportar cargas sobre una unidad de área específica. La Resistencia a la flexión. Se denota como la tolerancia o resistencia a la falla ocasionada por momentos. Este ensayo se aplica a vigas y losas de concreto sin reforzar, y se mide a través de aplicación de cargas.</p>	<p>Procesos mediante los cuales permiten evaluar la naturaleza y calidad del concreto para verificar sus capacidades de carga o su deformación ante un esfuerzo.</p>	<p>1 Propiedad de Agregado: Fino y Grueso</p>	Peso Unitario			g/cm3	Numérica	
				Peso Especifico		Equipos de laboratorio de ensayos de materiales	g/cm3	Numérica	Intervalo
				contenido de Humedad			ml	Numérica	
				Absorción			%	Numérica	
				Módulo de Fineza			-		

<p>El Módulo de elasticidad. Según (Osorio, 2020) "Relación que existe entre el esfuerzo al que se somete el material y su deformación unitaria. Representa la rigidez que tiene el material cuando es sometido a carga".</p>		Tamaño Máximo Nominal		cm	58 Numérica	
	Cemento	Tipo I	Ficha técnica	kg	Numérica	
	Agua	Acidez	1 Ficha técnica	ph		
	Propiedades Físicas	Consistencia			77 cm	Numérica
		Slump			cm	Numérica
		Peso Unitario			g/cm3	Numérica
		Temperatura			°C	Numérica
	Propiedades Mecánicas	1 Resistencia a la Compresión		Equipos de laboratorio de ensayos de materiales	Kg/cm2	Numérica
		Resistencia a la Flexión			Mpa	
		Módulo de Elasticidad			Kg/cm2	Numérica

Nota. La Tabla 6 muestra la operacionalización de la variable Independiente

## 2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

### 2.3.1. Población

Está representada por un total de 186 especímenes que consta de 126 probetas cilíndricas de 15cm x 30cm; y 60 viguetas de 15cm x 15cm x 50cm preparados considerando la normativa peruana vigente y desarrollado en el departamento de Lambayeque para alcanzar diseño de  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> en porcentajes de 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% de adición.

### 2.3.2. Muestra

Está dado por el material que sirvió como puzolana a decir la cascara de arroz, la cual fue recolectada de los molinos cercanos a la zona de estudio para luego ser incinerada a 750.0 °C y evaluadas posteriormente químicamente y el aglutinante se considera el cemento portland Tipo I.

**Tabla 7**

Distribución de la cantidad de especímenes cilíndricos por dosificación.

Resistencia requerida ( $f'c$ )	Adición de ceniza (%)	EDAD DE CURADO(Días)		
		7	14	28
280 kg/cm <sup>2</sup>	0%	7	7	7
	2.5%	7	7	7
	5%	7	7	7
	7.5%	7	7	7
	10.0%	7	7	7
	12.5%	7	7	7
				<b>126</b>

Nota. Para la realización de la presente investigación se usarán especímenes cilíndricos para los ensayos a compresión, la tabla 7 muestra la distribución de los especímenes según adición de CCA.

**Tabla 8***Distribución de la cantidad de especímenes prismáticos por dosificación*

Resistencia requerida (f'c)	Adición de ceniza (%)	EDAD DE CURADO(Días)	
		7	28
280 kg/cm <sup>2</sup>	0%	4	6
	2.50%	4	6
	5%	4	6
	7.50%	4	6
	10.00%	4	6
	12.50%	4	6

*Nota.* Se usarán también vigas prismáticas para los ensayos a flexión, para ello la Tabla 8 nos muestra la cantidad de especímenes a elaborar.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1. Técnicas de recolección de datos

#### 2.4.1.1. Observación

Se consideró las consecuencias, efectos e impacto que ocasiona incorporar CCA en concretos de 280 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 2.4.1.2. Análisis de documentos

En la presente investigación se revisó documentación y bibliografía física y virtual como artículos científicos, tesis, normas técnicas, etc.; todas relacionadas a esta investigación.

### 2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Para la recopilación y recolección de datos se toma guía documentaria la Norma Técnica Peruana (NTP) y la Norma American Society for Testing and Materials (ASTM), quienes establecen parámetros y especificaciones para los diferentes tipos

de ensayos a practicarse para su adecuada ejecución y así adquirir datos válidos y fiables.

Asimismo, se solicitará guías y formatos del laboratorio de LEMS para materiales y ensayos; con la finalidad de ordenadamente anotar resultados.

#### **2.4.3. Validez**

Para esta tesis se llevaron a cabo ensayos y procedimientos en laboratorio de calidad, asimismo de una interpretación correcta de los resultados por parte del investigador y de la asistencia del técnico de laboratorio; todo esto para asegurar la seguridad y veracidad de los datos y/o resultados en cada uno de los ensayos ejecutados. Finalmente, la calidad de presente investigación puede servir de base científica e investigativa para investigaciones futuras.

#### **2.4.4. Confiabilidad**

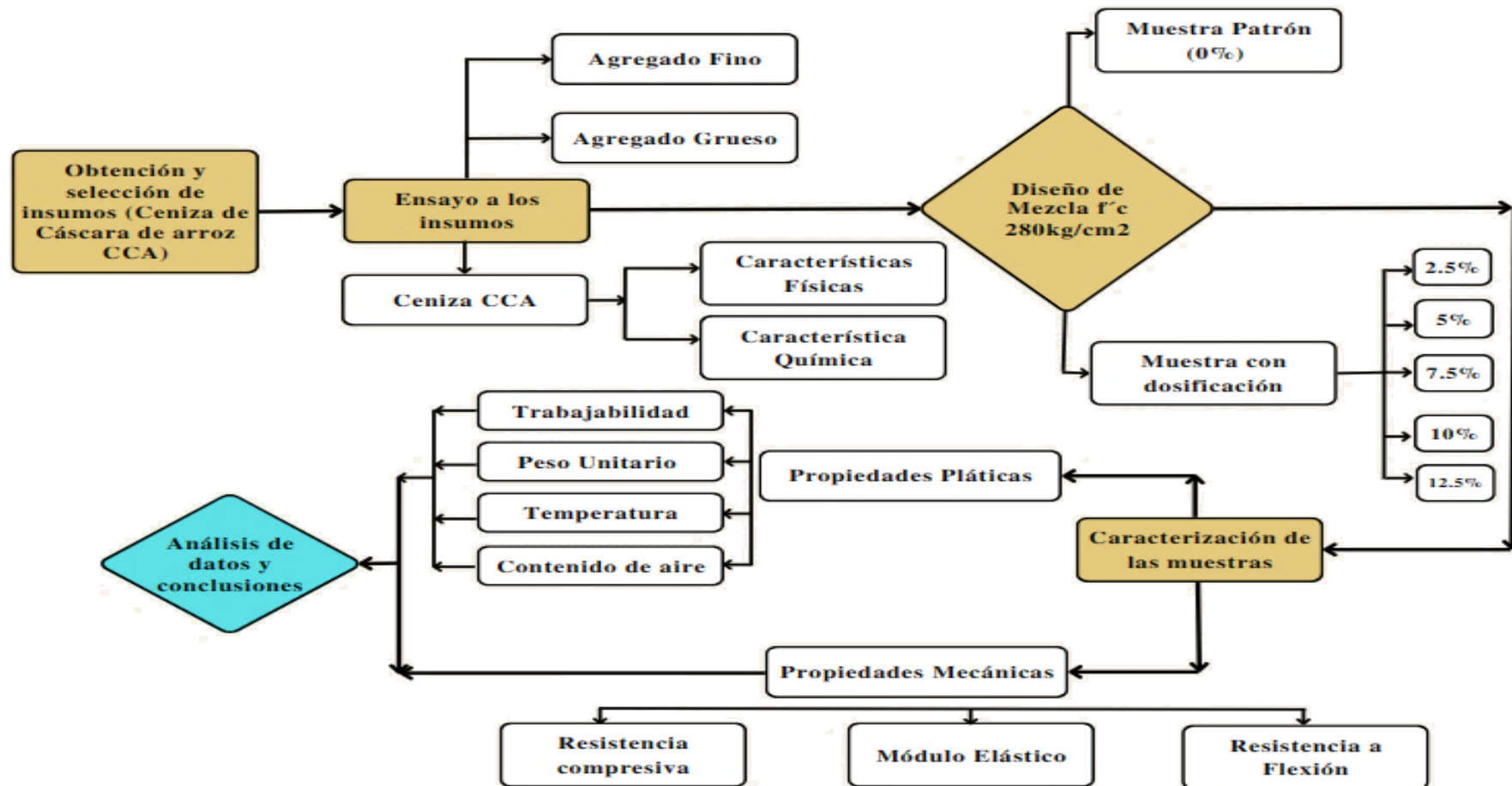
La presente investigación es confiable a medida que se consideró una población real, adicionalmente se realizó una adecuada recolección de cada uno de los datos y resultados de las evaluaciones y ensayos realizados a los materiales y especímenes, tratando de ser consistente y lo más claro posible.

## **2.5. Procedimiento de análisis de datos**

### **2.5.1. Diagrama de flujo de procesos**

**Figura 2**

*Diagrama de Flujo de Procesos*



## 2.6. Criterios éticos

### 2.6.1. Ética científica.

Se resalta la integridad y la honestad en el proceso de la investigación, sobre todo en la recopilación de datos y resultados, considerando que esto promueve la veracidad y fiabilidad de estos estudios y resultados garantizando su consideración en la revisión de cualquier investigador, además de punto de inicio para nuevas investigaciones relacionadas al tema. Por lo tanto, la colaboración que se da entre investigadores ayuda a que progrese la ciencia y desarrolle constantemente a través de la validación de cada uno de los resultados.

### 2.6.2. Ética profesional.

Se resaltó la ética que todo profesional de ejercer y aplicar en todas las labores personales y profesionales; en nuestro caso consideró también el código ético del Ingeniero Civil, desarrollado por el Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) donde establece sanciones aplicables por faltas al comportamiento ético del profesional de la ingeniería civil definidas el código. Por lo tanto, la presente investigación está sujeta a dicho código.

### 2.6.3. Criterios de rigor científico

Atribuido al tesista considerando sus habilidades para seguir el camino donde otro investigador consiguió afirmar un resultado, basándose en documentación revisada y registros con patrones claros y ordenados.



## III. RESULTADOS

### 3.1. Resultados

Los resultados que son expuestos a continuación se realizaron manteniendo el control de calidad en laboratorio y referenciados bajo la normatividad nacional e Internacional.

#### 3.1.1. Análisis de materiales de cantera

En la presente tesis dada la relevancia que implica la caracterización de los agregados pétreos para un diseño de mezcla y que pueda cumplir con los estándares de calidad y la post fabricación de concretos que cumplan las propiedades requeridas, se ha realizado un análisis exhaustivo del agregado fino y grueso que se extrajeron de canteras cercanas al departamento de Lambayeque.

##### 3.1.1.1. Granulometría y análisis

- Para el agregado fino

Del comparativo de canteras se pudo determinar que la de mejor comportamiento granulométrico para el fino fue La Victoria en la Provincia de Chiclayo, cumpliendo con los parámetros establecidos y obteniendo un MF de 3.06 [82].

**Tabla 9**

Resultado del estudio granulométrico para el agregado fino.

Tamiz	%	% Ret.	% Que Pasa	GRADACIÓN
Pulgadas (mm.)	Ret.	Acumulad o	Acumulado	"C"
3/8"	9.520	0.0	0.0	100
Nº 4	4.750	3.0	3.0	95 - 100
Nº 8	2.360	14.6	17.6	80 - 100
Nº 16	1.180	23.0	40.6	50 - 85
Nº 30	0.600	26.4	67.0	25 - 60
Nº 50	0.300	16.6	83.6	10 - 30
Nº 100	0.150	10.8	94.4	2 - 10

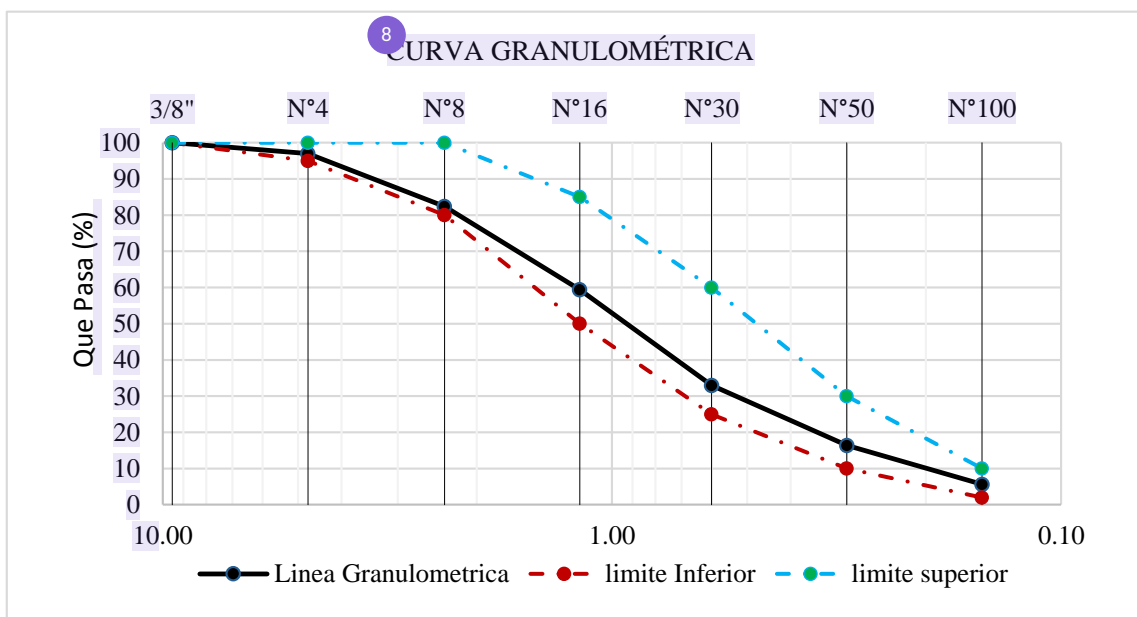
**MÓDULO DE FINEZA**

**3.06**

Nota. La presente Tabla nos muestra la granulometría para el árido fino proveniente de la cantera La Victoria, adaptado de los ensayos en laboratorio [83].

**Figura 3**

Esquema granulométrico para el agregado fino.



Nota. Adaptado de resultados de ensayos en laboratorio [83].

- Para el agregado grueso

Se determinó que la cantera Tres Tomas en Ferreñafe granulométricamente es la de mejor comportamiento para el agregado grueso con un tamaño Máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ ".

**Tabla 10**

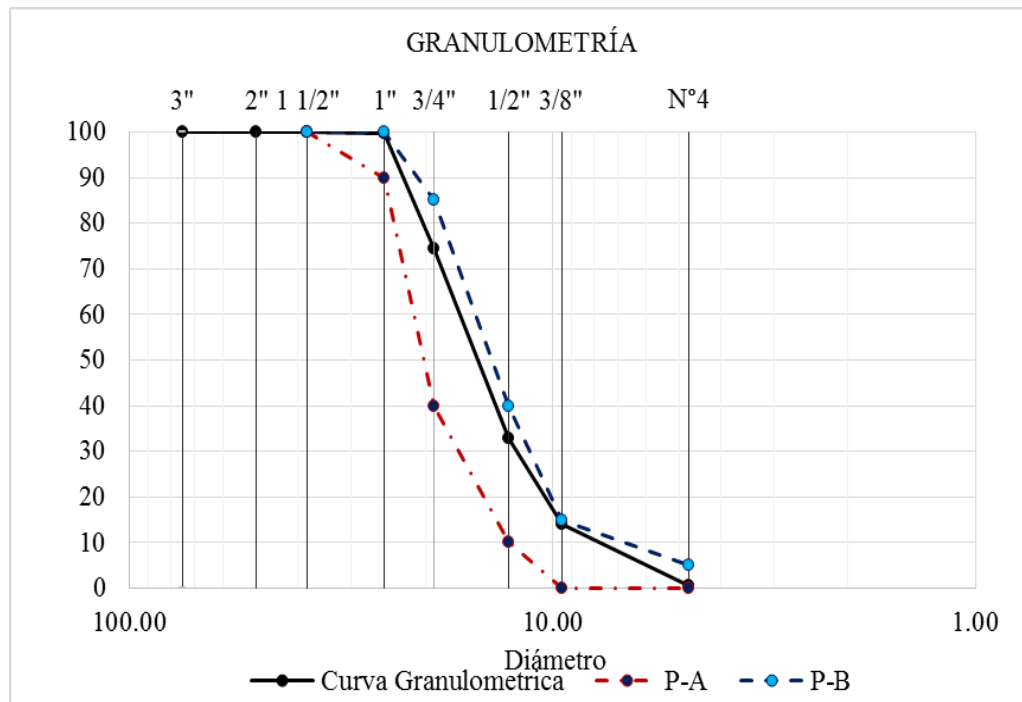
*Resultado del estudio granulométrico para el agregado grueso.*

N <sup>o</sup> Tamiz	Abertura (mm)	% Retenid.	% Acumulados Retenid.	% Que pasa Acumulados	HUSO
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	56
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.4	0.4	99.6	90-100
3/4"	19.00	25.2	25.6	74.4	40-85
1/2"	12.70	41.6	67.2	32.8	10-40
3/8"	9.52	18.8	86.0	14.0	0-15
N <sup>o</sup> 4	4.75	13.5	99.5	0.5	0-5
<b>TMN</b>				<b>3/4"</b>	

Nota. Resultado granulométrico para el árido grueso extraído de la Cantera Tres Tomas obteniendo un TMN de  $\frac{3}{4}$ ". Adaptado del laboratorio [83].

**Figura 4**

*Esquema Granulométrico para el agregado grueso.*



Nota. En la Figura 4 se muestra la distribución granulométrica para el árido grueso, adaptado de [83].

### 3.1.1.2. Peso Unitario, específico, contenido de humedad y absorción

Los resultados que se obtuvieron han sido referenciados bajo las normas peruanas como la NTP. 400.017 para el peso unitario, NTP. 400.022 peso específico, NTP. 400.012 contenidos de humedad y la NTP. 400.021 absorciones, los cuales reflejaron los valores siguientes:

**Tabla 11**

*Caracterización física del agregado fino cantera La Victoria*

<b>Característica Física</b>	<b>Valor</b>
1 Peso Unitario Suelto	1600.0 gr/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1761.0 gr/cm <sup>3</sup>
Peso Específico	2.52 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	0.62%
Contenido de Humedad	0.58%

*Nota.* La presente Tabla muestra la caracterización física del árido fino. Adaptado de ensayos de laboratorio [83]

**Tabla 12**

*Caracterización física del agregado grueso cantera Tres Tomas*

<b>Característica Física</b>	<b>Valor</b>
1 Peso Unitario Suelto	1278.0 gr/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1394.0 gr/cm <sup>3</sup>
Peso Específico	2.66 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	1.00%
Contenido de Humedad	0.28%

*Nota.* Se presenta en la Tabla 12 la caracterización física del árido grueso. Adaptado de ensayos de laboratorio [83].

### **3.1.2. Análisis físico y químico de la CCA**

Se analizó cascara de arroz proveniente de cultivos del departamento de Lambayeque, se realizaron ensayos físicos como densidad [84], el índice puzolánico bajo la [85] y [86], la finura con [87], el porcentaje de humedad [79] y la pérdida de calcinación, ensayo químico [88].

#### **3.1.2.1. Características físicas de la CCA**

- Índice de puzolanidad de la CCA

**Tabla 13**

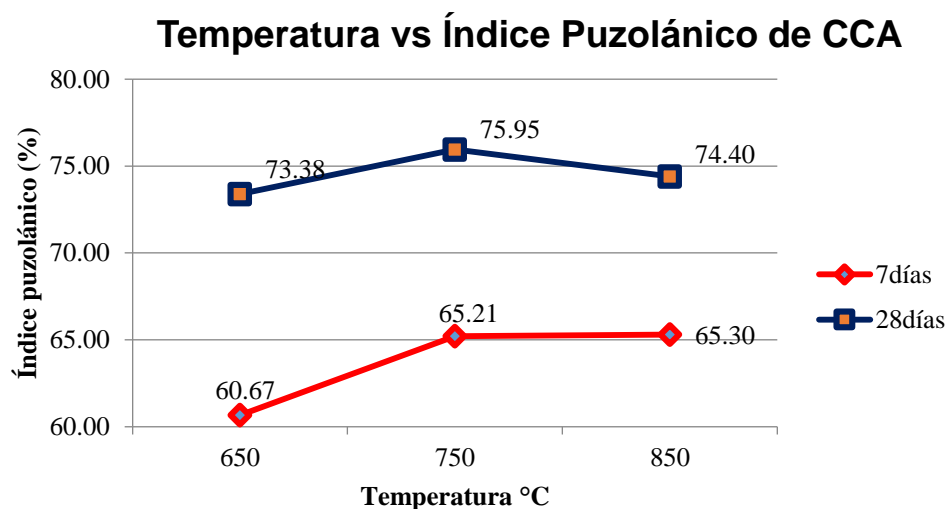
*Índice puzolánico (%) por grado de incineración de las muestras.*

Muestra	Temperatura	IP (%)	
		7días	28días
A	650	60.67	73.38
B	750	65.21	75.95
C	850	65.30	74.40

3 La Tabla 13 muestra los resultados obtenidos a partir del ensayo de índice puzolánico donde se analizaron muestras que fueron incineradas de forma controlada y gradual en rango de diferencia de  $\pm 100^{\circ}\text{C}$ , siendo la de mejor comportamiento puzolánico, la Muestra B.

**Figura 5**

*Comportamiento Puzolánico de la CCA por grado de incineración.*



- Densidad de la CCA

**Tabla 14**

9 *Resultado del ensayo de densidad de la CCA.*

Característica	valor
Peso de CCA (gr)	50

Vol. Inicial kerosene (ml)	0
Vol. Final desplazado kerosene (cm3)	21.7
densidad (CCA)(g/cm3)	<b>2.30</b>

La Tabla 14 muestra el resultado del ensayo de densidad de la CCA que mejor comportamiento puzolánico tuvo obteniendo 2.30 g/cm3.

- Finura de la escoria de CCA

A continuación, se presenta en la Tabla 16 el resultado del ensayo de finura el cual fue referenciado según la (N.T.P.334-045, 2010) pasando por el tamiz N°325 (45 µm) lavado, secado y trabajado en laboratorio obteniendo 33.11% el cual cumple con lo estipulado en la (ASTM C 618, 2003) de tener como máximo el 34%.

### Tabla 15

*Resultado del ensayo de finura a la CCA*

Descripción	Valores
Cantidad de la Muestra CCA	1000 gr
Residuo sobre el Tamiz # 325	475.7 gr
Residuo medido el Tamiz # 325 (%)	47.57 %
Residuo Corregido para Cenizas	33.11 %

Nota: La Tabla 15 presenta los resultados del ensayo de finura de la CCA.

- Contenido de humedad de la CCA

Se muestra el resultado obtenido del ensayo de contenido de humedad y es de 2.30 %.

**Tabla 16***Contenido de humedad del material CCA*

Descripción	CCA(Recibida)
Peso del material recibida (A)	<b>100 gr</b>
Peso del Recipiente(tara)	49.3 gr
Peso neto de la masa seca+Recipiente	<b>147 gr</b>
Peso de la masa seca	<b>97.70 gr</b>
Pérdida de masa (B)	2.30 gr
Contenido de Humedad	<b>2.30 %</b>

*Nota.* La Tabla muestra un contenido de humedad de 2.30 %

- Pérdida por calcinación de las muestras

Se muestran los resultados del porcentaje obtenido del proceso de calcinación que sufre la cáscara de arroz por grado de temperatura e incinerados por tiempo de 3.5 horas para luego pasar por un proceso de enfriado y pesado.

**Tabla 17***Pérdida por calcinación a diferentes temperaturas.*

MATERIAL	Temperatura de calcinación		
	650 °C	750 °C	850 °C
	Cantidad		
Cascara de arroz	25.0 kg	25.0 kg	25.0 kg
Resultado de la calcinación CCA	1.9 kg	2.1 kg	1.6 kg
Pérdida de Masa en la calcinación	23.1 kg	22.9 kg	23.4 kg
Pérdida de Masa por calcinación (%)	<b>92.40 %</b>	<b>91.60 %</b>	<b>93.60 %</b>

*Nota.* Se procedió a obtener el porcentaje de pérdida por calcinación a diferentes temperaturas.

**3.1.2.2. Características químicas**



Para el ensayo químico se extrajo cantidad en peso de la ceniza la cual fue resultado de incinerar 3 muestras a temperaturas de 650°C, 750°C y 850°C, luego molido y tamizado bajo la malla N°325 y ensayadas bajo la norma la que cumplió con los parámetros físicos ensayados y estipulados en la (ASTM C 618, 2003) fue analizada químicamente [88].

Del resultado (ver Tabla 18) se observa que el contenido de sílice es de 88.4%, trióxido de azufre 4.09%, óxido de sodio 2.21% como los valores representativos y es definida como ceniza puzolana de Tipo F.

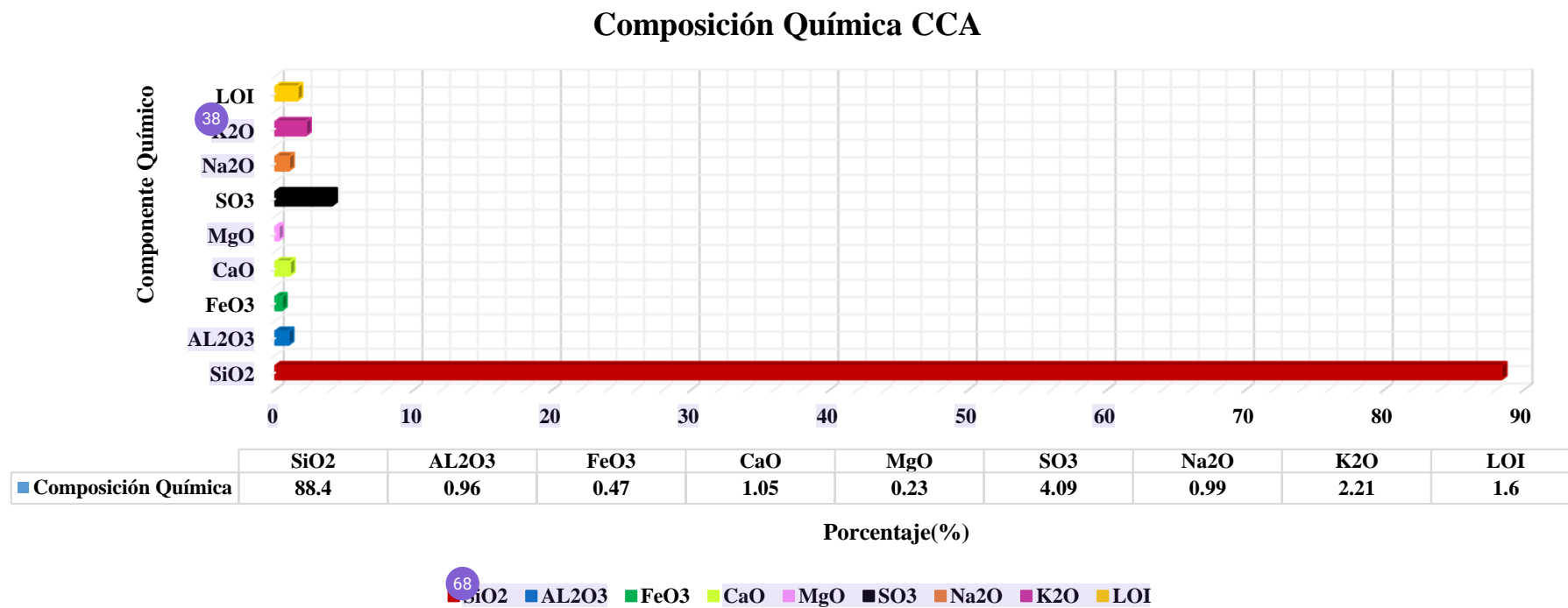
**Tabla 18***Composición Química de la CCA por autores-Perú.*

Autores	Composición Química (%)									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	LOI
<b>Usado en esta Tesis (Chiclayo)</b>	88.4	0.96	0.47	1.05	0.23	4.09		0.99	2.21	1.6
[78] Jaén	84.1		0.03							1.34
[79] Piura	92.2	0.03	0.03	0.72	0.66				4.2	1.42
[80] Chiclayo	95.2	0.48	0.08	0.64	0.44			0.12	1.13	1.93
[81] Arequipa	69.69								1.26	29.05
(Jaime y Portocarrero, 2018) Trujillo	63.00	1.60	0.26	20.10	1.70					14
[33] Chimbote	85.2	0.67	0.52	1.28	0.36		0.02	0.23	2.34	
[34] Arequipa	54.32	25.36	0.18	1.18	0.03	0.05		1.27	1.93	

*Nota.* Composición química de la CCA según autores y ciudades del Perú (adaptada de autores incluidos).

**Figura 6**

*Composición Química de la CCA estudiada Consultor RKCC.*



*Nota.* Adaptado de estudio químico CCA.

### 3.1.3. Resumen de dosificaciones según diseño de mezcla.

Se ha considerado un diseño de mezcla para muestra patrón y alcance una resistencia de  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> la cual no tendrá sustituciones y serán evaluadas a 7,14 y 28 días para especímenes cilíndricos y prismáticos.

Para las dosificaciones de 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% se han considerado 5 diseños cada proporción esta en función al peso del cemento.

Todos los diseños se han referenciado bajo la metodología del Comité ACI-211 donde se determinó que la relación justa de agua/cemento (a/c) y con adición de puzolana (a/C+P) es de 0.509 para un asentamiento de 4" y un factor cemento/m<sup>3</sup> de 10.8 bls/m<sup>3</sup>.

#### 3.1.3.1. Diseño de mezcla patrón

Se consideró esta mezcla patrón ya que el diseño no cuenta con adición de la puzolana (0% de sustitución del cemento) y para alcanzar una resistencia de  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> y nos sirvió como punto de control para interpretar los resultados, lo cual se obtuvo una proporción en peso de **C: A: P** de 1: 1.65: 1.91 y 21.6 lt de agua proporcionada de la red pública además dicha proporción se transformó al volumen en tanda por m<sup>3</sup> adicionando 5% de desperdicio.

**Tabla 19**

*Dosificación de materiales para la mezcla patrón  $f'c$  280kg/cm<sup>2</sup>.*

Componente	Cantidad	Proporción peso	Proporción volumen
<b>Aglutinante (CEMENTO)</b>	453.32 Kg/m <sup>3</sup>	1	1
<b>AGREGADO FINO</b>	748.25 Kg/m <sup>3</sup>	1.65	1.55
<b>AGREGADO GRUESO</b>	865.35 Kg/m <sup>3</sup>	1.91	2.25
<b>AGUA</b>	230.79 lt/m <sup>3</sup>	21.64 Lt/pie <sup>3</sup>	21.64 Lt/pie <sup>3</sup>

Nota. Proporción de los materiales en la mezcla de concreto, adaptado de [83].

**Tabla 20**

*Dosificación de materiales en tanda/m3 para 9 probetas cilíndricas.*

Componente	1 m <sup>3</sup>	Vol. tanda(m3)	9 especímenes	9 esp.+5% desp.
<b>CEMENTO</b>	453.32 Kg	0.005475	22.34 Kg	23.45 Kg
<b>AGREGADO FINO</b>	748.25 Kg		36.87 Kg	38.71 Kg
<b>AGREGADO GRUESO</b>	865.35 Kg		42.64 Kg	44.77 Kg
<b>AGUA</b>	230.79 Lt		11.37 Lt	11.94 Lt

*Nota.* La Tabla 20 muestra la proporción de los materiales por m3 en especímenes cilíndricos.

**Tabla 21**

*Dosificación de materiales en tanda/m3 para 9 probetas prismáticas.*

Componente	1 m <sup>3</sup>	Vol. tanda(m3)	9 especímenes	9 esp.+5% desp.
<b>CEMENTO</b>	453.32 Kg	0.00675	27.54 Kg	28.92
<b>AGREGADO FINO</b>	748.25 Kg		45.46 Kg	47.73
<b>AGREGADO GRUESO</b>	865.35 Kg		52.57 Kg	55.20
<b>AGUA</b>	230.79 Lt		14.02 Kg	14.72

*Nota.* La Tabla 21 muestra la proporción de los materiales por m3 en especímenes prismáticos.

### 3.1.3.2. Diseño mezcla al 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% de sustitución.

El material cementante fue sustituido en proporción de su peso por escorias que cumplieron con los requerimientos estipulados en la ASTM C 618, para materiales puzolánicos usados en la elaboración de concretos.

A continuación, se mostrarán los resultados del diseño para las 5 proporciones estipuladas en esta investigación: cilíndricas y prismáticas.

#### 3.1.3.2.1. Sustitución al 2.5% en peso de aglutinante

**Tabla 22**

*Dosificación de materiales para tanda/m3 con adición al 2.5 % (cilindros).*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	441.99 Kg		21.78 Kg	22.87 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		36.87 Kg	38.71 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.005475	42.64 Kg	44.77 Kg
CCA	11.33 Kg		0.56 Kg	0.59 Kg
AGUA	230.79 Lt		11.37 Kg	11.94 Kg

*Nota.* La Tabla 22 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 2.5% de CCA en especímenes cilíndricos.

**Tabla 23**

*Dosificación de materiales para tanda/m3 con adición al 2.5 % (prismas).*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	441.99 Kg		26.85 Kg	28.19 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		45.46 Kg	47.73 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.00675	52.57 Kg	55.20 Kg
CCA	11.33 Kg		0.69 Kg	0.72 Kg
AGUA	230.79 Kg		14.02 Kg	14.72 g

*Nota.* La Tabla 23 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 2.5% de CCA en especímenes prismáticos.

### **3.1.3.2.2. Sustitución al 5% en peso de aglutinante**

**Tabla 25**

*Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 5% (cilindros).*

<b>Componente</b>	<b>1m<sup>3</sup></b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	430.66 Kg		21.22 Kg	22.28 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		36.87 Kg	38.71 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.005475	42.64 Kg	44.77 Kg
CCA	22.67 Kg		1.12 Kg	1.17 Kg
AGUA	230.79 Lt		11.37 Kg	11.94 Kg

*Nota.* La Tabla 25 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 5% de CCA en especímenes cilíndricos.

**Tabla 26***Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 5% (prismas)*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	430.66 Kg		26.16 Kg	27.47 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		45.46 Kg	47.73 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.00675	52.57 Kg	55.20 Kg
CCCA	22.67 Kg		1.38 Kg	1.45 Kg
AGUA	230.79 Kg		14.02 Kg	14.72 Kg

*Nota.* La Tabla 26 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 5% de CCA en especímenes prismáticos.

**3.1.3.2.3. Sustitución al 7.5% en peso del aglutinante****Tabla 24***Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 7.5% (cilindros)*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	419.33 Kg		20.66 Kg	21.70 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		36.87 Kg	38.71 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.005475	42.64 Kg	44.77 Kg
CCCA	34.00 Kg		1.68 Kg	1.76 Kg
AGUA	230.79 Lt		11.37 Kg	11.94 Lt

*Nota.* La Tabla 24 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 7.5% de CCA en especímenes cilíndricos.

**Tabla 25***Dosificación de material por tanda/m3 con adición al 7.5% (prismas)*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	419.33 Kg		25.47 Kg	26.75 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		45.46 Kg	47.73 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.00675	52.57 Kg	55.20 Kg
CCCA	34.00 Kg		2.07 Kg	2.17 Kg
AGUA	230.79 Kg		14.02 Kg	14.72 Lt

*Nota.* La Tabla 25 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 7.5% de CCA en especímenes prismáticos.

### 3.1.3.2.4. Sustitución al 10% en peso del aglutinante

**Tabla 26**

*Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 10% (cilindros)*

Componente	1m3	Vol. tanda(m3)	9 especímenes	9 esp.+5%
CEMENTO	407.99 Kg		20.10 Kg	21.11 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		36.87 Kg	38.71 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.005475	42.64 Kg	44.77 Kg
CCCA	45.33 Kg		2.23 Kg	2.35 Kg
AGUA	230.79 Lt		11.37 Kg	11.94 Kg

Nota. La Tabla 26 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 10% de CCA en especímenes cilíndricos.

**Tabla 27**

*Dosificación de material por tanda/m3 con adición al 10% (prismas)*

Componente	1m3	Vol. tanda(m3)	9 especímenes	9 esp.+5%
CEMENTO	407.99 Kg		24.79 Kg	26.02 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		45.46 Kg	47.73 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.00675	52.57 Kg	55.20 Kg
CCA	45.33 Kg		2.75 Kg	2.89 Kg
AGUA	230.79 Kg		14.02 Kg	14.72 Lt

Nota. La Tabla 27 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 10 % de CCA en especímenes prismáticos.

### 3.1.3.2.5. Sustitución al 12.5% en peso del aglutinante

**Tabla 28**

*Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 12.5% (cilindros)*

Componente	1m3	Vol. tanda(m3)	9 especímenes	9 esp.+5%
4 CEMENTO	396.66 Kg		19.55 Kg	20.52 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		36.87 Kg	38.71 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.005475	42.64 Kg	44.77 Kg
CCA	56.67 Kg		2.79 Kg	2.93 Kg
AGUA	230.79 Lt		11.37 Kg	11.94 Lt

Nota. La Tabla 28 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 12.5% de CCA en especímenes cilíndricos.



**Tabla 29***Dosificación de material por tanda/m3 con adición al 12.5% (prismas)*

Componente	1m3	Vol. tanda(m3)	9 especímenes	9 esp.+5%
4 CEMENTO	396.66 Kg		24.10 Kg	25.30 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		45.46 Kg	47.73 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.00675	52.57 Kg	55.20 Kg
CCA	56.67 Kg		3.44 Kg	3.61 Kg
AGUA	230.79 Kg		14.02 Kg	14.72 Lt

Nota. La Tabla 29 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 12.5% de CCA en especímenes prismáticos.

### 3.1.4. Resultados para el concreto en estado plástico

Debido a que el comportamiento del concreto en su estado plástico es efímero y su ciclo útil pende del tiempo que demora en fraguar es necesario conocer sus características para ser interpretadas en la manera de que tan manejable puede ser al momento de su fabricado.

28 A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos durante el proceso de ensayos a la mezcla 1 en su estado fresco como la Trabajabilidad, Temperatura, Peso Unitario y rendimiento y la cantidad de vacíos para las diferentes mezclas.

#### 3.1.4.1. Asentamiento.

El asentamiento es una característica física que proporciona consistencia y fluidez al concreto, ya que mide la facilidad con que el concreto pueda moldearse. Dicha característica fue 80 medida a través del ensayo del SLUMP y referenciado bajo la norma N.T.P.339.035 para los 6 diseños propuestos.

**Tabla 30**

*Medida del asentamiento en muestras cilíndricas y prismáticos por adición (%)*

Sustitución (%)	ASENTAMIENTO			
	Cilindros		Vigas	
	N° de especímenes	SLUMP(Plg)	N° de especímenes	SLUMP(Plg)
0	21	4	10	4.0
2.5	21	3.9	10	4.0
5	21	3.8	10	3.8
7.5	21	3.5	10	3.6
10	21	3	10	3.0
12.5	21	2.5	10	2.9

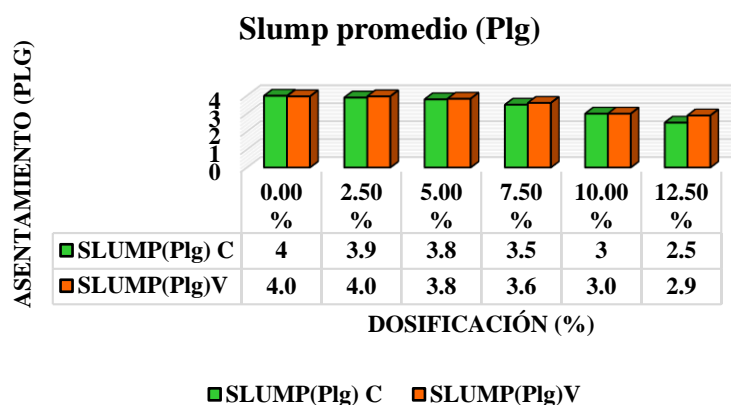
*Nota.* La Tabla 30 muestra la medida del ensayo del asentamiento para los especímenes cilíndricos y prismáticos por porcentaje de adición de CCA.

49

En la Tabla 30 se presentan los resultados medidos del asentamiento para diferentes dosificaciones se sustitución y una  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> los cuales oscilan entre 4" y 2.52 para especímenes cilíndricos y entre 4" y 2.9" para las vigas.

**Figura 7**

*Medida del Asentamiento por dosificación de la mezcla.*



### 3.1.4.2. Temperatura.

El grado de calor de la mezcla fue medido en laboratorio al momento de la fabricación del concreto a una temperatura ambiente de 28.5° C, por 3 minutos y con un dispositivo de precisión 0.5°C, ensayo referenciado bajo la norma peruana [83]. A continuación, se presenta la Tabla 34 donde muestra la lectura de temperatura que oscila entre 30 y 32.7 °C par los cilindros y entre 30 y 33.3°C para las vigas.

41

28

**Tabla 31**

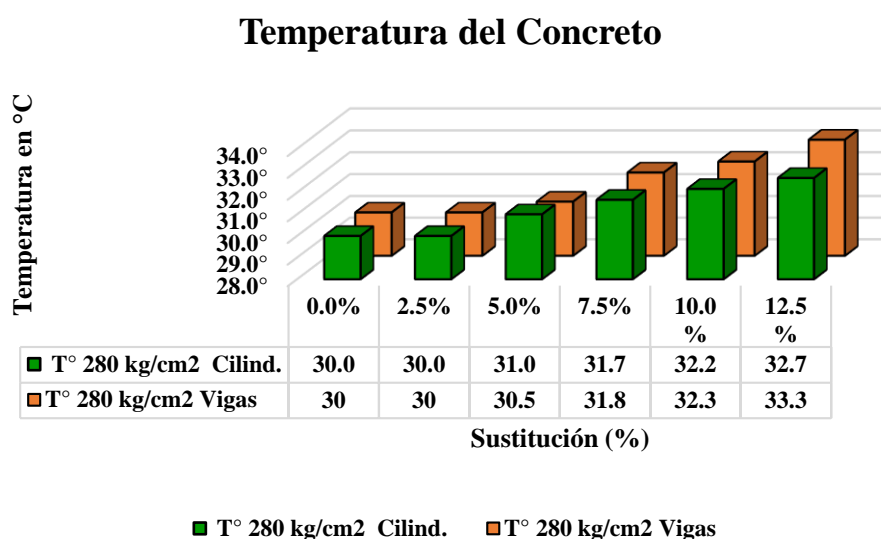
*Lectura de temperatura según dosificación.*

Adición	Temp.Ambiente°C	Temperatura Promedio(°C)	
		T° 280 kg/cm <sup>2</sup> Cilind.	T° 280 kg/cm <sup>2</sup> Vigas
0.0%	28.5	30.0	30
2.5%	28.5	30.0	30
5.0%	28.5	31.0	30.5
7.5%	28.5	31.7	31.8
10.0%	28.5	32.2	32.3
12.5%	28.5	32.7	33.3

*Nota.* La Tabla 31 muestra la lectura de temperatura para los especímenes cilíndricos y prismáticos por porcentaje de adición de CCA a temperatura ambiente.

**Figura 8**

*Temperatura del concreto según dosificación*



### 3.1.4.3. Cantidad de aire, Peso unitario y rendimiento.

Se mostrarán los resultados obtenidos para la mezcla de concreto referenciados bajo la norma del Perú N.T.P.339.046 para el peso unitario y rendimiento, para el contenido de aire se tuvo como referencia la norma NTP. 339.080.

**Tabla 32**

*Medida referente al peso unitario, rendimiento y Contenido de aire*

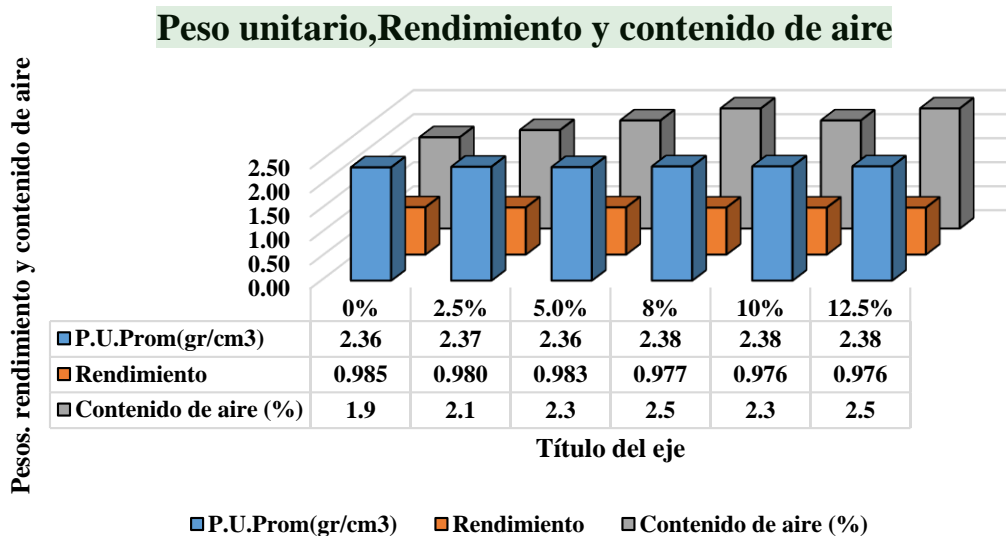
Adición (%)	P.U. Prom(gr/cm3)	Peso Tanda(gr/cm3) para 1m3	Rendimiento	Contenido de aire (%)
0%	2.36	2.323	0.985	1.9
2.5%	2.37	2.323	0.980	2.1
5.0%	2.36	2.323	0.983	2.3
7.5%	2.38	2.323	0.977	2.5
10%	2.38	2.323	0.976	2.3
12.5%	2.38	2.323	0.976	2.5

Nota: En la Tabla 32 se muestra los resultados del peso unitario, rendimiento y contenido de aire en el concreto con adición y con la muestra control.

La Tabla 32 muestra los resultados del peso unitario del concreto en laboratorio el cual oscila entre 2.36 y 2.38 g/cm<sup>3</sup>, el rendimiento se mantiene constante en comparación a la mezcla control y el contenido de aire presenta aumento a mayor porcentaje de adición de ceniza y oscila entre 1.9 y 2.5%.

**Figura 9**

*Peso Unitario, Rendimiento y contenido de aire.*



### 3.1.5. Resultados del concreto en estado endurecido

Los valores encontrados son producto de los ensayos realizados post curado [86] de especímenes a 7, 14 y 28 días de edad referenciado bajo las normas peruanas o extranjeras.

#### 3.1.5.1. <sup>24</sup> Análisis de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas.

Se muestran los resultados del ensayo a compresión de las muestras cilíndricas referenciados bajo la norma N.T.P.339.034 a edades de 7, 14 y 28 días para las diversas dosificaciones.

**Tabla 33**

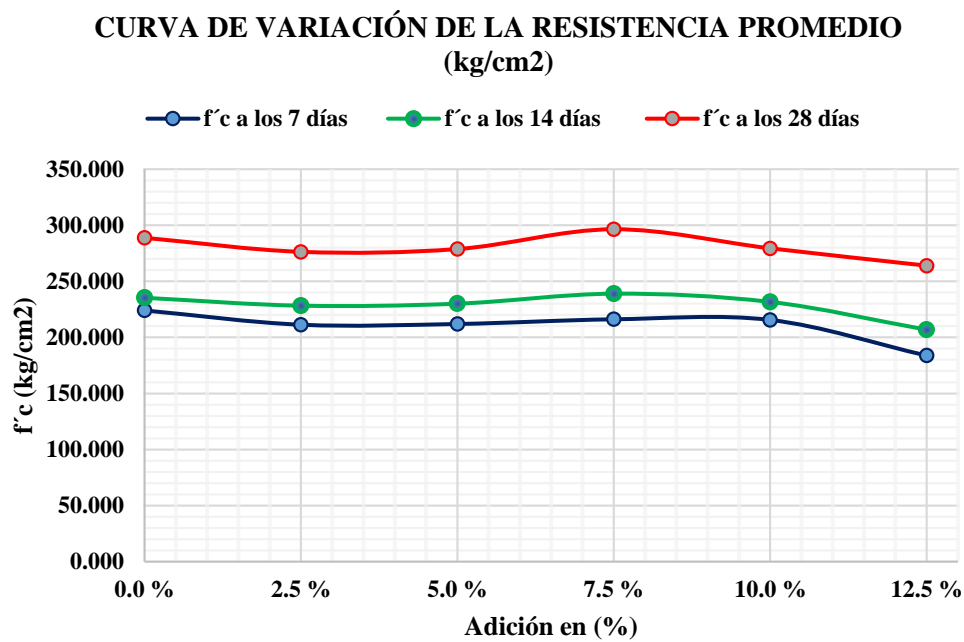
<sup>1</sup> *Resistencia a la compresión y alcance por días de curado.*

DIAS	Descripción	Adición en (%)					
		0%	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%
7	f'c kg/cm <sup>2</sup>	224.01	211.29	211.94	216.14	215.57	183.84
	% de alcance	80.00	75.46	75.69	77.19	76.99	65.66
14	f'c kg/cm <sup>2</sup>	235.36	228.29	230.09	239.03	231.67	206.83
	% de alcance	84.06	81.53	82.17	85.37	82.74	73.87
28	f'c kg/cm <sup>2</sup>	288.72	276.21	278.69	296.38	279.37	263.90
	% de alcance	103.11	98.65	99.53	105.85	99.77	94.25

Nota. Se muestra la resistencia adquirida según dosis de CCA a los 7, 14 y 28 días de edad.

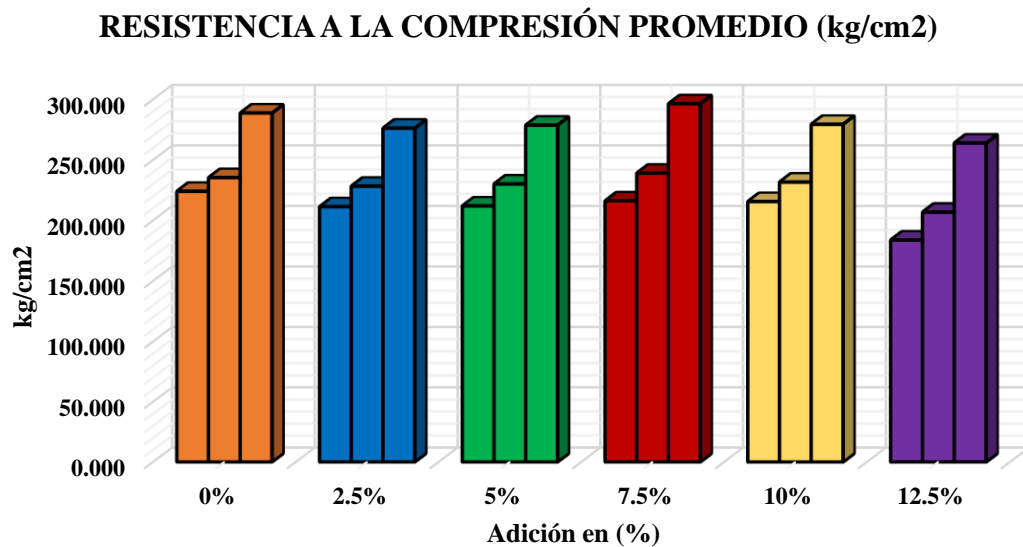
**Figura 10**

*Comportamiento resistente de los especímenes según dosis*



**Figura 11**

*Gráfico de barras de la resistencia compresiva según dosificación*



**Tabla 34**

*Funcionalidad de la resistencia compresiva en función de características plásticas.*

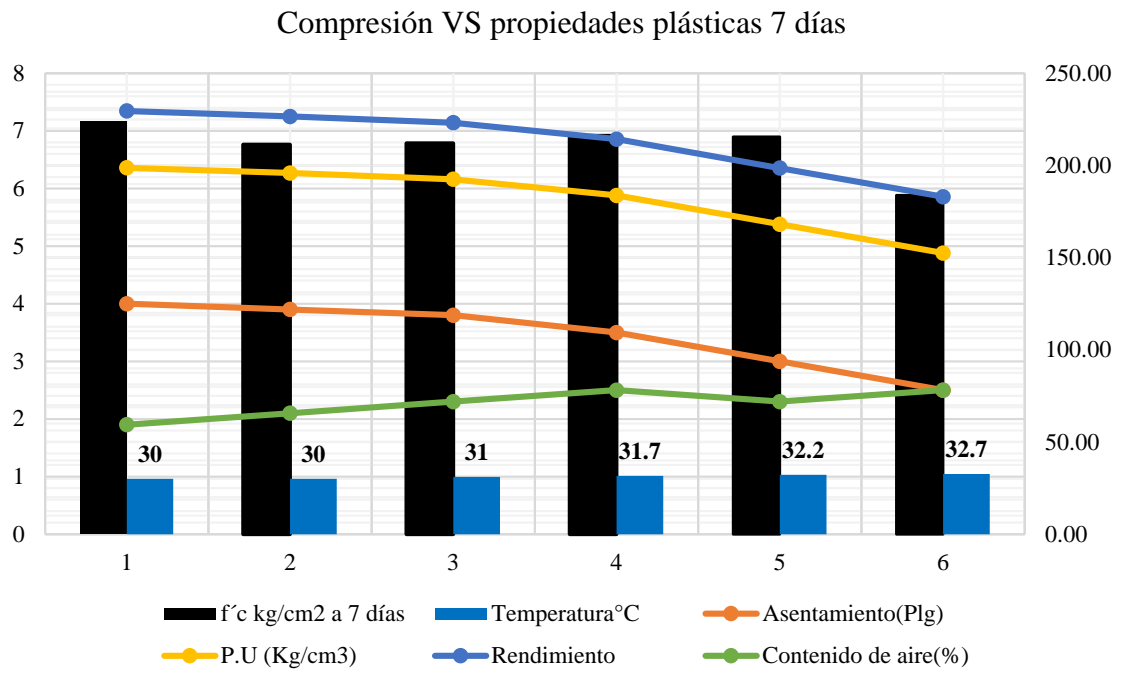
Resistencia Promedio	ADICIÓN EN (%)					
	0%	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%
<b>f'c kg/cm2 a 7 días</b>	224.01	211.29	211.94	216.14	215.57	183.84
<b>f'c kg/cm2 a 14 días</b>	235.36	228.28	230.09	239.03	231.67	206.83
<b>f'c kg/cm2 a 28 días</b>	288.72	276.21	278.69	296.38	279.37	263.90
<b>Asentamiento (Plg)</b>	4	3.9	3.8	3.5	3	2.5
<b>Temperatura °C</b>	30	30	31	31.7	32.2	32.7
<b>P.U (Kg/cm3)</b>	2.36	2.37	2.36	2.38	2.38	2.38
<b>Rendimiento</b>	0.985	0.98	0.983	0.977	0.976	0.976
<b>Contenido de aire (%)</b>	1.9	2.1	2.3	2.5	2.3	2.5

Nota. La Tabla 34 muestra un comparativo de las características físicas y cuál es su incidencia en las características mecánicas.

La Tabla 34 muestra el comportamiento compresivo del concreto en función de sus propiedades plásticas como el asentamiento, la temperatura, el peso unitario el rendimiento y contenido de aire, las dosis que mejor comportamiento muestra es la dosis al 7.5% de sustitución la cual presenta valores plásticos dentro de los parámetros establecidos y resulta una creciente resistencia.

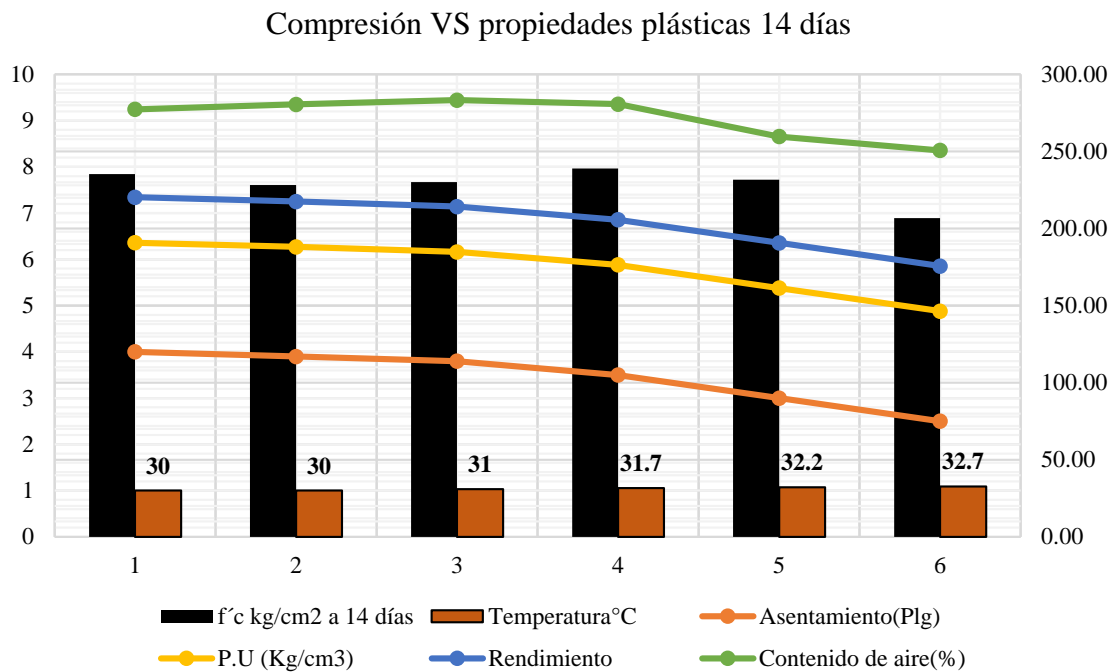
**Figura 12**

*Propiedad compresiva vs propiedades físicas del concreto (7 días)*



**Figura 13**

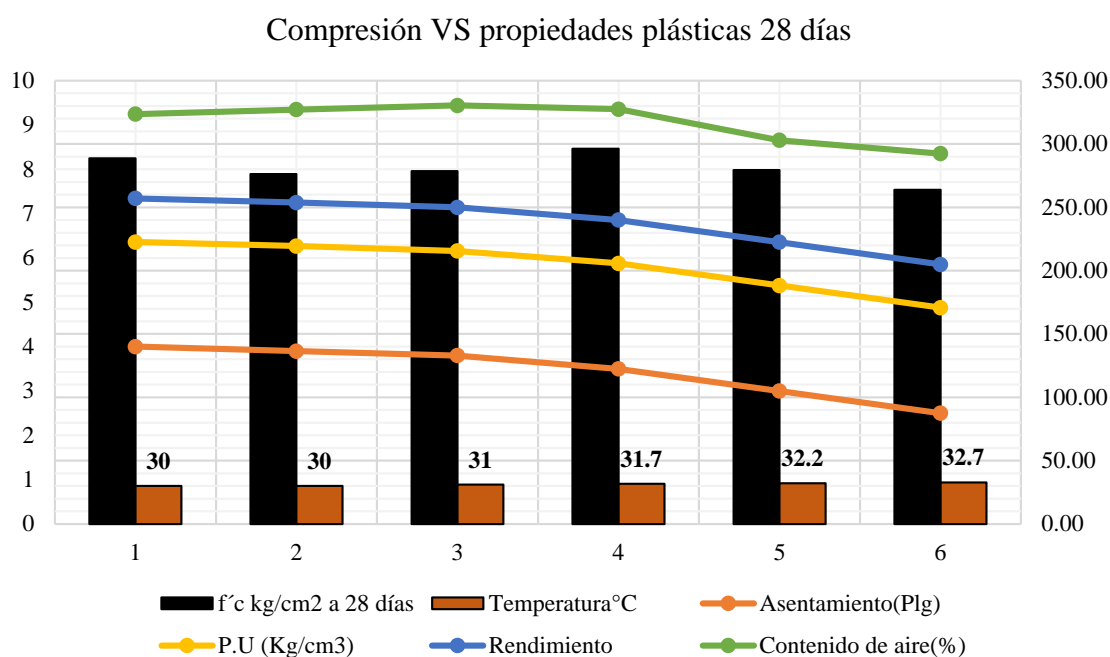
*Propiedad compresiva vs propiedades físicas del concreto (14 días)*





**Figura 14**

*Propiedad compresiva vs propiedades físicas del concreto (28 días)*



**Tabla 35**

*Resumen de los porcentajes obtenidos según resistencia obtenida por dosis*

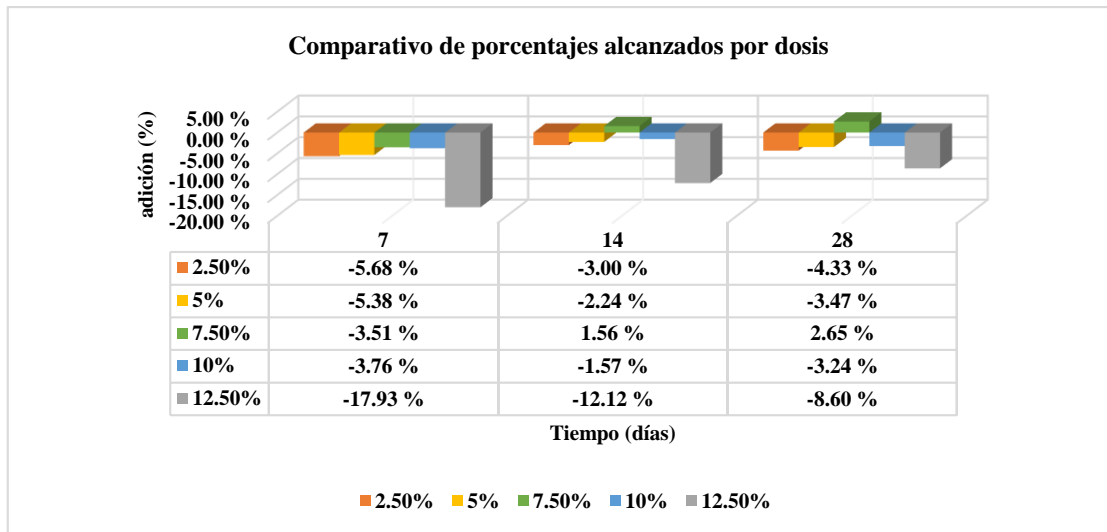
DIAS	f'c patrón (kg/cm <sup>2</sup> )	Adición en (%)					
		0%	2.50%	5%	7.50%	10%	12.50%
7	224.006	100 %	211.29	211.94	216.14	215.57	183.84
			<b>-5.68 %</b>	<b>-5.38 %</b>	<b>-3.51 %</b>	<b>-3.76 %</b>	<b>-17.93 %</b>
14	235.357	100 %	228.29	230.09	239.03	231.67	206.83
			<b>-3.00 %</b>	<b>-2.24 %</b>	<b>1.56 %</b>	<b>-1.57 %</b>	<b>-12.12 %</b>
28	288.72	100 %	276.21	278.69	296.38	279.37	263.90
			<b>-4.33 %</b>	<b>-3.47 %</b>	<b>2.65 %</b>	<b>-3.24 %</b>	<b>-8.60 %</b>

*Nota.* Se presenta los porcentajes promedios obtenidos en el ensayo a compresión en comparación con la muestra control.

La Tabla 35 muestra valores compresivos porcentuales decrecientes para las dosificaciones estudiadas a los 7 días, a los 14 y 28 días también presenta valores decrecientes salvo la dosis al 7.5%.

**Figura 15**

*Porcentajes alcanzados a compresión de las muestras*



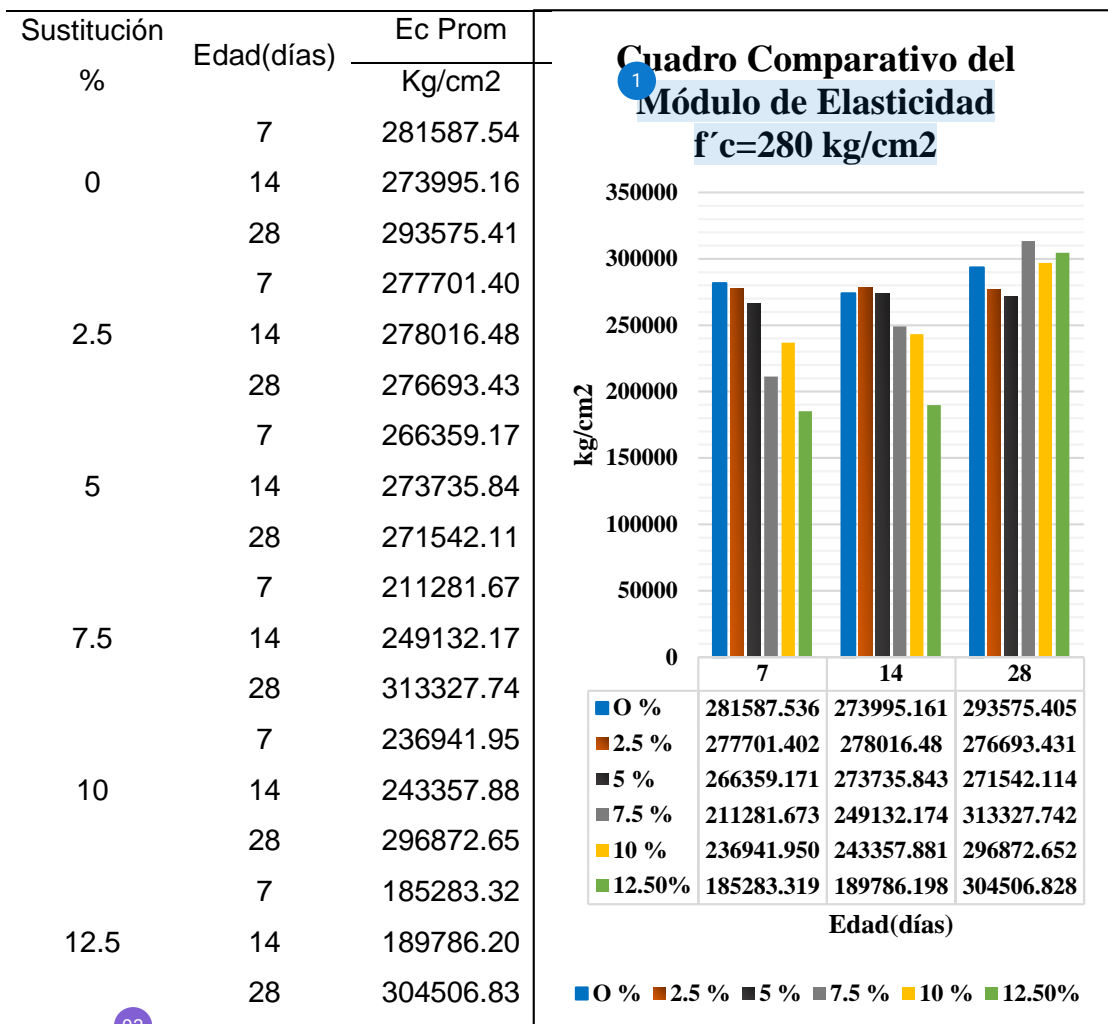
*Nota.* Resumen comparativo en barras porcentajes alcanzados por muestras.

### 3.5.2. <sup>23</sup> Análisis del módulo de elasticidad.

Se muestran resultados para el módulo de Young los cuales fueron obtenidos a partir de ensayos realizadas a muestras cilíndricas siguiendo la metodología estipulada en la norma [88].

**Tabla 36**

*Resumen del Módulo Elástico promedio según dosis por días de ensayo*

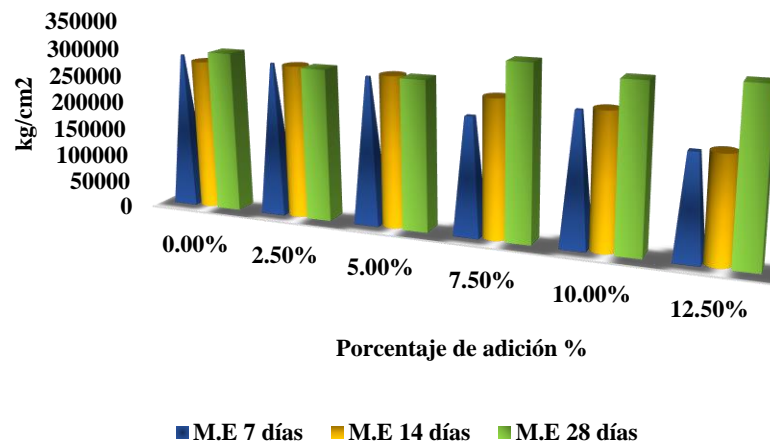


Nota. Se presenta en la Tabla el módulo de elasticidad promedio por dosificación en función del tiempo de curado.

**Figura 16**

*Comparativo del Módulo de Elasticidad según proporción*

**1** Cuadro Comparativo del Módulo de Elasticidad  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



**Tabla 37**

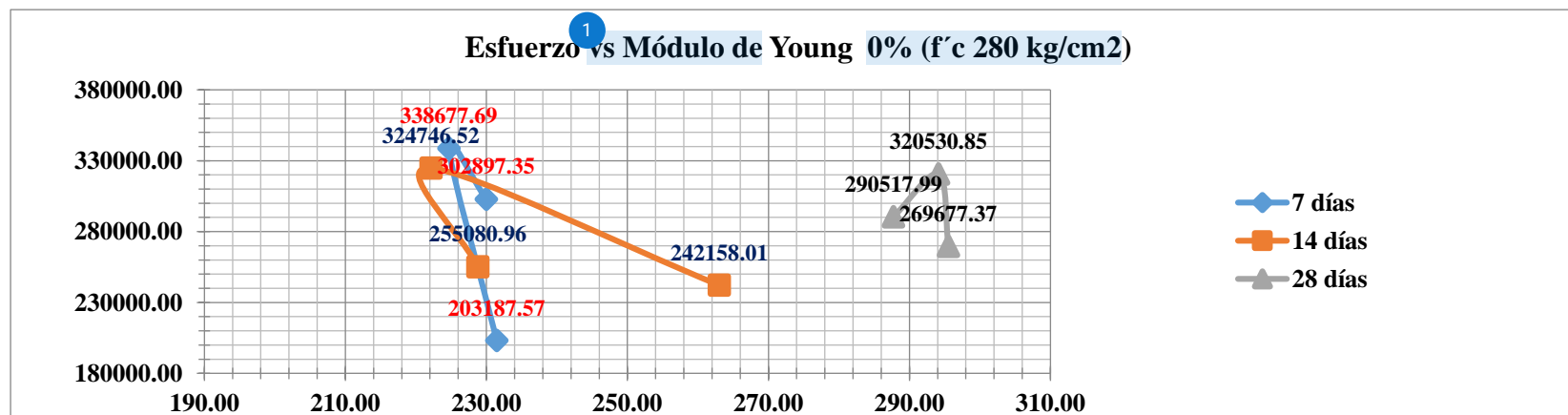
*Módulo Elástico Promedio para la mezcla patrón por días de edad*

Fecha Elaborac.	Fecha de ensayo	Resistenc. de diseño(kg/cm <sup>2</sup> )	Susti. (%)	edad días	Espec.	D(cm)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S2)	Área cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
26/02/2021	05/03/2021	280	0	7	M-1	15	231.49	92.60	13.86	0.00043749	176.71	203187.57	
26/02/2021	05/03/2021	280	0	7	M-2	15	224.69	89.87	13.03	0.00027691	176.71	338677.69	281587.54
26/02/2021	05/03/2021	280	0	7	M-3	14.95	229.99	91.99	14.02	0.00030743	175.54	302897.35	
27/02/2021	13/03/2021	280	0	14	M-16	15	263.07	105.23	16.09	0.00041808	176.71	242158.01	
27/02/2021	13/03/2021	280	0	14	M-17	15	222.15	88.86	15.12	0.00027708	176.71	324746.52	273995.16
27/02/2021	13/03/2021	280	0	14	M-18	15	228.80	91.52	15.30	0.00034879	176.71	255080.96	
01/03/2021	29/03/2021	280	0	28	M-31	15	295.51	118.21	20.11	0.00041376	176.71	269677.37	
01/03/2021	29/03/2021	280	0	28	M-32	15	294.12	117.65	20.01	0.00035460	176.71	320530.85	293575.41
01/03/2021	29/03/2021	280	0	28	M-33	15.1	287.74	115.10	19.58	0.00037878	179.08	290517.99	

Nota. La Tabla 37 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla control

**Figura 17**

*Distribución del Esfuerzo vs el Módulo Elástico al 0% de sustitución*



**Tabla 38**

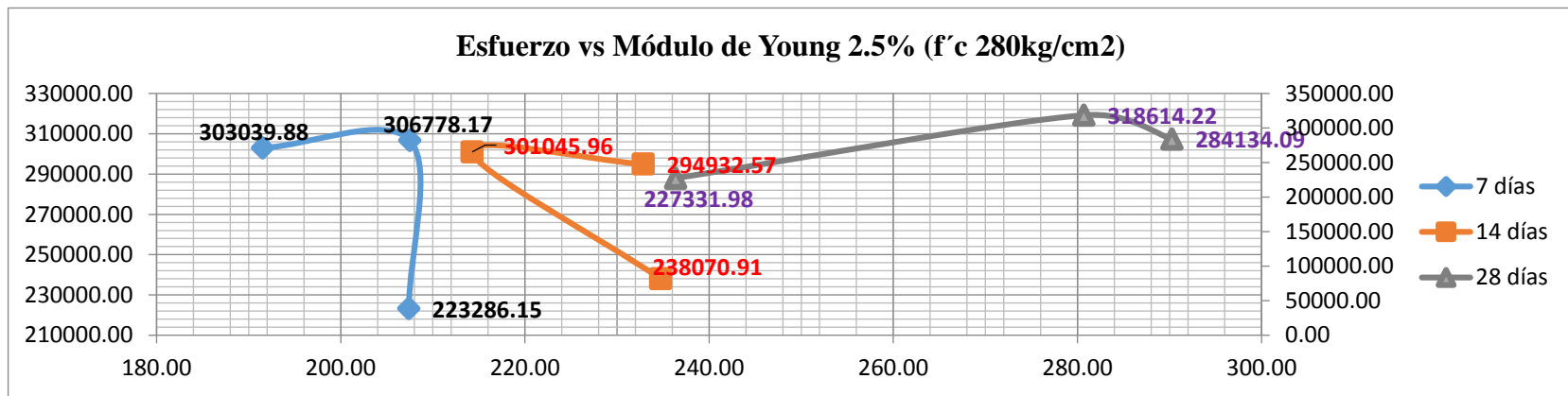
Módulo Elástico promedio para la mezcla al 2.5% de sustitución por días de curado

Fecha Elaborac.	Fecha de ensayo	f'c de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Sust. (%)	Edad días	Probeta	D(cm)	L(cm)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	Area cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
26/02/2021	05/03/2021	280	2.5	7	M-4	15	29.9	191.51	76.60	15.40	0.00025196	176.71	303039.88	
26/02/2021	05/03/2021	280	2.5	7	M-5	15	30	207.50	83.00	17.04	0.00026501	176.71	306778.17	277701.402
26/02/2021	05/03/2021	280	2.5	7	M-6	15	30	207.39	82.95	17.50	0.00034316	176.71	223286.15	
27/02/2021	13/03/2021	280	2.5	14	M-19	15	30	234.76	93.90	15.54	0.00037918	176.71	238070.91	
27/02/2021	13/03/2021	280	2.5	14	M-20	15	30	214.25	85.70	15.17	0.00028430	176.71	301045.96	278016.48
27/02/2021	13/03/2021	280	2.5	14	M-21	14.95	30.1	232.84	93.14	14.70	0.00031595	175.54	294932.57	
01/03/2021	29/03/2021	280	2.5	28	M-34	15	30.1	290.25	116.10	19.26	0.00039084	176.71	284134.09	
01/03/2021	29/03/2021	280	2.5	28	M-35	15.2	30	280.70	112.28	19.07	0.00034255	181.46	318614.22	276693.431
01/03/2021	29/03/2021	280	2.5	28	M-36	15.1	30	236.35	94.54	19.80	0.00037878	179.08	227331.98	

Nota. La Tabla 38 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla con 2.5% de adición de CCA

**Figura 18**

Distribución del esfuerzo vs Módulo Elástico dosis al 2.5%



**Tabla 39**

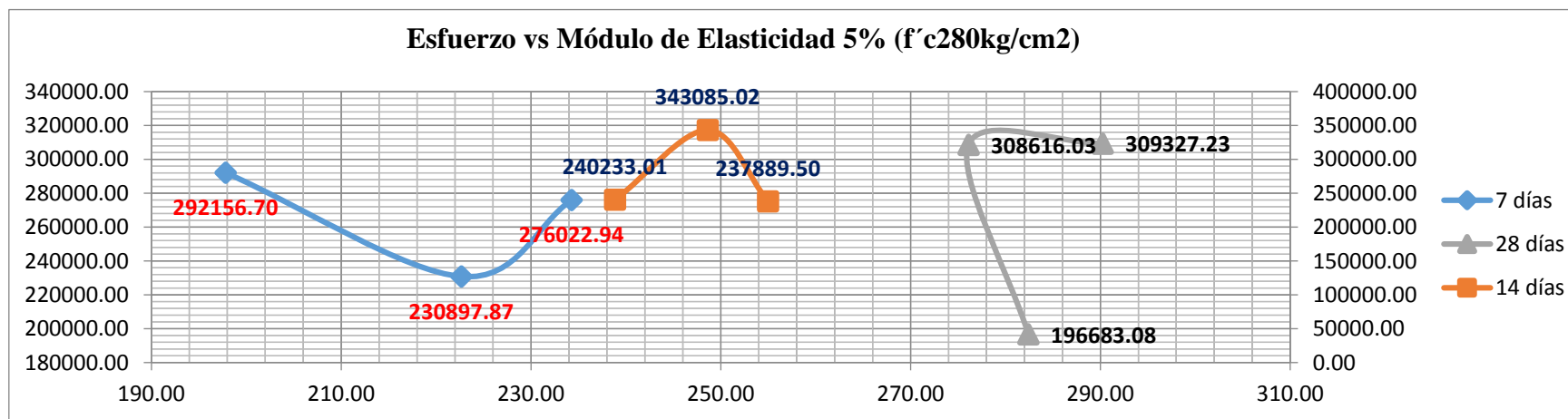
Módulo Elástico Promedio para la mezcla al 5% de sustitución por días de curado

Fecha Elaborac.	Fecha de ensayo	f'c de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Sust. (%)	edad días	Probeta	D(cm)	L(cm)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	Area cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
26/02/2021	05/03/2021	280	5	7	M-7	15.1	30	197.82	79.13	13.44	0.00027484	179.08	292156.70	
26/02/2021	05/03/2021	280	5	7	M-8	15.1	30	222.67	89.07	21.59	0.00034225	179.08	230897.87	266359.17
26/02/2021	05/03/2021	280	5	7	M-9	15	30.1	234.26	93.71	15.70	0.00033262	176.71	276022.94	
27/02/2021	13/03/2021	280	5	14	M-22	15.1	30	254.98	101.99	13.61	0.00042154	179.08	237889.50	
27/02/2021	13/03/2021	280	5	14	M-23	15	30	248.62	99.45	12.97	0.00030205	176.71	343085.02	273735.84
27/02/2021	13/03/2021	280	5	14	M-24	15	30	238.85	95.54	12.31	0.00039646	176.71	240233.01	
01/03/2021	29/03/2021	280	5	28	M-37	15	30	290.23	116.09	12.56	0.00038471	176.71	309327.23	
01/03/2021	29/03/2021	280	5	28	M-38	15.2	30	276.09	110.44	13.46	0.00036425	181.46	308616.03	271542.11
01/03/2021	29/03/2021	280	5	28	M-39	15	30	282.41	112.96	13.06	0.00055796	176.71	196683.08	

Nota. La Tabla 39 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla con 5% de adición de CCA.

**Figura 19**

Distribución del esfuerzo vs el módulo Elástico con dosis al 5%



**Tabla 40**

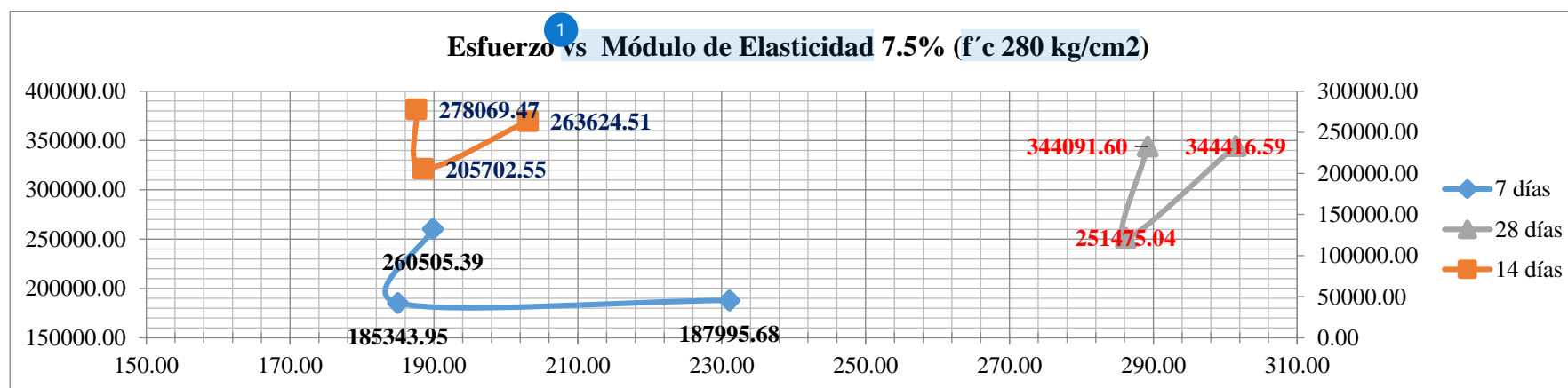
Módulo Elástico promedio para la mezcla al 7.5% de sustitución por días de curado

Fecha Elaborac.	Fecha de ensayo	f'c de diseño(kg/cm <sup>2</sup> )	Sust. (%)	edad dias	Especim.	D(cm)	L(cm)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_z$ (S <sub>2</sub> )	Area cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
26/02/2021	05/03/2021	280	7.5	7	M-10	14.98	30	231.07	92.43	20.77	0.00043119	176.24	187995.68	
26/02/2021	05/03/2021	280	7.5	7	M-11	15	30	185.00	74.00	11.62	0.00038655	176.71	185343.95	211281.67
26/02/2021	05/03/2021	280	7.5	7	M-12	15	30	189.86	75.94	12.92	0.00029193	176.71	260505.39	
27/02/2021	13/03/2021	280	7.5	14	M-25	15	30	203.07	81.23	12.35	0.00031129	176.71	263624.51	
27/02/2021	13/03/2021	280	7.5	14	M-26	15	29.95	188.51	75.40	12.83	0.00035421	176.71	205702.55	249132.17
27/02/2021	13/03/2021	280	7.5	14	M-27	15	29.95	187.55	75.02	12.76	0.00027389	176.71	278069.47	
01/03/2021	29/03/2021	280	7.5	28	M-40	15	30.1	301.45	120.58	12.26	0.00036449	176.71	344416.59	
01/03/2021	29/03/2021	280	7.5	28	M-41	15.2	30	286.18	114.47	12.12	0.00045701	181.46	251475.04	313327.74
01/03/2021	29/03/2021	280	7.5	28	M-42	15.1	30	289.21	115.68	12.76	0.00034910	179.08	344091.60	

Nota. La Tabla 40 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla con 7.5% de adición de CCA.

**Figura 20**

Distribución del esfuerzo vs el módulo Elástico con dosis al 7.5%





**Tabla 41**

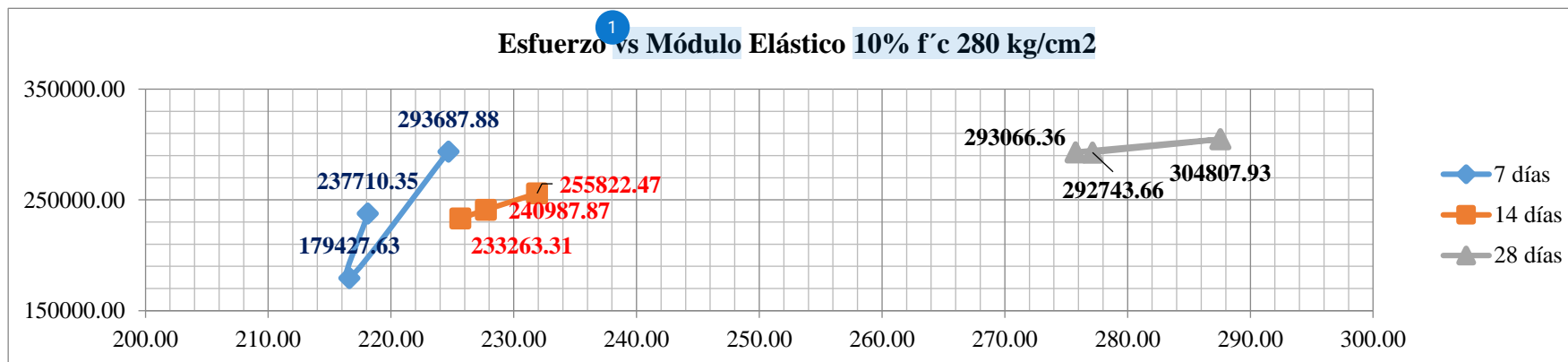
*Módulo Elástico promedio para la mezcla al 10% de sustitución por días de curado.*

Fecha Elaborac.	Fecha de ensayo	f'c de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Sustit. (%)	edad días	Probeta	D(cm)	L(cm)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	Area cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
26/02/2021	05/03/2021	280	10	7	M-13	15	30	224.68	89.87	49.60	0.00	176.71	293687.88	
26/02/2021	05/03/2021	280	10	7	M-14	15	30	216.61	86.64	25.89	0.00	176.71	179427.63	236941.951
26/02/2021	05/03/2021	280	10	7	M-15	15	30	218.11	87.24	20.48	0.00	176.71	237710.35	
01/03/2021	15/03/2021	280	10	14	M-28	15	30	231.91	92.76	16.69	0.00	176.71	255822.47	
01/03/2021	15/03/2021	280	10	14	M-29	15.1	30.1	227.73	91.09	17.09	0.00	179.08	240987.87	243357.881
01/03/2021	15/03/2021	280	10	14	M-30	15.1	30	225.66	90.27	15.71	0.00	179.08	233263.31	
01/03/2021	29/03/2021	280	10	28	M-43	15	29.98	275.76	110.30	53.78	0.00	176.71	293066.36	
01/03/2021	29/03/2021	280	10	28	M-44	15	30	287.56	115.02	48.88	0.00	176.71	304807.93	296872.652
01/03/2021	29/03/2021	280	10	28	M-45	14.9	30	277.14	110.86	54.57	0.00	174.37	292743.66	

*Nota. La Tabla 41 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla con 10% de adición de CCA.*

**Figura 21**

*Distribución del esfuerzo vs el módulo Elástico con dosis al 10%*



**Tabla 42**

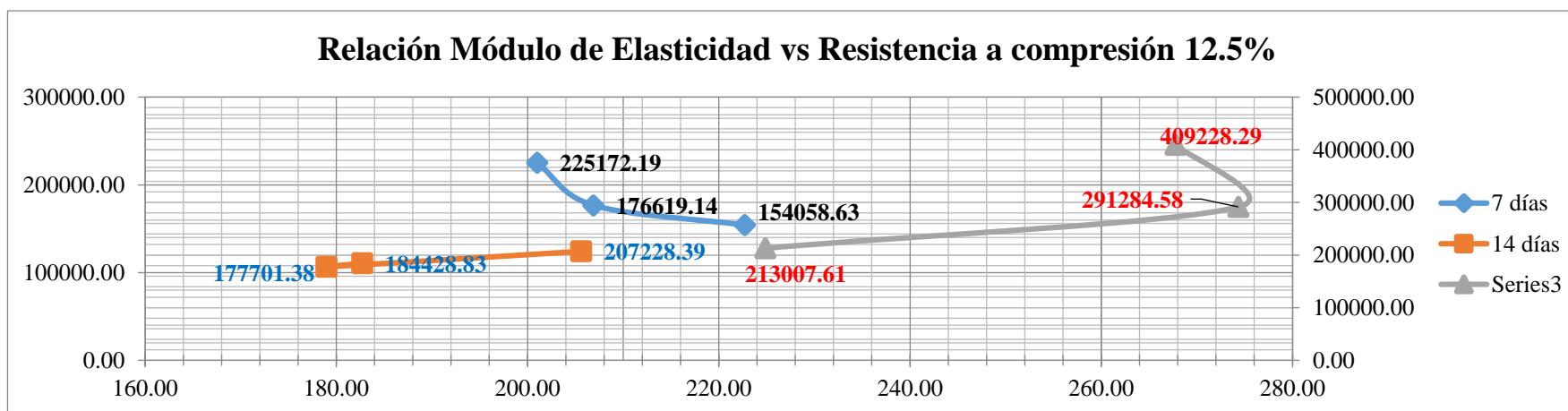
Módulo Elástico promedio para la mezcla al 12.5% de sustitución por días de curado.

Fecha Elaborac.	Fecha de ensayo	f'c de diseño(kg/cm <sup>2</sup> )	Sustituc. (%)	edad días	Probeta	D(cm)	L(cm)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	Area 1 cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
26/02/2021	05/03/2021	280	12.5	7	M-13	15	30	201.00	80.40	9.28	0.00	176.71	225172.19	185283.32
26/02/2021	05/03/2021	280	12.5	7	M-14	15	30	206.89	82.76	9.60	0.00	176.71	176619.14	
26/02/2021	05/03/2021	280	12.5	7	M-15	15	30	222.73	89.09	8.86	0.00	176.71	154058.63	
01/03/2021	15/03/2021	280	12.5	14	M-28	15	30	205.62	82.25	18.07	0.00	176.71	207228.39	189786.20
01/03/2021	15/03/2021	280	12.5	14	M-29	15.1	30.1	178.99	71.59	17.09	0.00	176.71	177701.38	
01/03/2021	15/03/2021	280	12.5	14	M-30	15.1	30	182.72	73.09	15.71	0.00	176.71	184428.83	
01/03/2021	29/03/2021	280	12.5	28	M-43	15	29.98	224.86	89.95	76.42	0.00	176.71	213007.61	304506.83
01/03/2021	29/03/2021	280	12.5	28	M-44	15	30	274.33	109.73	91.31	0.00	176.71	291284.58	
01/03/2021	29/03/2021	280	12.5	28	M-45	14.9	30	267.78	107.11	71.07	0.00	176.71	409228.29	

Nota. La Tabla 42 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla con 12.5% de adición de CCA.

**Figura 22**

Distribución del esfuerzo vs el módulo elástico con dosis al 12.5%



**Tabla 43**

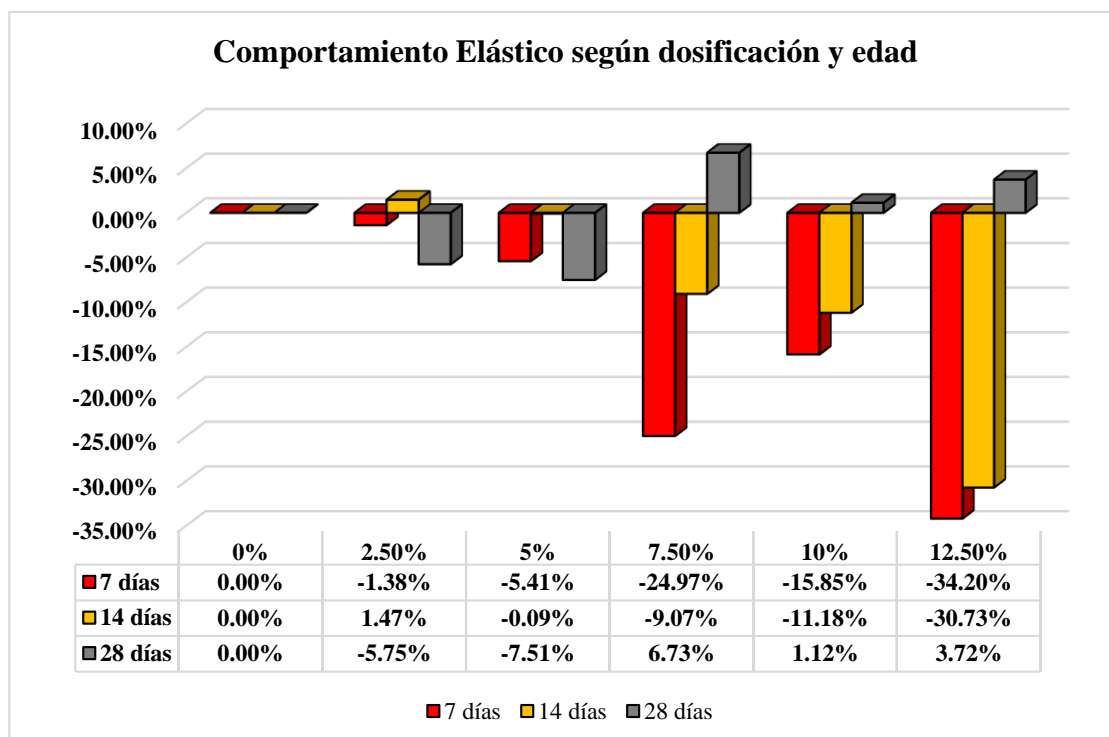
*Variación Porcentual del Módulo Elástico por dosis y edad*

<b>Sustitución (%)</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>
<b>0%</b>	0.00 %	0.00 %	0.00 %
<b>2.50%</b>	-1.38 %	1.47 %	-5.75 %
<b>5%</b>	-5.41 %	-0.09 %	-7.51 %
<b>7.50%</b>	-24.97 %	-9.07 %	6.73 %
<b>10%</b>	-15.85 %	-11.18 %	1.12 %
<b>12.50%</b>	-34.20 %	-30.73 %	3.72 %

*Nota.* La Tabla 43 muestra la variación porcentual obtenida a partir del módulo elástico por dosis y tiempo de curado

**Figura 23**

*Porcentaje de alcance de Módulo Elástico por dosis y edad*

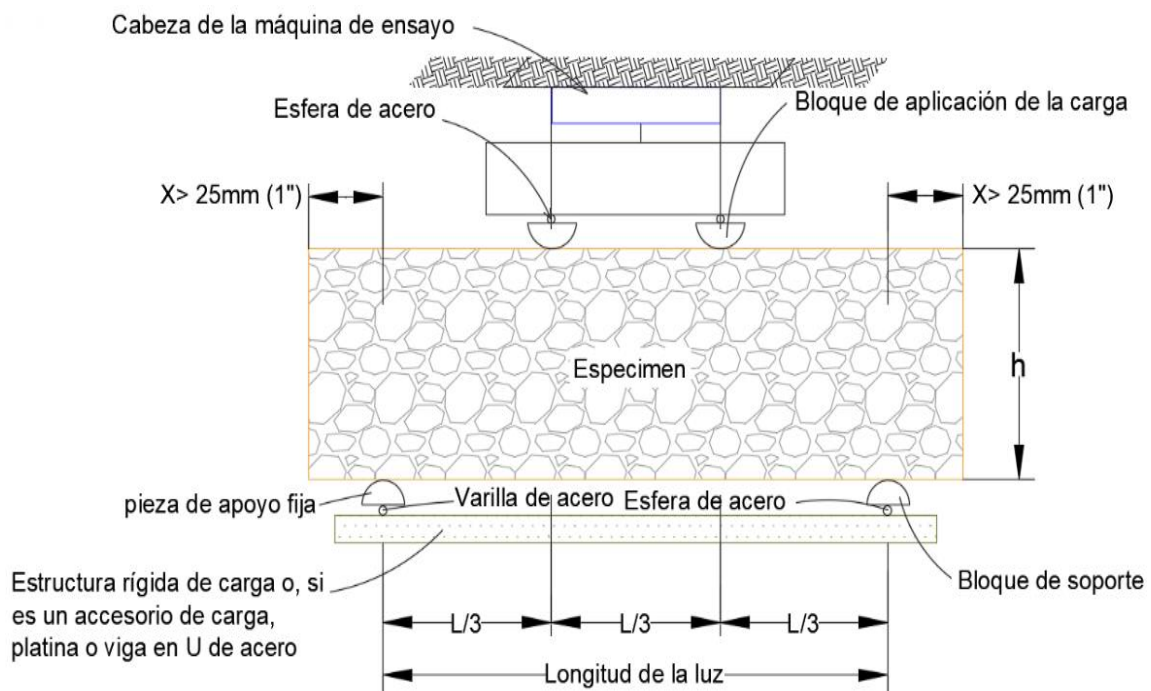


### 3.5.3. Análisis de la flexión en vigas de concreto.

Los especímenes prismáticos fueron ensayados bajo el procedimiento de apoyo de carga a los tercios del tramo referenciado en la norma N.T.P. 339.078 con dosis al 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% para alcanzar una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 24**

*Detalle del Ensayo a Flexión a los tercios del tramo*



*Nota.* Muestra de forma figurativa el detalle para el ensayo de flexión.

**Tabla 44**

*Módulo de rotura según dosificación y tiempo de curado*

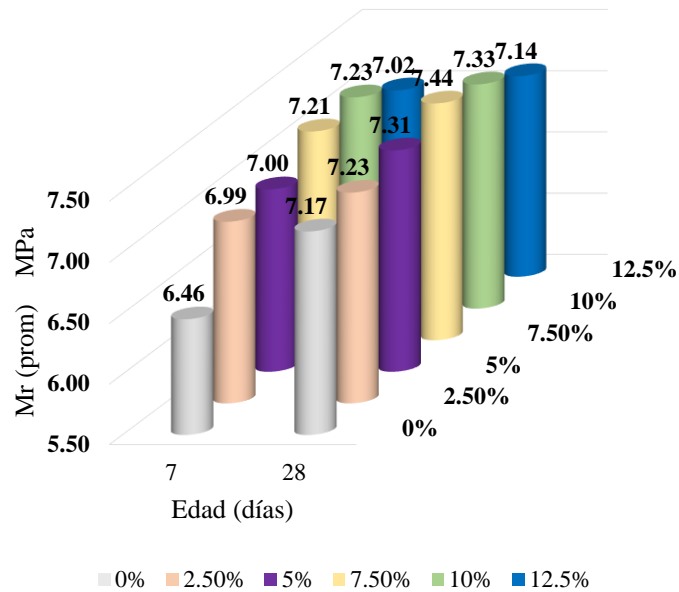
Sustitución (%)	Tiempo (días)	P(N)	Mr(Mpa)	Mr. Prom(Mpa)
0	7	44250	6.56	6.46
		45860	6.79	
		41220	6.11	
		42960	6.36	
	28	48990	7.26	7.17
		49100	7.27	
		47950	7.10	
		48780	7.23	
		48670	7.21	

		47020	6.97	
2.5	7	46770	6.93	6.99
		46840	6.94	
		47220	7.00	
		47950	7.10	
	28	49790	7.38	7.23
		49100	7.27	
		49220	7.29	
		48890	7.24	
		47560	7.05	
		48220	7.14	
5	7	46570	6.90	7.00
		47050	6.97	
		47010	6.96	
		48260	7.15	
	28	48170	7.14	7.31
		50260	7.45	
		49140	7.28	
		50680	7.51	
		49360	7.31	
		48560	7.19	
7.5	7	47560	7.05	7.21
		47680	7.06	
		49770	7.37	
		49580	7.35	
	28	50180	7.43	7.44
		51260	7.59	
		49560	7.34	
		51230	7.59	
		48740	7.22	
		50180	7.43	
10	7	49560	7.34	7.23
		49220	7.29	
		47750	7.07	
		48550	7.19	
	28	51260	7.59	7.33
		52630	7.80	
		47410	7.02	
		47420	7.03	
		48870	7.24	
		49310	7.31	
12.5	7	47270	7.00	7.02
		47330	7.01	
		47630	7.06	
		47350	7.01	
	28	51230	7.59	7.14
		48240	7.15	
		48270	7.15	
		47580	7.05	
		47510	7.04	

Nota. La Tabla 44 nos muestra el resultado del módulo de rotura promedio en función de la adición de CCA y el tiempo.

**Figura 25**

*Módulo de rotura según dosis y edades*



**Tabla 45**

*Variación porcentual de la resistencia a flexión según sustitución.*

Sustitución (%)	Tiempo (días)	Mr. Prom(Mpa)	alcance (%)	Variación (%)
0	7	6.46	100.00	0.00 %
	28	7.17	100.00	0.00 %
2.5	7	6.99	108.20	8.20 %
	28	7.23	100.84	0.84 %
5	7	7.00	108.36	8.36 %
	28	7.31	101.95	1.95 %
7.5	7	7.21	111.61	11.61 %
	28	7.44	103.77	3.77 %
10	7	7.23	111.92	11.92 %
	28	7.33	102.23	2.23 %

12.5	7	7.02	108.67	8.67 %
	28	7.14	99.58	-0.42 %

Nota. La Tabla 45 nos muestra el resultado de la variación porcentual de la resistencia a flexión según dosis de sustitución.

### 3.5.4. Interpretación Estadística especímenes cilíndricos

Dada las condiciones de curado se espera que los especímenes cilíndricos tengan la misma resistencia para definir las propiedades de concreto durables, ante ello el proceso estadístico nos brinda una base sólida para obtener la calidad y que tan resistente pueda ser el concreto e identificar su variabilidad.

Los valores fueron analizados estadísticamente con funciones como la varianza, desviación estándar y coeficiente variacional donde además según ACI 214-11, define estándares de control de la calidad del concreto elaborado en laboratorio dando como resultado que las muestras que se fabricaron se definen entre buenas y excelentes para los 7, 14 y 28 días.

**Tabla 46**

*Desviación estándar de las muestras según dosificación a 7 días de edad*

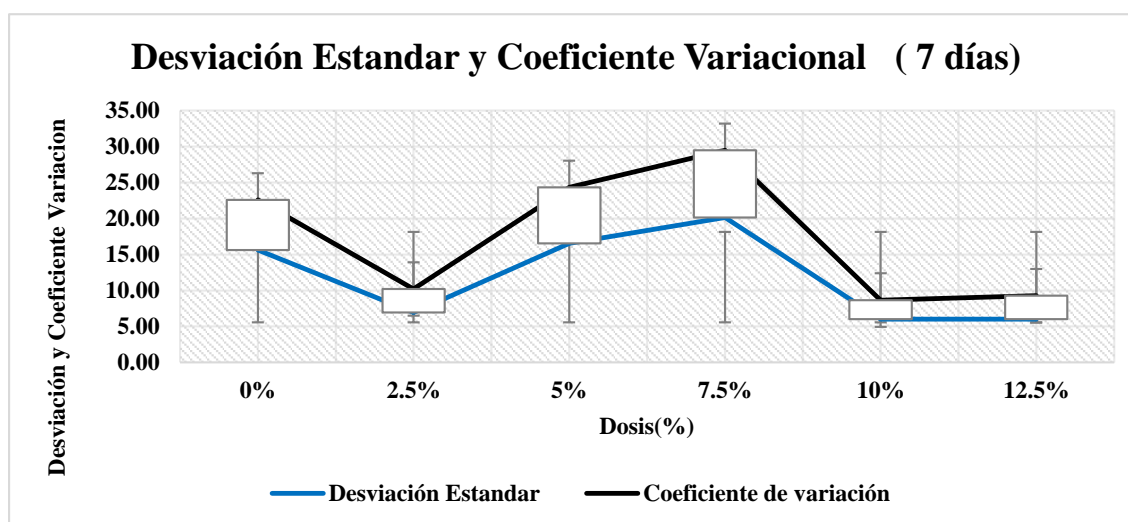
<b>Función Estadística</b>	<b>0%</b>	<b>2.5%</b>	<b>5%</b>	<b>7.5%</b>	<b>10%</b>	<b>12.5%</b>
Varianza	243.62	47.93	273.40	406.02	35.99	35.99
Desviación Estándar (DS)	15.61	6.92	16.53	20.15	6.00	6.00
Coeficiente de Variación (CV)	6.97	3.28	7.80	9.32	2.66	3.26
Distribución Normal	0.00	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01
	0.03	0.05	0.02	0.01	0.03	0.02
	0.02	0.05	0.02	0.02	0.03	0.06
	0.02	0.05	0.02	0.02	0.06	0.06
	0.02	0.06	0.02	0.02	0.07	0.07
	0.02	0.06	0.02	0.02	0.07	0.07
	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02	0.06

		0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
<b>Resultado ACI-214</b>	DS	Muy Bueno	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Excelente	Excelente
	CV	Deficiente	Muy Bueno	Deficiente	Deficiente	Muy Bueno	Bueno

Nota. La Tabla 48 muestra el resultado de la desviación estándar analizadas para los especímenes propuestos a los 7 días de edad.

**Figura 26**

*Desviación estándar y coeficiente de variación según dosis (7 días)*



**Tabla 47**

*Desviación Estándar de las muestras según dosificación a 14 días de edad*

<b>Función Estadística</b>	<b>0%</b>	<b>2.5%</b>	<b>5%</b>	<b>7.5%</b>	<b>10%</b>	<b>12.5%</b>
Varianza	192.08	117.20	324.78	1941.20	9.28	9.28
Desviación Estándar (DS)	13.86	10.83	18.02	44.06	3.05	3.05
Coeficiente de Variación (CV)	5.89	4.74	7.83	18.43	1.32	1.47
Distribución Normal	0.02	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00
	0.02	0.02	0.02	0.00	0.06	0.00
	0.02	0.04	0.02	0.01	0.09	0.02
	0.03	0.04	0.02	0.01	0.10	0.13
	0.03	0.04	0.02	0.01	0.13	0.02
	0.03	0.03	0.01	0.01	0.07	0.00

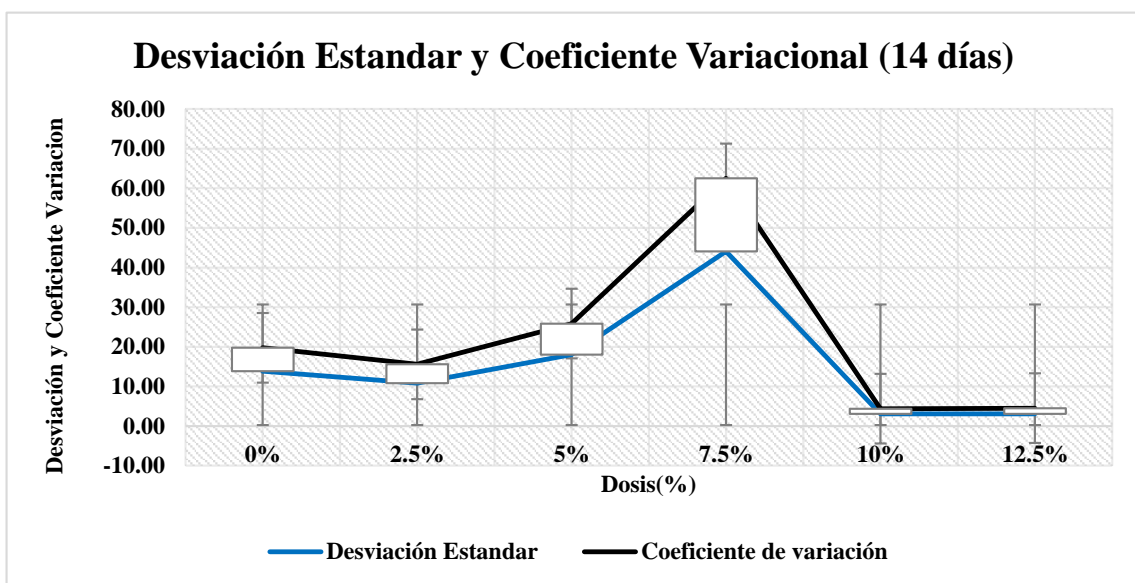


		0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
<b>Resultado ACI-214</b>	DS	Muy Bueno	Excelente	Bueno	Deficiente	Excelente	Excelente
	CV	Deficiente	Suficiente	Deficiente	Deficiente	Excelente	Excelente

Nota. La Tabla 47 muestra el resultado de la desviación estándar analizadas para los especímenes propuestos a los 14 días de edad.

**Figura 27**

*Desviación estándar y coeficiente de variación según dosis (14 días)*



**Tabla 48**

*Desviación estándar de las muestras según dosificación a 28 días de edad*

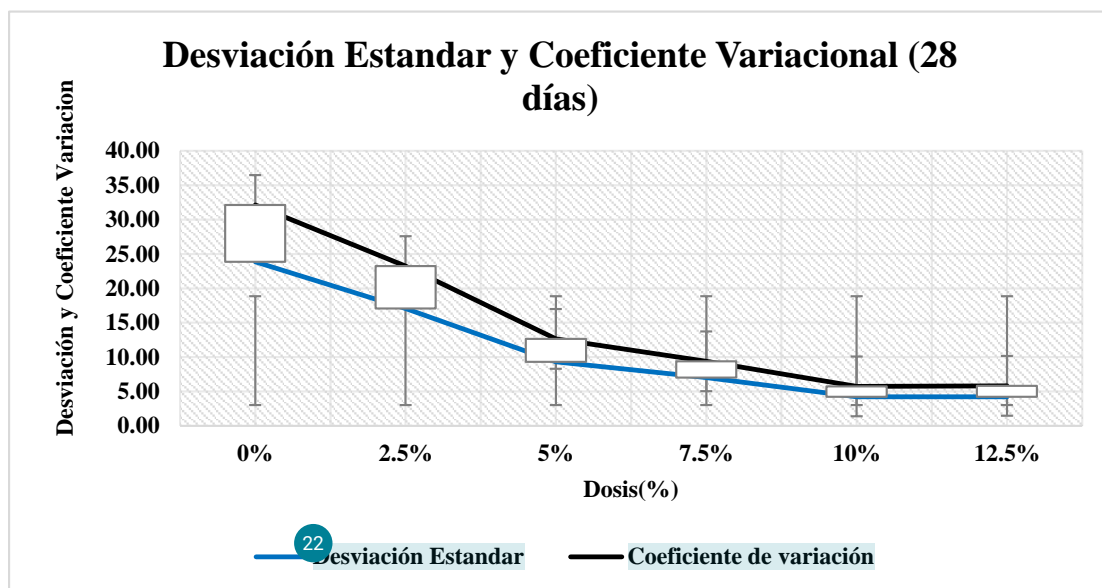
<b>Función Estadística</b>	<b>0%</b>	<b>2.5%</b>	<b>5%</b>	<b>7.5%</b>	<b>10%</b>	<b>12.5%</b>
Varianza	569.65	291.32	86.55	49.10	17.82	17.82
Desviación Estándar (DS)	23.87	17.07	9.30	7.01	4.22	4.22
Coeficiente de Variación (CV)	8.27	6.18	3.34	2.36	1.51	1.60
Distribución Normal	0.02	0.00	0.04	0.05	0.07	0.07
	0.02	0.02	0.01	0.05	0.01	0.00
	0.02	0.02	0.04	0.03	0.05	0.02
	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.00
	0.01	0.02	0.02	0.05	0.06	0.00

		0.01	0.02	0.04	0.06	0.07	0.09
		0.01	0.02	0.04	0.01	0.05	0.00
<b>Resultado ACI-214</b>	DS	Suficiente	Bueno	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
	CV	Deficiente	Deficiente	Bueno	Muy Bueno	Excelente	Excelente

Nota. La Tabla 48 muestra el resultado de la desviación estándar analizadas para los especímenes propuestos a los 28 días de edad.

**Figura 28**

*Desviación estándar y coeficiente variacional según dosis (28 días)*



### 3.2. Discusión de los resultados

- Para los agregados de cantera

La exploración de materiales pétreos en Lambayeque es muy amplia y diversa y muchos de éstos son explorados de manera informal y ofrecidos sin cumplir los requisitos mínimos establecidos es por eso la necesidad de evaluarlos, para [48] en su análisis de agregados pétreos considera que la Cantera La Victoria es la de mejor comportamiento para el agregado fino con un MF de 2.757 con un contenido de humedad de 0.2% y la Cantera Tres tomas con un TMN de  $\frac{3}{4}$ " y contenido de humedad de 0.4% resultado muy cercano a lo especificado en la presente (MF de 3.06, CH=0.58% y TMN  $\frac{3}{4}$ " y CH=0.28%) de igual manera [89] manifiesta que la Cantera mencionada posee un MF de 2.353

4 resultados que se encuentran dentro de los límites permisibles para el agregado fino según [41] ( $3.1 < MF < 2.3$ ) y no debe exceder el 45% pasante en alguna malla.

- 3 Para la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA)

Manifiestan que la temperatura a la que se expone al incinerar las cáscara de arroz influye de manera directa en la actividad puzolánica y sugiere ser incineradas debajo de los 1400°C ya que a mayores temperaturas la sílice podría perder su proceso reactivo [2], efectivamente muchos investigadores (ver **Tabla 03**) han desarrollado estudios con cenizas que han sido quemadas entre 500 y 900 °C con tiempos entre 0.5 a 24 horas y han obtenido buena clasificación puzolánica [21], manifiestan que entre 500 y 800°C el óxido de sílice se manifiesta en estado amorfo es decir puede usarse como puzolana en la elaboración de concretos sin perjudicar las características del aglutinante(cemento) [35], esta interpretación la asumimos para incinerar nuestra muestra de cáscara entre 650 y 850 ° en 3.5 horas, en el plano local estipula que la temperatura ideal de calcinación fue de 650°C en 2 horas [41].

Concluyo que el IAP alcanza hasta un 88% en sólo 7 días y 88.9% a los 28 días [39] y obtiene 83.1% a 28 días [42] sobrepasando ampliamente los requisitos físicos estipulados en la ASTM C 618 datos no concordantes con los valores que obtuve 65.21% a los 7 días y 75.95% a los 28 días, pero cumplen con los requisitos de aceptación como puzolana [80].

7 Según las cenizas de cáscara de arroz contienen entre 85 y 95% de sílice amorfa [12], las investigaciones mostradas en **Tabla 1** corroboran esta conclusión ya que se encuentran dentro del rango y además cumplen con los requisitos de puzolanas establecidos en la ASTM C 618 debido a que  $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \geq 70\%$  y 50%, pero [26] y [90] en sus investigaciones muestran resultados químicos bajos en sílice 63% y 69.69% respectivamente los cuales difieren a mis resultados ( $SiO_2 = 88.4\%$ ). **La Tabla 18** muestra los diferentes porcentajes de compuestos químicos representativos en algunas

ciudades del Perú de las cuales las tesis realizadas en Arequipa muestran un contenido de sílice inferior a la de las otras ciudades, de donde las tesis elaboradas en la zona norte presentan un contenido alto de sílice.

- Para el diseño de la mezcla

Los diseños se generan a partir de ensayos los cuales se basan en la densidad de los materiales pétreos [16], la relación entre agua y cemento, así como en el asentamiento requerido, el método de <sup>95</sup> ACI 211.1-91 y ACI 211.4R-08 muestran los procedimientos para el buen proporcionamiento de los materiales incluido las cenizas en el concreto. Las dosificaciones de mezcla de 0%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% obteniendo relaciones en peso de C: A: P ( 1:1.26:3.64 ) y a/c de 0.40 lt/kg para la mezcla patrón de resistencia 40 Mpa [35].

- Para <sup>2</sup> Propiedades físicas y mecánicas

Para el <sup>2</sup> concreto en su estado plástico argumentan que las cenizas que no contienen carbono disminuyen el asentamiento de 9 cm que presenta la muestra control a 4 cm que presenta la dosis al 10% [10], el contenido de aire fue mayor ya que aumento hasta el 76% <sup>2</sup> en comparación a la muestra patrón y disminuyo el peso unitario en 4.82%, resultado parecido obtuvo [36] y [42] los cuales manifiestan haber tenido disminución en la trabajabilidad y el peso unitario además [34] manifiestan que el asentamiento aumenta a mayor proporción de cenizas hasta en 37.5% y según [44] aumenta hasta en 32.35% conclusiones muy cercanas en mi investigación ya que el asentamiento no muestra valores muy elevados pero si se acrecienta con mayor proporción, sin embargo para [2] el sustituir al 20% el aglutinante por ceniza mejora el asentamiento hasta en un 20%. Según [36] <sup>7</sup> afirma que a mayor adición de ceniza el asentamiento disminuye en 50% y la temperatura disminuye hasta en 14.23% con el 20% de dosis lo cual contradice a los resultados que obtuve ya que a mayor proporción la temperatura <sup>96</sup> se ve afectada.

En lo que respecta al concreto en su estado mecánico [47] afirman que al 1% de sustitución la resistencia compresiva aumenta en un 11.60% y al 5% la resistencia a flexión presenta una mejora de 23.26% a los 28 días de edad empero [43] manifiesta si

bien al 1% de proporción hay un ligero aumento de la resistencia (0.04%) la tendencia es decreciente a mayor incremento de ceniza, [48] afirma que la ceniza en proporción al 15% mejora la propiedad compresiva empero para el módulo elástico es al 10%. [44] en sus resultados muestra un aumento de resistencia de hasta 25.54% en referencia a la muestra control pero con un limitante de hasta el 8% de sustitución, para [42] la resistencia compresiva aumenta hasta en un 19.29% con la dosis limitante al 10% a edades de 28 días, [37] y [10] también manifiestan haber obtenido mejoras en la resistencia a compresión, módulo elástico y a flexión hasta en 35.91% con dosis al 10% de sustitución resultado que discrepa con lo obtenido por [35] quienes estipulan que las propiedades mecánicas mejoran al 7.5% de sustitución resultado que concuerda con lo obtenido en mi investigación a 28 días de edad.

- Para diseño óptimo

Algunos de los investigadores han establecido dosificaciones idóneas de sustitución que mejoren las propiedades físico-mecánicas del concreto (ver **Tabla 49**), de donde el resultado que adopto en mi investigación es al 7.5% de sustitución el cual se contrasta con lo obtenido por [35].

**Tabla 49**

*Dosificaciones óptimas según investigadores.*

Investigadores	Dosis óptima
[22]	5%
[15]	5%
[24]	7.5%
[54]	10%
[9]	10%
[28]	12.5%
[25]	15%
[2]	20%

Nota. Dosis óptima según investigadores

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Se analizaron un total de 6 canteras cercanas a la zona del estudio, siendo las de mejor comportamiento geotécnico La Victoria para el agregado fino con un Módulo de fineza de 3.06, Peso específico 2.52 gr/cm<sup>3</sup>, absorción 0.62%, humedad 0.58%, y Tres Tomas para el agregado grueso con TMN 3/4", P.E. 2.66 gr/cm<sup>3</sup>, absorción 1.00% y humedad 0.28%.
- La ceniza de cáscara de arroz incinerada a una temperatura de 750° C posee características físicas y químicas y es considerada como puzolana en el concreto de tipo F, alcanzando un índice puzolánico de 75.95% a los 28 días de edad, químicamente posee SiO<sub>2</sub>+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO<sub>3</sub>= 89.83%, azufre 4.09%.
- El diseño de mezcla fue diseñado en función del comportamiento de los agregados pétreos, el aglutinante cemento Portland tipo I con peso específico de 3.11 kg/m<sup>3</sup> y la ceniza para alcanzar una resistencia de f'c 280 kg/cm<sup>2</sup>, donde se determinó una relación de a/c y de a/ c+p de 0.509, un factor cemento de 10.7 bls/m<sup>3</sup>, para un contenido de aire de 2% y una proporción en peso de **C:1 A:1.65 P:1.91** y 21.6 lt para la muestra control , **C:0.975 A:1.65 P: 1.91 CCA=0.025** y 21.6 lt mezcla con 2.5%, **C:0.95 A:1.65 P: 1.91 CCA=0.05** y 21.6 lt mezcla con 5%; **C:0.925 A:1.65 P: 1.91 CCA=0.075** y 21.6 lt mezcla con 7.5%; **C:0.90 A:1.65 P: 1.91 CCA=0.1** y 21.6 lt mezcla con 10%; **C:0.875 A:1.65 P: 1.91 CCA=0.125** y 21.6 lt mezcla con 12.5%.
- De la comparación de resultados se concluye que

Para su estado Plástico

El asentamiento se ve afectado sólo en la muestra al 12.5%, para la temperatura se muestra constante debajo de los 32 °C en cambio las dosis de 10% y 12.5% sobrepasan el valor máximo establecido en la [95], el peso unitario se mantiene constante hasta la dosis al 5%, el contenido de aire muestra un

desarrollo creciente está en rango de 1.9% y 2.5%, por ende adicionar cenizas mejora las características del concreto en su estado plástico empero se limita a dosis hasta el 7.5%.

Para su estado Mecánico

El estado endurecido del concreto adicionado con cenizas se ve mejorado en su resistencia compresiva, a flexión aumentándolas en +2.65% y 3.77% respectivamente, el módulo elástico muestra aumento en +6.73% pero limitada al 7.5% de adición ya que a mayor adición de cenizas el comportamiento resistente decrece a los 28 días.

- La dosis de sustitución óptima de ceniza de cáscara de arroz que mejora las características plásticas y mecánicas en referencia al concreto control es al 7.5% alcanzando aumentos en las resistencias a los 28 días de edad.

#### 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda obtener mejores muestras de las canteras que no se analizaron debido a la precariedad de la zona de acopio pudieron estar infestadas o contaminadas y poder emplearlas en futuras investigaciones.
- Se recomienda reducir la escala de temperatura de incineración de la cascara ( $\pm 50^{\circ}\text{C}$ ) y analizarla químicamente para comparar si existe variación con los resultados químicos obtenidos en la presente tesis.
- Se recomienda seguir explícitamente la metodología expuesta por el American Concrete Institute (ACI-211) para lograr una buena composición de la mezcla.
- Se recomienda realizar ensayos a mayores tiempos de curados ( $> 28$  días) en mezclas que no lograron optimizar las propiedades del concreto, así como usar aditivos plastificantes que pueden ayudar en alcanzar los requisitos establecidos.

- Recomiendo la utilización de mezcla con valores de sustitución que se encuentren dentro del rango de +5% y -7.5% e inquirir los efectos físicos y mecánicos de la mezcla de concreto además las dosis que no cumplieron el objetivo podrían ser usadas en estructuras de baja resistencia.



## ● 16% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	<b>hdl.handle.net</b> Internet	3%
2	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Internet	2%
3	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Internet	2%
4	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Internet	1%
5	<b>uss.edu.pe</b> Internet	<1%
6	<b>1library.co</b> Internet	<1%
7	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Internet	<1%
8	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-06</b> Submitted works	<1%

9	<b>Universidad Tecnologica del Peru on 2022-12-14</b> Submitted works	<1%
10	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2021-03-16</b> Submitted works	<1%
11	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Internet	<1%
12	<b>dspace.espol.edu.ec</b> Internet	<1%
13	<b>Universidad Continental on 2022-11-11</b> Submitted works	<1%
14	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2021-12-19</b> Submitted works	<1%
15	<b>researchgate.net</b> Internet	<1%
16	<b>Universidad Ricardo Palma on 2021-06-30</b> Submitted works	<1%
17	<b>repository.seku.ac.ke</b> Internet	<1%
18	<b>Universidad Nacional de Trujillo on 2021-06-24</b> Submitted works	<1%
19	<b>id.123dok.com</b> Internet	<1%
20	<b>slideshare.net</b> Internet	<1%

21	<b>Universidad Militar Nueva Granada on 2017-10-09</b> Submitted works	<1%
22	<b>Universidad Ricardo Palma on 2018-11-05</b> Submitted works	<1%
23	<b>repositorio.unc.edu.pe</b> Internet	<1%
24	<b>Universidad Andina del Cusco on 2023-03-20</b> Submitted works	<1%
25	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2017-11-04</b> Submitted works	<1%
26	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-10-20</b> Submitted works	<1%
27	<b>Erich David Rodríguez Martínez. "EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE ...</b> Crossref posted content	<1%
28	<b>moam.info</b> Internet	<1%
29	<b>tel.archives-ouvertes.fr</b> Internet	<1%
30	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2018-08-14</b> Submitted works	<1%
31	<b>Universidad Católica de Santa María on 2018-05-07</b> Submitted works	<1%
32	<b>Universidad Privada del Norte on 2023-04-21</b> Submitted works	<1%

33	<b>Universidad Privada del Norte on 2023-04-21</b>	<1%
	Submitted works	
34	<b>aplicasa.es</b>	<1%
	Internet	
35	<b>pnl.ac.id</b>	<1%
	Internet	
36	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2021-06-20</b>	<1%
	Submitted works	
37	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2023-01-25</b>	<1%
	Submitted works	
38	<b>ffrc.fi</b>	<1%
	Internet	
39	<b>Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2021-08-10</b>	<1%
	Submitted works	
40	<b>Universidad Ricardo Palma on 2020-12-17</b>	<1%
	Submitted works	
41	<b>Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2022-09-02</b>	<1%
	Submitted works	
42	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2017-11-28</b>	<1%
	Submitted works	
43	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-29</b>	<1%
	Submitted works	
44	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2023-01-13</b>	<1%
	Submitted works	

45	<b>businessdocbox.com</b>	Internet	<1%
46	<b>docplayer.es</b>	Internet	<1%
47	<b>coursehero.com</b>	Internet	<1%
48	<b>Domínguez Gutierrez Demetrio,Martinez Perez Guadalupe. "Diseño, fab...</b>	Publication	<1%
49	<b>Nava Perez Erika. "Desarrollo, optimizacion y validacion de un metodo ...</b>	Publication	<1%
50	<b>Universidad Andina del Cusco on 2019-11-20</b>	Submitted works	<1%
51	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2016-12-23</b>	Submitted works	<1%
52	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2023-01-25</b>	Submitted works	<1%
53	<b>Universidad Santo Tomas on 2019-02-20</b>	Submitted works	<1%
54	<b>prezi.com</b>	Internet	<1%
55	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b>	Internet	<1%
56	<b>workersbushtelegraph.com.au</b>	Internet	<1%

57	<b>civilejournal.org</b>	Internet	<1%
58	<b>gob.mx</b>	Internet	<1%
59	<b>voestalpine.com</b>	Internet	<1%
60	<b>Escuela Politecnica Nacional on 2020-09-29</b>	Submitted works	<1%
61	<b>P. La Roche. "Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero en ...</b>	Crossref	<1%
62	<b>Universidad Andina del Cusco on 2017-09-06</b>	Submitted works	<1%
63	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2018-12-06</b>	Submitted works	<1%
64	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2019-07-07</b>	Submitted works	<1%
65	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-17</b>	Submitted works	<1%
66	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-01</b>	Submitted works	<1%
67	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-06</b>	Submitted works	<1%
68	<b>Universidad Tecnologica de Honduras on 2017-05-06</b>	Submitted works	<1%

69	<b>Universidad de Alicante on 2018-06-03</b>	<1%
	Submitted works	
70	<b>Universidad de Piura on 2018-09-02</b>	<1%
	Submitted works	
71	<b>es.scribd.com</b>	<1%
	Internet	
72	<b>jalayo.blogspot.com</b>	<1%
	Internet	
73	<b>repositorio.comillas.edu</b>	<1%
	Internet	
74	<b>repositorio.utea.edu.pe</b>	<1%
	Internet	
75	<b>BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA on ...</b>	<1%
	Submitted works	
76	<b>Muñiz Rodriguez José Guadalupe. "Caracterizacion de concretos de ba..."</b>	<1%
	Publication	
77	<b>Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2023-05-21</b>	<1%
	Submitted works	
78	<b>Universidad Andina del Cusco on 2017-12-01</b>	<1%
	Submitted works	
79	<b>Universidad Católica de Santa María on 2023-01-13</b>	<1%
	Submitted works	
80	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2017-11-04</b>	<1%
	Submitted works	

81	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2018-12-06</b> Submitted works	<1%
82	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2019-03-29</b> Submitted works	<1%
83	<b>Universidad Cesar Vallejo on 2023-01-20</b> Submitted works	<1%
84	<b>Universidad Continental on 2016-10-26</b> Submitted works	<1%
85	<b>Universidad Continental on 2018-02-15</b> Submitted works	<1%
86	<b>Universidad Continental on 2023-01-19</b> Submitted works	<1%
87	<b>Universidad Nacional del Centro del Peru on 2019-01-07</b> Submitted works	<1%
88	<b>archive.org</b> Internet	<1%
89	<b>eslavaconcreto.blogspot.com</b> Internet	<1%
90	<b>patents.google.com</b> Internet	<1%
91	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Internet	<1%
92	<b>repositorio.utp.edu.pe</b> Internet	<1%



93	<b>repository.usta.edu.co</b>	Internet	<1%
94	<b>wiki2.org</b>	Internet	<1%
95	<b>concrete.org</b>	Internet	<1%
96	<b>gem.es</b>	Internet	<1%