



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Análisis de las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$   
kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland por  
cenizas de cascarilla de arroz”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

**AUTORES:**

**Córdova Ojeda, Edgar Ismael (ORCID: 0000-0002-9287-3380)**

**González Chávez, Angel Enrique (ORCID: 0000-0002-3209-9215)**

**ASESOR:**

**Mg. Medina Carbajal, Lucio Sigifredo (ORCID: 0000-0001-5207-4421)**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tecnología del concreto

**PIURA – PERÚ**

**2021**

## DEDICATORIA

A mi esposa e hijas, quienes son el pilar que sostiene mi vida.

A mis padres por su amor, y por su confianza.

Angel Enrique González Chávez.

A mi hijo, por ser el motivo de mis luchas, y me da la fuerza para nunca rendirme.

A mis padres que han apoyado estos años de estudios.

Edgar Ismael Córdova Ojeda.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios nuestro Padre Celestial, por darme la sabiduría y las fuerzas para mantenerme constante, por ser mi guía durante estos años.

A mi esposa e hijas por permitirme, cumplir con una de mis metas, aun consta de un poco del tiempo que les debo.

A la universidad Cesar Vallejo por la oportunidad de culminar esta etapa de estudios.

A mi asesor, por sus enseñanzas y consejos, por guiarme en el proceso de elaboración de mi tesis

Angel Enrique González Chávez.

A mi bendito Dios, por ser mí ayuda constante, y mi guía durante esta época de estudios.

A mis padres por apoyarme durante estos años y enseñarme que con esfuerzo todo es posible.

A la universidad Cesar Vallejo, por la oportunidad de proseguir con mis estudios, y cobijarme en sus aulas.  
A mi asesor por acompañarme durante la elaboración del proyecto de tesis, brindándome su guía.

Edgar Ismael Cordova Ojeda.

## ÍNDICE

CARÀTULA.....	i
DEDICATOTRIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÒN.....	1
ÍI. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA.....	23
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	23
3.2. Variable y operacionalización.....	24
3.3. Población muestra y muestreo.....	26
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.5. Procedimientos.....	28
3.6. Métodos de análisis de datos.....	41
3.7. Aspectos éticos.....	41
IV. RESULTADOS.....	42
V. DISCUSIÒN.....	42
VI. CONCLUSIONES.....	88
IV. RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS.....	42
ANEXOS.....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestreo de acuerdo a las especificaciones de la NTP 399.034.....	27
Tabla 2. Composición de las CCDA.....	29
Tabla 3. Capacidad Calorífica de las cenizas de arroz.....	29
Tabla 4. Peso específico de la cascarilla de arroz .....	29
Tabla 5. Masa de la muestra y granulometría .....	32
Tabla 6. Consistencia y asentamientos.....	34
Tabla 7. Volumen de agua por metro cubico.....	35
Tabla 8. Estimación del aire atrapado.....	35
Tabla 9. Relación agua cemento .....	36
Tabla 10. Factor de volumen .....	37
Tabla N° 11. Cantidad de SO <sub>2</sub> para determinar la puzolanidad de las CCDA.....	42
Tabla 12. % de Agregado fino.....	42
Tabla 13. Módulo de fineza agregado grueso .....	43
Tabla 14. Granulometría de las cenizas de arroz molida .....	45
Tabla 15. Granulometría del cemento usado en la investigación .....	46
Tabla 16. Granulometría comparada de cemento y cenizas .....	46
Tabla 17. Abrasión o desgaste del agregado grueso .....	47
Tabla 18. Características del agregado fino.....	48
Tabla 19. Características del agregado grueso.....	48
Tabla 20. Procesamiento.....	48
Tabla 21. Volúmenes absolutos de materiales.....	49
Tabla 22. Contenido de agregado fino .....	49
Tabla 23. Valores para el diseño .....	49
Tabla 24. Porcentaje de humedad superficial de agregados.....	49
Tabla 25. Aporte de humedad de los agregados.....	49
Tabla 26. Corrección de la humedad .....	50
Tabla 27. Pesos corregidos de los agregados .....	50
Tabla 28. Proporciones del diseño en peso .....	50
Tabla 29. Comparación Diseño Humedo y Diseño Seco.....	51
Tabla 30. Calculo de la tanda. ....	51
Tabla 31. Medidas de los moldes.....	52
Tabla 32. Proporción del diseño .....	52
Tabla 33. Dosificación para muestra patrón relación a/c=0.58=0.6.....	53
Tabla 34. Dosificación para sustitución al 10% relación agua cemento 0.64.....	53

Tabla 35. Dosificación para sustitución al 15% relación agua cemento 0.683.....	53
Tabla 36. Dosificación para sustitución al 20% relación agua cemento 0.72.....	54
Tabla 37. Slump, Consistencia y Grado de Trabajabilidad .....	55
Tabla 38. Consistencia y Slump.....	55
Tabla 39. Slump promedio del patrón. ....	55
Tabla 40. Slump promedio sustitución al 10% .....	56
Tabla 41. Slump promedio sustitución al 15% .....	56
Tabla 42. Slump promedio sustitución al 20% .....	57
Tabla 43. % de comprensión según la edad .....	57
Tabla 44. % de comprensión según la edad .....	58
Tabla 45. Calculo de densidad y peso específico de las probetas .....	58
Tabla 46. Tasa de absorción.....	63
Tabla 47. Resistencia a la compresión patrón a los 7 días .....	63
Tabla 48. Resistencia a la compresión sustitución al 10% a los 7 días .....	64
Tabla 49. Resistencia a la compresión sustitución al 15% a los 7 días .....	64
Tabla 50. Resistencia a la compresión sustitución al 20% a los 7 días .....	65
Tabla 51. Resistencia a la compresión patrón a los 14 días.....	65
Tabla 52. Resistencia a la compresión sustitución al 10% a los 14 días .....	66
Tabla 53. Resistencia a la compresión sustitución al 15% a los 14 días .....	66
Tabla 54. Resistencia a la compresión sustitución al 20% a los 14 días .....	67
Tabla 55. Resistencia a la compresión patrón a los 28 días.....	67
Tabla 56. Resistencia a la compresión sustitución al 10% a los 28 días .....	68
Tabla 57. Resistencia a la compresión sustitución al 15% a los 28 días .....	68
Tabla 58. Resistencia a la compresión sustitución al 20% a los 28 días .....	69
Tabla 59. Resistencia promedio según la edad del concreto .....	69
Tabla 60 influencia de la sustitución de CCDA en el Slump .....	72
Tabla 61. Nivel de relación % de sustitución Slump.....	73
Tabla 62. Prueba de normalidad .....	74
Tabla 63. Coeficiente de correlación lineal para encontrar la potencia de la relación entre el % de sustitución, relación a/c y tasa de absorción. ....	75
Tabla 64. Correlación de Spearman .....	75
Tabla 65. Prueba de normalidad.....	76
Tabla 66. Prueba T de Student .....	78
Tabla 67. Matriz de consistencia: Análisis de las propiedades mecánicas del concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo parcialmente el cemento portland por cenizas de cascarilla de arroz. ....	98

Tabla 68. Matriz de operacionalización ..... 99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cono de Abrams.....	33
Figura 2. Medición del Slump.....	33
Figura 3. Curva granulométrica agregado fino.....	43
Figura 4. Curva granulométrica agregado grueso.....	44
Figura 5. Curva granulométrica CCDA.....	45
Figura 6. Curvas granulométricas de CCDA y cemento.....	47
Figura 7. Grafica Relación agua cemento patrón.....	50
Figura 8. Llenado de cono de Abrams.....	54
Figura 9. Curado de probetas.....	59
Figura 10. Secado de probetas.....	59
Figura 11. Corte de cilindros.....	60
Figura 12. Cortado de los discos.....	60
Figura 13. Cilindros recortados.....	61
Figura 14. Discos colocados en horno para completo secado.....	61
Figura 15. Pesado de los discos.....	61
Figura 16. Discos impermeabilizados.....	62
Figura 17. Peso de discos sacados a las 24 horas.....	62
Figura 18. Resistencia promedio según la edad del concreto.....	70
Figura 19. Comportamiento de la resistencia de acuerdo al porcentaje de sustitución a los 7 días.....	71
Figura 20. Comportamiento de la resistencia de acuerdo al porcentaje de sustitución a los 14 días.....	71
Figura 21. Comportamiento de la resistencia de acuerdo al porcentaje de sustitución a los 28 días.....	72



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Factor de seguridad .....	32
Ecuación 2. Estimación de la cantidad de cemento. ....	36
Ecuación 3. Peso del agregado grueso .....	37
Ecuación 4. Volumen de materiales.....	37
Ecuación 5. Volumen de cemento.....	38
Ecuación 6. Volumen de agregado grueso .....	38
Ecuación 7. Volumen de agua .....	38
Ecuación 8. Volumen de aire .....	38
Ecuación 9. Ecuación 8. Volumen de aire.....	39
Ecuación 10. Corrección de la absorción.....	39
Ecuación 11. Relación agua cemento.....	39
Ecuación 12. Cantidad de agua cemento.....	39
Ecuación 13. Proporciones en peso.....	40
Ecuación 14. Proporciones en volumen.....	40
Ecuación 15. Volumen de los instrumentos .....	52
Ecuación 16. Absorción .....	62

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland al 10%, 15% y 20% respectivamente.

En tal sentido, se planteó una investigación tipo aplicada, de enfoque cuantitativo, de diseño experimental descriptivo de corte transversal. La muestra estuvo constituida por 9 testigos, y 27 pruebas para analizar la variación de la resistencia, donde se sustituyó el cemento por cenizas de cascarilla de arroz al 10%, 15% y 20%. Los resultados de la investigación fueron que la proporción del diseño de mezcla fue 1.00; 2.16; 2.95; 0.6; la relación a/c = 0.6 aproximadamente, el Slump de la muestra patrón fue 4", encontrándose además que existe una influencia significativa al sustituir parcialmente las cenizas de cascarilla de arroz en el diseño de la mezcla, también existe una influencia significativa en las dosificaciones del concreto, así como existe una influencia significativa al sustituir las CCDA en la resistencia a la compresión del concreto.

Ergo, se puede inferir que el incremento de la sustitución de las cenizas de arroz influye en las propiedades mecánicas del concreto, así como la sustitución al 10% incrementa la resistencia a la compresión de la misma.

Palabras claves: Tecnología del concreto, resistencia a la compresión, Sustitución de cemento.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of rice husk ash on the mechanical properties of concrete  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  partially substituting Portland cement at 10%, 15% and 20% respectively.

In this sense, an applied research type was proposed, with a quantitative approach, with a experimental descriptive cross-sectional design. The sample consisted of 9 witnesses, and 27 tests where the cement was replaced by rice husk at 10%, 15% and 20%. The results of the investigation were that the mixture design ratio was 1.00; 2.16; 2.95; 0.6; the w/c ratio = 0.6 approximately, the slump of the standard sample was 4", also finding that there is a significant influence when partially replacing the rice ash in the mix design, there is also a significant influence on the dosages of concrete, just as there is a significant influence when substituting the CCDA in the compressive strength of the concrete.

Therefore, it can be inferred that the increase in the substitution of rice ash influences the mechanical properties of the concrete, as well as the 10% substitution increases its compressive strength.

Keywords: Concrete technology, compressive strength, Cement substitution.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la ingeniería civil, sigue en la búsqueda de encontrar soluciones para mejorar la calidad de los concretos, y disminuir los costos que demandan la industria de la construcción. Tal es así que de acuerdo a Levon et al. (2021, pp. 1-3), para mejorar la baja resistencia al agrietamiento del hormigón que ocasiona la fractura frágil (que puede provocar la destrucción súbita y paulatina de todo un edificio o estructura), se utiliza hormigón reforzado con fibras, logrado en base a una matriz de cemento añadiéndole fibras de forma discreta de diferentes tamaños escogidos aleatoriamente. Los autores señalan que se están probando diversos polímeros que sirven como rellenos de fibra, de manera que se consideran para utilizarse como fibras de refuerzo del concreto de fraguado rápido, para reparar capas estructurales en las carreteras de emergencia en términos de resistencia, permeabilidad y durabilidad de acuerdo con los tipos de fibra. Los tipos de fibra evaluados fueron, fibras de yute, Polyvinyl alcohol (PVA) y nailon. Siendo el hormigón híbrido reforzado con fibra de PVA y fibras de nailon quienes ofrecieron mejor resistencia en la reparación de carreteras.

Fernández y Díaz (2017), señalan que el uso de las fibras vegetales en la elaboración de fibroconcretos es una alternativa no solo para mejorar las propiedades del concreto sino que al tratarse de productos renovables ayudaría con el objetivo de tener un modelo de consumo sostenible de los materiales de construcción, dado que las fibras naturales no solo cumplen con las exigencias comerciales, sino también las medioambientales y de seguridad a la salud, convirtiéndolas en un interés genuino en la industria de la construcción.

Siguiendo con la idea anterior respecto al uso de materiales de origen vegetal para la elaboración de concretos, muchas cenizas de origen vegetal también pueden ser utilizadas en la elaboración del concreto. En ese sentido Hossain et al. (2016, pp. 116, 128-140), indica que las cenizas de los vegetales tienen propiedades puzolánicas, que cumplen una función importante cuando son incorporadas al cemento.

Aunque las cenizas vegetales son utilizadas en diversas formas en la agricultura, la cosmética, etc., su uso en la industria de la construcción es incipiente, de acuerdo a Suárez (citado en Huaquisto y Quenta, 2021, p. 1) estas cenizas tienen elevada concentración de Óxidos de Potasio ( $K_2O$ ), los cuales poseen un punto de fusión relativamente bajo, es así que a medida que incrementa su presencia o proporción la temperatura de fusión decrece, mientras que el punto de fusión del óxido de silicio ( $SiO_2$ ) es relativamente elevado.

De acuerdo a Zajac et al., (2018, pp. 2-10). Las cenizas vegetales tienen una composición física y química que depende de la biomasa de la que provienen, así como las características del suelo del que provienen, las condiciones de su crecimiento, así como las técnicas de cosecha, transporte y almacenamiento, las cuales sometidas a altas temperaturas u otras condiciones mejoran sus propiedades puzolánicas. En esa misma línea Ukrainczyk et al., (2016, pp. 37-70), señala que se ha encontrado dióxido de silicio ( $SiO_2$ ) en las cenizas de cascarilla del arroz (CCDA) y el bagazo de caña, así como óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) en cenizas que proceden de residuos vegetales leñosos.

De acuerdo a Hossain et al. (2016, pp. 128-140), la sustitución de cemento por las cenizas vegetales en diferentes proporciones puede mejorar las propiedades mecánicas del suelo como la durabilidad, la resistencia, etc., así como un ahorro en los gastos por costos de materiales. Autores como Noor-ul-amin, (2014), señalan que también producen una buena compactación del concreto y mantienen bajo el incremento de la temperatura durante la hidratación.

De acuerdo a Esteves et al., (2012) la alcalinidad que aportan las cenizas al concreto permiten un control de las expansiones de deterioro.

Prasara-a y Gheewala (2017), señalan que el empleo de cenizas tiene un efecto en la reducción del uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo, y gas licuado de petróleo), también en la generación de nuevas fuentes de trabajo debido a la necesidad de transporte, infraestructura, desarrollo tecnológico, etc.

De lo anterior se puede inferir que es factible el uso de cenizas de cascarilla del arroz como sustituto parcial del cemento en la consecución de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, que pueda utilizarse en la industria de la construcción.

**El problema de investigación**, yace en el hecho de la búsqueda constante de tener una industria que se adapte a los cambios del mundo contemporáneo, de buscar elementos que sean sostenibles en el tiempo, que respeten el medio ambiente, que generen beneficios económicos directos e indirectos, pero sobre todo que aporten a las propiedades físicas y químicas del concreto; igualando o mejorándolas, de manera que sean una alternativa coherente, óptima a la de los materiales tradicionales.

Al respecto Ramírez (2002, pp. 2-4), señala que no solo la industria del transporte es la que contamina el medioambiente; sino que ésta se genera también al construir los entornos en los que vivimos, de manera que es en la construcción de edificaciones en las que se consumen recursos naturales como agua, madera, minerales y combustibles fósiles. En tal sentido se propone el uso de materiales que sean de origen local, para evitar el uso de transporte, lo que repercute en el coste de la obra, además del uso de materiales renovables, elegir materiales que procedan de bosques de madera con una certificación de sostenibilidad. Es decir que se debe hacer edificaciones que sean sostenibles, que mejoren las construcciones actuales, y que cuesten menos y sean de fácil mantenimiento.

En esa misma perspectiva el instituto mexicano del cemento y el concreto, señala que los avances en la tecnología del concreto se fundamentan en tres pilares importantes: el costo de materiales de construcción, la durabilidad y el buen comportamiento ambiental; de manera que se pretende mejorar la resistencia del concreto, de allí la creación de superfluidos que le dan al concreto resistencias de 500 kg/cm<sup>2</sup> hasta 1,200 kg/cm<sup>2</sup>, donde al concreto se le agregan aditivos superfluidificadores, también cerámicas químicamente adheridas (CQA), los cuales son morteros a los que se les añade agregado grueso o se les agrega poco agregado, con un contenido elevado de cemento que les da una baja relación agua material

cementante (a/c); también concretos de alto desempeño (CAD), que a diferencia del concreto de alta resistencia no puede conseguirse una alta durabilidad en condiciones severas, ya que para ello debe permanecer libre de grietas durante su vida útil. Pero algo que llama mucho la atención es la elaboración de concretos con altos volúmenes de ceniza volante y escoria; que de acuerdo a Molina B., Moragues T., & Gálvez R., citados por Huaquisto y Belizario (2018, p. 226) se obtiene del carbón usado como combustible para generar la energía eléctrica, el cual es un contaminante que cuando se agrega en poca cantidad al concreto logra mejorar la resistencia del mismo, y cuando se añade por encima del 15% no mejora significativamente las propiedades mecánicas de este.

Lo que hace considerablemente viable pensar en el uso de cenizas vegetales como sustituto del cemento. En razón de lo cual se plantea la siguiente pregunta: ¿Cuál es la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$ , kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland?

De manera que la presente **investigación se justifica** puesto que tiene la finalidad de contribuir en la búsqueda de mejoras en la tecnología del concreto, de manera que al emplear las cenizas de cascarilla de arroz, se logre conseguir la durabilidad esperada, reducción de costos de materiales, así como contribuir para que se extienda el uso de residuos vegetales procesados en la industria de la construcción, lo cual contribuirá a reducir el uso de fuentes convencionales de energía (carbón, petróleo y gas licuado de petróleo), así como ser una fuente de nuevos empleos como consecuencia de la necesidad de transporte, y desarrollo de nuevas tecnologías. Tal como señala Prasara-a y Gheewala (2017), que indican que las cenizas tienen un efecto en la reducción del uso de combustibles fósiles (carbón, etc. petróleo, y gas licuado de petróleo), también en la generación de nuevas fuentes de trabajo debido a la necesidad de transporte, infraestructura, desarrollo tecnológico, etc. Logrando el desarrollo de una industria de la construcción enfocada en la sustentabilidad y que a la vez sea rentable.

En síntesis, es lógico señalar que la investigación presenta una **justificación académica**, puesto que propone la incorporación de nuevas metodologías en la búsqueda de avances en la tecnología del concreto; en ese sentido la presente investigación contribuirá con presentar una idea, no solo innovadora sino, diferente a los sistemas de elaboración de concreto de la forma tradicional.

Presenta también una **justificación técnica**, dado que, las aplicaciones de las técnicas para mejoramiento del concreto ya han sido evaluadas por otros investigadores, y se ha demostrado que es factible mejorar las propiedades mecánicas del concreto sustituyendo parcialmente el cemento por cenizas de cascarilla de arroz, lo que repercutirá en la economía, y el cuidado responsable del medio ambiente.

Así como una **justificación social**, puesto que las técnicas empleadas mejorarían el sector de la industria de la construcción, el cual se encuentra en un constante auge en la ciudad de Sullana, contribuyendo a fomentar el uso de materiales alternativos eco amigables que darían un rostro más humano a la industria de la construcción, aceptando su compromiso con la sociedad, al emplear recursos de fácil acceso que repercuten directamente en la economía de quienes desean construir a bajo costo, pero sin perder la calidad.

Además, presenta una **justificación metodológica**, puesto que, haciendo uso del método científico, plantea un enfoque cuantitativo y un diseño experimental por lo cual, la investigación tiene como objetivo general: **Determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland.**

Para la consecución del objetivo general se plantean como objetivos específicos los siguientes:

Determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en el diseño de mezcla del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland al 10%, 15% y 20%



Determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en las dosificaciones del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el cemento portland al 10%, 15% y 20%

Determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el cemento portland al 10%, 15% y 20%

En concordancia con los objetivos de la investigación, se plantearon las siguientes hipótesis:

### **Hipótesis General**

$H_i$ : Las cenizas de cascarilla de arroz influyen significativamente en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el cemento portland al 10%, 15% y 20%

$H_o$ : Las cenizas de cascarilla de arroz no influyen significativamente en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el cemento portland al 10%, 15% y 20%.

### **Hipótesis específicas**

$H_i$ : Las cenizas de cascarilla de arroz influyen significativamente en el diseño de mezcla del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el cemento portland al 10%, 15% y 20%

$H_o$  Las cenizas de cascarilla de arroz no influyen significativamente en el diseño de mezcla del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el cemento portland 10%, 15% y 20%

$H_i$ : Las cenizas de cascarilla de arroz influyen significativamente en las dosificaciones del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el cemento portland al 10%, 15% y 20%.

$H_o$ : Las cenizas de cascarilla de arroz no influyen significativamente en las dosificaciones del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el cemento portland al 10%, 15% y 20%.

H<sub>i</sub>: Las cenizas de cascarilla de arroz influyen significativamente en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el cemento portland al 10%, 15% y 20%

H<sub>o</sub>: Las cenizas de cascarilla de arroz no influyen significativamente en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el cemento portland. 10%, 15, y 20%.

## II. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de la investigación se consideraron los siguientes antecedentes internacionales:

Alvarado (2019), en su investigación titulada “Análisis comparativo de peso y resistencia a la compresión entre hormigón tradicional y hormigón alternativo fabricado con agregados naturales”, cuyo objetivo era: determinar la dosificación idónea en la elaboración de hormigón simple tomando en consideración la norma NTE INEN 1855-2 y ASTM C39/C39M-18, a fin de obtener una resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$  en las muestras. No se describe, población, sin embargo, dado el diseño experimental, se realizaron 6 pruebas de cascarilla de arroz y 6 pruebas con fibra de plátano. Se trató de una investigación de tipo aplicada, por su alcance descriptiva, el diseño se encontró que es experimental, de corte transeccional o transversal, La técnica empleada fue la observación directa, se hizo uso de instrumentos como fichas de registro para recopilar la información de cada cilindro de prueba, también fichas de registro para la recopilación y análisis de resistencia a la compresión. Se encontró que el porcentaje idóneo de sustitución de material árido se encuentra entre 2% y 3%, alcanzando la resistencia planeada de  $210 \text{ kg/cm}^2$  cuando se agrega 2% y  $209.49 \text{ kg/cm}^2$  cuando se agrega el 3% de fibra de cascarilla, alcanzando un peso de 12.20 kg y de 12.10 kg respectivamente, haciendo los cilindros más livianos que la muestra patrón, se concluyó que es factible reemplazar el cemento portland por fibras orgánicas, pero en un porcentaje entre 2% - 3% para la fibra de cascarilla de arroz y para fibra de plátano.

Hidalgo (2018), en su investigación titulada “Evaluación de la reactividad puzolánica de la ceniza de paja de arroz”. El objetivo fue estudiar

la factibilidad de las cenizas de pajilla de arroz como material puzolánico a fin de utilizarlos como sustituyente de cemento portland a las mezclas. No se describe población. La investigación por su tipo fue aplicada, teniendo un alcance descriptivo, por su diseño fue experimental, de corte transeccional. La técnica empleada fue el análisis con fluorescencia de rayos X (FRX), que permitió identificar los elementos y compuestos de la cascarilla; el otro instrumento fue el ensayo de Frattini, que sirvió para medir el índice de reactividad puzolánica. Los resultados indican que cuando se reemplazó el 15% del cemento por cenizas de cascarilla de arroz se logró alcanzar la misma resistencia que la muestra patrón a los 3 días, a los 28 días llega a superar dicha resistencia a partir de los días mencionados; así mismo cuando se reemplaza el 30% del cemento, la resistencia se alcanza a los 90 días. Se concluyó que el 80% de los cilindros que sustituyeron al 15% alcanzaron la resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 3 días, llegando al 100% a los 28 días, demostrado que las fibras tienen propiedades puzolánicas efectivas, mejorando las propiedades mecánicas del concreto.

Romero, (2019), en su investigación titulada “Estudio del efecto en diferentes cantidades de fibra de vástago de plátano en propiedades físico-mecánicas del concreto hidráulico para pavimento”. El objetivo de la investigación fue determinar el porcentaje idóneo que se debe sustituir el cemento por vástago de plátano para que alcance el módulo de rotura y resistencia utilizando 18 muestras divididas en 9 cilindros y 9 vigas sometidos a prueba a los 14, 21 y 28 días. La metodología fue de diseño experimental con enfoque cuantitativo. La muestra estuvo conformada por 30 cilindros de concreto. El instrumento, el registro de la resistencia a la compresión y flexión de las pruebas a los 14, 21 y 28 días. Los resultados fueron que a los 14 días el f'c en kg/cm<sup>2</sup> de cada una de las pruebas fue 206.5, 211.3 y 214.3, a los 21 días el f'c de cada una de las pruebas fue 254.2, 245.7 y 261.2, a los 28 días el f'c de cada una de las pruebas fue de 284.4, 285.4 y 293.7. Se concluye que la fibra de plátano tratada a priori, permite incrementar la resistencia del concreto, en los porcentajes determinados.

Los antecedentes nacionales que se consideraron fueron:

Huánuco (2017), en su investigación para la obtención del título profesional de ingeniero, cuyo objetivo fue evaluar la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , debido a la incorporación de la fibra de lechuguilla en la mezcla de concreto. La metodología fue aplicada, de enfoque cuantitativo, de diseño experimental de corte transversal, la población la conformaron dos diseños de mezcla y la muestra estuvo constituida por 60 probetas de cada uno de los diseños haciendo un total de 120 probetas. Los resultados fueron que la relación a/c = 0.55, el Slump patrón fue 2.31 y el Slump de la fibra fue 3.51. El peso unitario del concreto y la dosis de la fibra de lechuguilla fueron 2086.25 y 2073.68 kg respectivamente. Se concluye que el concreto reforzado con fibra incrementa el Slump, que no es solo una prueba de trabajabilidad sino una prueba de uniformidad que influye en el contenido de agua, y el equilibrio de los agregados gruesos y finos.

Vera (2018), en su investigación para obtener el título de ingeniero civil en la universidad Ricardo Palma, cuyo objetivo fue Realizar un diseño de mezcla de concreto liviano con poliestireno expandido y evaluar su influencia en las propiedades del concreto para la construcción de losas en el Asentamiento Humano Amauta-Ate (2018), la metodología fue de tipo aplicada, de alcance correlacional, de diseño experimental de corte transversal, la muestra estuvo constituida 189 probetas, 63 para el ensayo de compresión, 63 para el ensayo de tracción y el resto para el ensayo de flexión. Los resultados fueron que el diseño DPEA-01 tuvo un Slump de 6,5", con el diseño DPEA-02 tuvo un Slump de 7,0" y con el diseño DPEA-03 tuvo un Slump de 7,0", concluyendo que al añadir poliestireno expandido a la mezcla, se incrementa el Slump, por lo cual es necesario añadir un aditivo plastificante para optimizar la resistencia.

Hualancho (2019), en su investigación "Utilización de cepa de plátano, como adición en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto en nuevo Chimbote - Santa-Ancash". Tuvo como objetivo mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto añadiendo fibra de cepa de

plátano, en 10% y 15%. El enfoque de la investigación es cuantitativo, el diseño experimental. El instrumento utilizado fue el ensayo granulométrico de agregados, también el contenido de la humedad de los agregados, de la absorción de los agregados, y el peso unitario de los agregados, así como el peso específico. La población estuvo constituida por 30 cilindros de concreto, al igual que la muestra. Los resultados fueron que adicionando fibra de cepa de plátano en 2 %, 3%, 4 % y 5% hubo un aumento de resistencia hasta el 3%, en el 4% y 5% la resistencia disminuyó en comparación con la muestra patrón, a mayor porcentaje de fibra de cepa de plátano, el volumen de fibra de cepa de plátano es mayor e impide que la mezcla se conglomere. La investigación concluyó que añadir fibra de plátano mejora las propiedades físicas del concreto, en un 29.05%.

Montero (2019), en su investigación para conseguir el título de ingeniero civil tuvo como objetivo evaluar la resistencia a la compresión, trabajabilidad (SLUMP) del concreto en estado fresco, la metodología fue aplicada de enfoque cuantitativo, de diseño experimental, de corte transeccional, la muestra estuvo constituida de 27 probetas patrón, de 175 210 y 280, y 81 especímenes de CCDA al 10%, 15% y 20%. Los resultados fueron que la CCDA produce resistencia en las cargas axiales, sin embargo, tiene un efecto negativo en la trabajabilidad, la sustitución al 10% es la que mayor resistencia ha generado.

Bocanegra (2021), en su tesis titulada "Sustitución de 5% y 10% de cemento por ceniza de tusa de maíz en la resistencia a la compresión de un mortero". El objetivo fue determinar la influencia de sustituir el cemento por ceniza de tusa de maíz en un 5% y 10%. El tipo de investigación fue aplicada con alcance explicativo de diseño experimental y de enfoque cuantitativo. La muestra estuvo constituida por 27 cilindros de concreto, 9 para muestra patrón, 9 de 5% de sustitución y 9 de 10% de sustitución. El instrumento fue una guía de observaciones resumen. Los resultados encontraron que las muestras al 5% a los 28 días alcanzaron una resistencia de 266.18 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia de 311.93 kg/cm<sup>2</sup> a los 90 días en las muestras al 10%. Se concluye que la sustitución de cemento por ceniza de tusa de maíz al 5% es la más recomendable.

Pérez J. (2019), en su investigación titulada “Resistencia a la comprensión de un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , sustituyendo el cemento por 10% de ceniza de tusa de maíz y 5% de ceniza de cola de caballo”. Cuyo objetivo fue determinar la resistencia a la comprensión del concreto de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , al sustituir el cemento por ceniza de tusa de maíz al 5% y 10%; y sustituir el cemento por ceniza de cola de caballo al 5% y 10%. La Metodología fue de tipo aplicada y explicativa, experimental, cuasi-experimental. La población estuvo constituida por las probetas experimentales y convencionales. Se encontró que a los 28 días las muestras alcanzaron una resistencia de  $f'c=246.55 \text{ kg/cm}^2$ . Se concluyó que al sustituir el cemento por cenizas de tusa de maíz y cola de caballo se supera la resistencia convencional a los 7, 14 y 28 días.

Santos (2019), en su investigación titulada “Importancia del Slump en la resistencia de concreto lanzado por la E.E ROBOCON SAC en la mina Changar compañía minera GLENCORE GROUP SAC”. Que tuvo como objetivo principal encontrar la relación e importancia del Slump en la resistencia de concreto, la metodología fue aplicada, de enfoque cuantitativo, de diseño experimental. La población y muestra la constituyeron la planta de concreto y el Tj 400 Nv 200 Ofelia de la Zona Intermedia. Las técnicas empleadas fueron la observación, la toma de muestra Slump y la toma de muestra laboratorio, los instrumentos fueron los resultados del laboratorio del Slump y el ensayo de la granulometría de los agregados. Los resultados indican que el Slump fluidez o plasticidad permita que se aplique adecuadamente el sostenimiento del shotcrete, así como a la cantidad de agua existente a la dosis y calidad de aditivo que debe añadirse al diseño para que conserve sus propiedades y sea eficiente. Se concluyó que el empleo de aditivo ya sea plastificante o acelerante de la fragua, se añade para que el concreto tenga la resistencia requerida a temperaturas normales.

Cherre D. y Sandoval I. (2019), en su investigación titulada “Influencia de las cenizas de rastrojo de maíz sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ”. Cuyo objetivo fue determinar los parámetros que se deben tener en cuenta para obtener resistencia a la comprensión y el asentamiento del concreto, cuando se

sustituye el cemento por un porcentaje de cenizas de maíz. Por el enfoque se trata de una investigación cuantitativa, de diseño experimental. La muestra se constituyó por 30 probetas. La técnica fue la observación y el instrumento fue una guía de observaciones resumen. Los resultados fueron que a los 7 días de iniciado el curado, las prueba al 3.0%, 5.0% y 8.0%, ya habían alcanzado la resistencia de la muestra patrón. A los 14 días presentaron valores superiores a las muestras patrón, a los 28 días alcanzaron resistencia muy superior a la muestra patrón, Se concluyó que efectivamente cuando se añade cenizas de maíz en lugar de cemento, en un 3.0%, 5.0% y 8.0%, la resistencia se incrementa.

Los antecedentes locales que se consideraron fueron:

Guerrero (2020), en su investigación titulada “Ceniza de bagazo de caña de azúcar en el concreto. Exploración preliminar del potencial de uso de la ceniza del valle del Chira”. El objetivo fue documentar las investigaciones sobre sustitución de cemento por cenizas, así como documentar las condiciones de las cenizas en la región. La Metodología fue de tipo básica pura, alcance exploratorio. El instrumento fue la ficha bibliográfica. La técnica fue el análisis documental, las unidades de análisis fueron las investigaciones sobre el tema. El resultado fue que añadir cenizas de material orgánico en lugar de cemento o arena, afecta favorablemente las propiedades físico y mecánicas del concreto, así mismo se encontró que la ceniza local necesita combustión mayor, o que sea pre tratada, para que sea factible su uso en morteros y concretos, de tal modo que la ceniza producida no es lo suficientemente buena.

Mory (2020), en su investigación titulada “Efecto de la incorporación de las cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas”. El objetivo fue examinar la posibilidad de utilizar las cenizas orgánicas en suelos de las subrasantes arenosas. La Metodología fue de tipo aplicada, diseño experimental. Las muestras estuvieron constituidas por cuatro cilindros. Los resultados fueron que cuando se incorpora cenizas vegetales al suelo mejora su capacidad de soporte, independientemente de la cantidad usada, como consecuencia de las propiedades puzolánicas de las cenizas que las une a

las partículas del suelo, de modo que al añadir 5% de ceniza al suelo, y una dosis 4% cemento, se alcanza una máxima capacidad de soporte, funcionando hasta una situación del 15%.

Así mismo, en la investigación las bases teóricas se fundamentan en Pasquel, (1998), quien señala que el concreto tiene cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como un elemento pasivo. Los cuales en proporción modifican las propiedades del concreto. Las cuales sugieren que los concretos pueden ser mejorados bajo ciertas condiciones. También, Harmsen (2002), indica que para obtener un buen concreto, no solo es necesario contar con materiales de excelente calidad y en proporciones adecuadas, sino también tener en cuenta ciertos factores como el proceso de mezclado, transporte, colocación o vaciado y curado del concreto con la finalidad de llegar obtener los requerimientos deseados. En ese sentido Zajac et al., (2018, pp. 2-10). Señala que las cenizas vegetales tienen una composición física y química que depende de la biomasa de la que provienen, así como las características del suelo del que provienen, las condiciones de su crecimiento, así como las técnicas de cosecha, transporte y almacenamiento, las cuales sometidas a altas temperaturas u otras condiciones mejoran sus propiedades puzolánicas. En ese sentido Hossain et al. (2016, pp. 128-140), señala que la sustitución de cemento por las cenizas vegetales en diferentes proporciones puede mejorar las propiedades mecánicas del suelo como la durabilidad, la resistencia, etc.

En tal sentido es necesario señalar que el concreto es un material que precisa ser dosificado de manera adecuada, siendo los elementos más comunes los agregados, el cemento y arena, pero también se le puede adicionar aditivos y fibras, además se le puede añadir aire para mejorar la durabilidad del concreto cuando se encuentra a bajas temperaturas. En ese orden de ideas de acuerdo a (Rivva, 2010). Pasquel, (1998), señalan que los aditivos son opcionales. Sin embargo, en la actualidad los aditivos del concreto son un ingrediente normal, puesto que su uso consigue mejorar la trabajabilidad, durabilidad y resistencia, de manera que se otorga una opción económica, considerando que permite ahorrar en mano de obra y en equipo



de compactación, colocación, incluyendo las reparaciones y la disminución del uso del cemento.

Para Abanto (2009), el cemento es resultado de la molienda del Clinker hasta convertirlo en un polvo de color verdoso, al que se le añade yeso entre el 3% a 4%, para tal fin es necesario que el Clinker sea cocido a elevadas temperaturas proveniente de mezclas de alúmina, hierro, cal y sílice.

Para lograr un buen concreto es necesario que el cemento pueda ser hidratado, en ese sentido la hidratación surge de la interacción química del agua y los elementos del cemento, que son responsables, de los cambios del estado plástico del concreto a un estado endurecido. Que posee características propias de los productos que se formaron, (Pasquel, 1998).

El agua es un elemento de enlace es decir que su presencia, permite a los silicatos y aluminatos generar nuevos productos hidratados, que con el paso del tiempo se tornan en una pasta dura, que posteriormente se endurecerá. Por ello el agua es muy importante, por ende, tiene que estar en perfecto estado, libre de sustancias como ácido, aceites, álcalis, sales y material orgánico, en tal sentido en la construcción se usa agua potable, que permite la trabajabilidad de la mezcla. (Harmsen, 2002).

Otro de los elementos importantes en el logro de un buen concreto son los agregados, que en definición de Torre (2004), se trata de partículas inorgánicas cuyo origen es la naturaleza, o pueden ser creados de forma artificial, cuyas dimensiones han sido establecidas por la NTP 400.011. Es importante destacar que son la fase discontinua de un concreto, y se encuentran embebidos en la pasta ocupando aproximadamente el 75% del volumen, de una muestra típica de concreto.

Es importante añadir que los agregados presentan características particulares, tales como granulometría, la cual se rige en base a parámetros como el área superficial que determina la cantidad de agua necesaria para mojar los cuerpos sólidos, el volumen relativo ocupado por el agregado, la trabajabilidad de la mezcla y su tendencia a la segregación (Neville, 2013).

Del cemento se puede indicar que posee las siguientes características en su estado hidratado:

Trabajabilidad y consistencia, se trata de una propiedad propia del concreto cuando está fresco, relacionado con la facilidad de mezcla, traccionado, alineado y petrificado, sin que exista separación y exudación, cuando se da el proceso. Por lo general para evaluar esta propiedad se realiza con la técnica slump, lo cual permite un acercamiento numérico a esta; en tal sentido la consistencia refiere al estado de humedecimiento de la mezcla, y depende primordialmente de la proporción de agua empleada. (Abanto, 2009, p. 47).

La segregación, característica que fundamenta sobre la desintegración de la mezcla en aquellas partes constituyentes, es decir los fragmentos gruesos del mortero por los contrastes de consistencias a través de los mecanismos del concreto incitan una dirección natural a que la partícula más pesada decrecen; está en función de la consistencia, siendo mayor la exposición superior debido a la humedad, y menor cuanto más seca lo es; el cual principalmente por procesos inapropiados de fabricación y disposición son los orígenes del fenómeno de separación en dichas mezclas. (Abanto, 2009, p. 48).

Exudación, es el flujo del agua en la extensión originada por los asentamientos de los materiales sólidos de la mezcla, alcanza ser producto de una inadecuada dosificación, de una abundancia de agua por el uso de aditivos y de cambios bruscos en la temperatura. (Abanto, 2009, p. 49).

En su estado endurecido se manifiestan las siguientes características:

Elasticidad, puesto que sufre tras tener aplicado una sucesión de fuerzas externas, a manera de tensión o compresión, que originan la diferenciación de su dimensión o representación natural, sin presentar deformación permanente, de manera que el módulo de elasticidad normal se dan entre  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  a  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  y están en proporción inversa respecto al agua/cemento; por ello no es un material totalmente elástico y la proporción de los esfuerzos y deformaciones para una carga en persistente aumento admite generalmente una curvatura. (Abanto, 2009, p. 47).

Resistencia, es la cualidad de admitir pesos y esfuerzos, existiendo su principal conducta en compresión en igualdad con la tracción, convenientemente a las cualidades fijadas. (Abanto, 2009, p. 56).

Durabilidad, es la potencia para soportar las situaciones externas, para las cuales se haya proyectado, sin sufrir alteraciones en su estructura con el tiempo; es la consistencia a los elementos externos, la penetración del agua, desgaste por abrasión, como bajas temperaturas, elementos corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin daño de los ambientes fisicoquímicos con el lapso. (Abanto, 2009, p. 57).

La extensibilidad, es la propiedad que permite al concreto deformarse sin que presente grietas, en tal sentido ocurre una deformación unitaria máxima, que consiste en que ocurran deformaciones del concreto sin que se fisure. Esta propiedad se relaciona con la elasticidad de los concretos y el flujo plástico, que es la deformación que presentan los concretos cuando se someten a una carga permanente en el tiempo. En ese sentido es importante indicar que una característica del flujo plástico es su recuperabilidad, por lo que se encuentra relacionado con la contracción, aun cuando son independientes.

La microfisuración, ocurre aproximadamente cuando el esfuerzo último es aproximadamente 60% y la deformación unitaria es 0.0012, cambiando en condiciones normales puesto que allí la figuración se da cuando la deformación unitaria es 0.003.

Es importante indicar que el diseño de mezcla es la aplicación técnica y práctica de las investigaciones científicas, para establecer la combinación más práctica y económica, de la cantidad de agregados, cemento y agua, y hasta los aditivos, que ahora es muy habitual utilizar, a fin de elaborar la mezcla de concreto que se ajuste a las expectativas señaladas en las normas establecidas para sus propiedades. (Galicia & Velásquez, 2016, p. 44).

En ese sentido se indica el método de diseño A.C.I, método diseñado en Estados Unidos por el American Concrete Institute (ACI), por ende, es el más difundido y utilizado. La proporción del agregado se forma alcanzando lo establecido de acuerdo a la especificación granulométrica de la norma ASTM

C-33. (Niño, 2010, p. 39); en ese sentido es adecuado señalar que la dosificación consiste en graduar y dividir las cantidades de los elementos (cemento, arena, piedra, agua, etc.), que van a formar la mezcla para generar un nuevo producto (concreto).

Este tipo de concreto presenta, resistencia, aquella que asume la capacidad de resistir fuerzas y presiones sin romperse, transformarse o soportar deterioros. (Cruz, 2019, p. 49), resistencia a la compresión, que es aquella capacidad que soporta la carga por unidades de un área medida máxima de las resistencias sometidas a una carga axial de cilindros de concreto, cuyas unidades se expresan en ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), mega pascal (MPa) o en libra por pulgada cuadrada ( $\text{lb}/\text{pulg}^2$ ) cuando llegan a los 28 días de edad. Las investigaciones señalan que la resistencia a los 7 días llega al 75% de la resistencia total, dado que los testigos se someten a una carga axial hasta su ruptura, en tal sentido las pruebas se realizan para determinar la dosis de la mezcla que cumpla con los requisitos indicados sobre la resistencia específica que exige la obra. (Galicia & Velásquez, 2016, p. 40).

Dosificación, sucesión por el cual se seleccionan ingredientes más óptimos y de la mezcla más conveniente, con el objetivo de adquirir un resultado que en la condición de no endurecido tenga la trabajabilidad y densidad idónea.

Dosificación del concreto, conjunto de mezclas, la cual debe permitir que la mezcla logre obtener trabajabilidad y consistencia que permita colocar fácilmente al concreto dentro del encofrado y así ésta llegue a la resistencia requerida.

Trabajabilidad, se puede entender como la propiedad y la facilidad de colocar, compactar y dar un acabado a una mezcla de concreto sin que esta pierda sus propiedades para la cual fue diseñada o calculada.

La importancia del análisis granulométrico yace en que las características de los agregados influyen en las propiedades físico-mecánicas del concreto en su estado hidratado y endurecido, de modo que es razonable conocer la gradación granulométrica. (Carbajal, 1998).

Para seguir el orden lógico planteado es necesario que se entiendan las variables propuestas en la investigación:

**Cenizas de cascarilla de arroz**, generada por la quema en los procesos de cogeneración energética constituye un problema medioambiental a medida que forma grandes acumulaciones en las áreas donde es dispuesta, en la mayoría de los casos es empleada como fertilizante para las plantas, pero debido a las propiedades puzolánicas de la misma, es factible de utilizarse como un sustituto en proporciones suficientes del cemento.

Mentha (2015) estima en 500 - 1000 m<sup>3</sup> "producción" de cascara mundial al año, lo que equivale aproximadamente a unos 80 - 10 toneladas, que potencialmente pueden llegar a representar unos 12 - 16 toneladas de cenizas, lo que coincide con las estimaciones de Ray Smith (2016). Basados en estas estadísticas, se plantea una solución a la escasez de cemento en los países en vías de desarrollo, además una forma complementaria de paliar el déficit mediante un desecho agrícola que suele reunir la excelente circunstancia de encontrarse concentrado junto a los molinos de arroz.

Las cenizas son importantes puesto que al valorar la posible actividad puzolánica de un material ha sido objetivo principal de numerosos trabajos, dando lugar a distintos métodos de evaluación, basados en aspectos diferentes de un mismo hecho. Lo que hace razonable, proponerlo como un material apto para agregar dentro de la mezcla del concreto.

Las dimensiones propuestas en la investigación son:

**Granulometría**, es la distribución de las partículas granulares, que presentan diversos tamaños, la cual se expresa en porcentajes, mayores o menores dependiendo de la serie de tamaños o abertura de la malla (tamiz)

**Composición química**, Se trata de la cantidad de elementos (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, etc.) que componen las CCDA los cuales dan a estas sus propiedades puzolánicas.

La otra **variable estudiada es el concreto**

Los elementos que componen el concreto son la arena, el cemento y el agua, que forman un apasta pegante.

Según Niño (2010), el portland se da de la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos además de otros materiales que presentan sílice, alúmina, u óxidos de hierro, los cuales para incorporarse se someten a altas temperaturas y se mezclan con yeso. El nombre de este cemento se debe a su similitud con una piedra de la ciudad de Portland, Inglaterra.

La característica más común del cemento es que ante la presencia de agua adquiere la propiedad de fraguar y endurecerse, esto ocurre debido a las reacciones químicas producto de la hidratación.

Las dimensiones que la investigación propone:

**Dimensión Propiedades físicas y mecánicas.** Según Sánchez (1996), las propiedades más importantes del cemento son la densidad, finura, consistencia, tiempo de fraguado, expansión, fluidez, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

Las propiedades del concreto dependen de:

De acuerdo a Sánchez (1996); Riva, (2000); Niño (2010), los agregados constituyen el 70% del concreto, y son los que posibilitan la viabilidad económica del uso del concreto, dándoles las características de resistencia mecánica al concreto, cuando este consigue secarse, controlando la variación volumétrica que se lleva a cabo durante el fraguado.

Según Niño (2010), la calidad de los agregados, está relacionada con el origen de los agregados, su distribución granulométrica, su forma su densidad y la superficie. Esto permite su clasificación en agregados gruesos y finos, cuyos tamaños son 4,76 mm (agregado grueso) a 0,075 mm (agregado fino), Dentro de los agregados grueso existen subdivisiones, entre 4,76 mm a 19 mm se considera gravilla y entre 19 mm a 51 mm se considera grava.

El cemento al mezclarse con el agua, da inicio a reacciones químicas, lo que provoca que ocurran los enlaces, por reacciones exotérmicas, las cuales son reacciones donde se genera calor por lo que es importante.

El agua es un ingrediente fundamental en la elaboración de concreto, puesto que desempeña una función importante cuando el concreto es fresco

y endurecido. El cemento es la base fundamental para las características cementantes del concreto que le dan características como la trabajabilidad y la resistencia.

### **Las propiedades analizadas en el estudio:**

#### **La resistencia a la comprensión:**

Es la característica mecánica más importante y conocida del concreto, se trata de la capacidad que posee un concreto para soportar una carga por unidad de área, por lo que se expresa en términos de esfuerzo, por lo general en el Perú se expresa en  $\text{kg/cm}^2$ , también MPa, para el sistema internacional y libras por pulgada fuerza (psi) en el sistema americano.

La resistencia del concreto depende de diversos elementos que difieren entre tipos de concreto tales como la composición química, la relación agua cemento, la finura, la calidad de los agregados, la temperatura ambiental, la eficiencia del curado, etc.

Los resultados que se obtienen de las pruebas de resistencia del concreto, sirven para determinar que la mezcla con la que se va a suministrar cumpla con los requisitos de resistencia especificada ( $f'c$ ) para una estructura determinada.

La resistencia al concreto es útil para comprobar la calidad de los materiales que se van a utilizar, para estimar la resistencia en las estructuras, para programar las operaciones que se realizarían dentro de un proyecto de construcción, para evaluar el curado, y qué tipo de protección debe darse a la estructura.

Se debe dejar muy claro que la prueba de resistencia a la comprensión no es determinante para rechazar un concreto, sino que se trata de una prueba que da mayor seguridad como consecuencia del cumplimiento de las normas.

#### **La absorción capilar:**

Existen estructuras donde el parámetro más importante es la permeabilidad para determinar el comportamiento de un cuerpo poroso al ser

expuesto a un líquido, cuando se encuentra expuesto a una diferencia de presión, como es el caso de un dique; sin embargo, en las estructuras edilicias, en donde la gradiente de presión es inexistente, y la permeabilidad puede funcionar como una forma de asegurar la calidad del concreto, lo que realmente importa es determinar el transporte de agua que ocurre por capilaridad, cuando el contacto con el fluido es por uno de los lados de la cara de la estructura edilicia.

Existen diversos mecanismos de transporte tales como permeabilidad al agua y oxígeno, el coeficiente de difusión y la absorción por capilaridad, etc. Sin embargo, el mecanismo en el cual se contempla mejor el ingreso de agentes dañinos externos que penetran los poros del concreto es la absorción capilar, cuando una estructura se encuentra a merced de ciclos alternos de humedecimiento y secado, lo cuales pueden aumentar la porosidad del concreto disminuyendo la durabilidad y la resistencia del concreto. (Lujan, 2010, p. 1)

### **La dimensión diseño de mezclas de concreto**

El diseño de mezcla es un proceso que determina la cantidad de material aglutinante que se va a utilizar para conseguir el concreto, así como el material de relleno, el agua y los aditivos que se le agregaran para dar características particulares al concreto.

Para determinar la cantidad de los ingredientes de una mezcla, es necesario conocer los ingredientes necesarios para su elaboración, existiendo diversos métodos para hacerlo: analíticos, semianalíticos, experimentales y empíricos, los cuales han evolucionado desde el método del peso volumen hasta lo que propone la norma.

El diseño de mezcla tiene como propósito, optimizar los materiales para que alcancen su máximo rendimiento, diseñando la mezcla para concreto fresco y endurecido. En ese sentido se deben cumplir con dos exigencias puntuales: la maleabilidad y la economía para el concreto fresco, la durabilidad y el acabado para los concretos endurecidos y algunas veces el peso volumétrico.



Según Sánchez (1996), el diseño de mezcla yace en el uso que se le da a dicho concreto, es decir, si se usara para hacer vigas, muros, columnas, etc., así mismo, en las técnicas de transporte (transportadora, carretilla, etc.) y colocación. Tomando como referencia lo anterior se escoge la mano de obra calificada.

**Dimensión dosificación**, relacionada con la cantidad porcentual que debe añadirse de cada material (cemento, arena, grava, etc.) Para conseguir el tipo de concreto para cada una de las muestras guiados por la norma NTE INEN 1855-2 y ASTM C39/C39M-18.

**Dimensión resistencia a la compresión**, se puede interpretar como la carga máxima por unidad de área que es tolerada por una muestra o probeta, antes de producirse su falla por prensamiento, la resistencia del concreto no se puede comprobar en la condición plástica del concreto por tal motivo el procedimiento regular consiste en tomar varias probetas durante el batido y estas después de ser curadas son sometidas a los ensayos de compresión.

Es importante señalar lo que indica la Norma Técnica Peruana (NTP 339.034, pp. 15-16), que menciona dos criterios de aceptación para los especímenes de mortero, estos son: el coeficiente de variación y el rango de aceptación.

El coeficiente de variación representa la variación esperada de mediciones de resistencia a la compresión de probetas preparadas de un mismo vaciado de concreto y ensayados a la misma edad.

Rango de aceptación, es la diferencia dada de restar el valor mayor con el menor de la resistencia a la compresión de las probetas sometidas a la prueba. De tal manera que las muestras deben cumplir con los requisitos establecidos en la investigación. En tal sentido, solo se tomarán en cuenta como exitosos aquellos que correspondan con los parámetros de resistencia.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación por su tipo es aplicada, dado que busca encontrar una solución eco amigable, de mejoramiento de las tecnologías de concreto que sea de fácil acceso y rentable a las familias de la ciudad de Sullana. Esto coincide con lo que señala Hernández-Sampieri et al. (2014), que señala que la investigación aplicada busca resolver problemas que se presentan en la cotidianidad. (p. XXIV).

Por su enfoque es cuantitativa, ya que el objeto de la investigación es recopilar los datos, para su análisis posterior, a fin de responder al enunciado propuesto en la investigación, como aceptar o refutar la hipótesis que la investigación propone, haciendo uso de la estadística descriptiva e inferencial, de manera que se pueda inferir cómo se comportan las variables respecto una de otra. Esto coincide con Hernández-Sampieri et al. (2014), que señalan que el enfoque cuantitativo, sigue un orden secuencial, que parte de la idea del título, hasta la configuración del enunciado del problema hasta la contrastación de la investigación, trazándose un plan para probar las hipótesis, de manera que recopila y analiza la información que ha recogió para tal fin. (p. 4).

Por su alcance la investigación es correlacional descriptiva, puesto que busca encontrar la relación que se da entre las variables estudiadas: Cenizas de cascarilla de arroz, la Granulometría, el concreto; así como describir la significancia de la relación que se da entre ellas. Coincide con lo que dicen Hernández-Sampieri et al (2014), que las investigaciones correlacionales tienen como finalidad encontrar el grado de asociación que se da entre las variables estudiadas. (p. 93).

Por su **diseño la investigación** es de diseño experimental, transeccional o transversal, puesto que se experimenta con una de las variables, para recopilar la información que se produce con los diferentes cambios (en este caso dosis de sustitución cemento-cenizas), para determinar la cantidad más adecuada para una resistencia óptima. Esto

se asemeja a lo que dice Hernández-Sampieri et al. (2014, p 153), que señala que en los estudios experimentales se manipula a consciencia la variable independiente, y se observa los efectos que produce la manipulación en la variable.

La transversalidad de la investigación ocurre puesto que la recopilación de la información se da en un momento determinado, sin que haya un seguimiento. Esto coincide con Hernández-Sampieri et al (2014, p. 154), que indican que en las investigaciones transeccionales la recopilación de la data se hace en un momento único.

### **3.2. Variable y operacionalización**

#### **Variable independiente cenizas de cascarilla de arroz (CCDA):**

##### **Definición conceptual**

Es el material de desecho de las actividades agrícolas (restos del cultivo de arroz) siendo el 20% de la producción mundial de arroz, lo que constituyó a 700 millones de toneladas en el 2011. Bajo condiciones de combustión controladas (entre 400-900 °C de temperatura), la cual se utilizó como materia prima para la obtención de sílice amorfa, la cual posee características puzolánicas, puesto que contiene silicatos, bicálcicos tricálcicos, que posee el cemento. (Mattey et al., 2015)

##### **Definición operacional**

Como sustituto parcial del cemento, puede mejorar las propiedades mecánicas del concreto, y reducir los costos de producción, además de ser eco amigable, permitiendo la sustentabilidad de los proyectos.

Para la investigación se operacionalizaron las siguientes **dimensiones:**

##### **Granulometría**

Distribución de las partículas granulares, que presentan diversos tamaños, las cual se expresa en porcentajes, mayores o menores dependiendo de la serie de tamaños o abertura de la malla (tamiz). La

medición se hará con granulometría laser contando el % acumulado pasante.

### **Composición química**

Se trata de la cantidad de elementos ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_3\text{O}_2$ , etc.) que componen las CCDA los cuales dan a estas sus propiedades puzolánicas. La medición se hará por el % en peso de las sustancias.

### **Variable dependiente Propiedades mecánicas del concreto|**

#### **Definición conceptual**

Las propiedades mecánicas del concreto son aquellas que le conceden características particulares tales como módulo de elasticidad, resistencia a la tensión indirecta, resistencia a tensión por flexión, resistencia mínima a compresión. (Carrillo, J., Cárdenas Pulido, J., & Aperador, W., 2017).

#### **Definición operacional**

Las propiedades mecánicas del concreto son de gran importancia a la hora de diseñar y calcular los elementos estructurales de concreto.

Para la investigación se operacionalizaron las siguientes **dimensiones**:

#### **Diseño de mezcla del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

Para la presente investigación es fundamental tener claro el diseño de mezcla del concreto, en ese sentido Galicia & Velásquez, (2016, p. 44), indican que se trata de encontrar la combinación más práctica y económica de los agregados, el cemento y el agua, prestando mucha atención aun al añadir algún aditivo, con la finalidad de conseguir un concreto, acorde con las expectativas de las normas que se establecen para conseguir sus propiedades.

#### **Dosificaciones del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

Las dosificaciones del concreto se establecen para darle al concreto la trabajabilidad que permitan colocar el concreto dentro de las zanjas de

cimentación, columnas, etc.; así como para que adquiriera la resistencia a la cual será sometido. (Construyendo seguro de aceros Arequipa, 2021)

### **Resistencia de compresión del concreto**

Se refiere a la resistencia promedio del concreto en este caso  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, que se tendrá en cuenta para dosificar la mezcla.

### **3.3. Población muestra y muestreo**

**La población** estará constituida por todos los testigos (cilindros), con  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, que se usaran en la muestra patrón y a los que se les va a sustituir parcialmente el cemento en un 10%, 15% y 20% de CCDA, para un tiempo de curado de 7, 14 y 28 días.

**Las unidades de estudio** estarán conformadas por los testigos a los que se les sustituirá el cemento por CCDA en un 10%, 15% y 20%.

**La muestra**, se realizó tomando en consideración las indicaciones dadas por la NTP 399.034, que señalan las pautas del número de cilindros individuales, por ello será de uno por cada 10 probetas, que requieren tres ensayos como mínimo, para obtener resultados confiables; así mismo para los porcentajes del estudio se ha considerado antecedentes de otras investigaciones siendo considerado el porcentaje más confiables los porcentajes no mayores a 15%, por lo que se considera para la investigación 10%, 15% y 20%.%. En tal sentido las pruebas se realizarán en 36 muestras.

**El muestreo** se realizó de acuerdo a las consideraciones antes mencionadas (NTP 399.034):

Tabla 1. Muestreo de acuerdo a las especificaciones de la NTP 399.034

<b>Ensayos de resistencia a la compresión axial <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math></b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Número de especímenes mínimos según NTP 399.034 – (2007)</b>		<b>Mínimo 3</b>		
<b>Cilindros muestras Patrón</b>	3	3	3	<b>9</b>
<b>Cilindros sustitución 10% de CCDA.</b>	3	3	3	<b>9</b>
<b>Cilindros sustitución 15 % de CCDA.</b>	3	3	3	<b>9</b>
<b>Cilindros sustitución 20% de CCDA.</b>	3	3	3	<b>9</b>
<b>Total de muestras</b>				<b>36</b>

### 3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.

La técnica para la recolección de datos será la observación, puesto que será necesario observar cada uno de los materiales que se utilizarán en las pruebas (cemento y agregados).

Para el análisis de datos se siguieron los protocolos establecidos para ello, en tal sentido para la recopilación se hizo en fichas de observación en hojas de cálculo del programa Excel 2016, con formatos basados en la Norma ASTM C - 136 (Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates) NTP 400.012 PERUANA 2013 (revisada el 2018) (Análisis granulométrico de agregado fino, grueso y global), Método ACI 211.1, ASTM C-39/ NTP 339.034-11, Norma ASTM C 642 – 97 (Density, absorption, and voids in hardened concrete) NTP 339.187 (%), Norma ASTM C 642 – 97 (Density, absorption, and voids in hardened concrete) NTP 339.187, NORMA ASTM C 1585 -04 ( Measurement of rate of absorption of water hydraulic cement concretes) NTP 334.089

El procesamiento y análisis de la información, así como lo referente a la estadística descriptiva (gráficos, diagramas, etc.) se utilizó el programa Excel 2016 de Microsoft; mientras que para la estadística inferencial (contrastación de hipótesis) se utilizó el programa SPSS v26.

### **3.5. Procedimientos**

#### **De los materiales:**

En primer lugar, los agregados fueron donados por el consorcio “Sullabella”, obtenidos de la Cantera de Sojo de la ciudad de Sullana.

Posteriormente, se determinó las propiedades mecánicas de los agregados.

Después, se determinó las propiedades físico mecánico de los agregados, importante para el posterior diseño de mezclas de acuerdo a la ACI 211.1

#### **Cálculo del diseño de mezcla**

Para las cenizas de cascarilla se realizó el siguiente procedimiento:

En primer lugar, la cascarilla del arroz se consiguió en la piladora de arroz “Molino L&T”, luego pasó por un proceso de incineración en un horno acondicionado para tal fin, cuya temperatura oscila entre 700 °C y 1000 °C, por un lapso de 2 semanas, propiedad del señor José Mena Agurto del Centro Poblado Mallaritos – Sullana.

Posteriormente se realizó la molienda de las cenizas en un molino eléctrico, propiedad del señor Javier Villalta Vega – Sullana; por un lapso de 20 minutos en los procesos de molido (10 minutos) y remolido (10 minutos), hasta conseguir la máxima finura posible.

Para reducir la ceniza se realizó el tamizado con el tamiz N° 100, de modo que, para la investigación se utilizó únicamente la ceniza que pasó por dicho tamiz.

Por último, se evaluaron las cenizas que se utilizaron en el ensayo, las cuales pasaron por un análisis granulométrico, y químico.

Tabla 2. Composición de las CCDA

Composición de la CCDA			
Elemento	%	Compuesto	%
C	39,1	( SiO <sub>2</sub> )	<b>94,1</b>
N	5,2	( CaO)	0,55
N	0,6	(MgO)	0,95
O	37,2	(K <sub>2</sub> O)	2,10
S	0,1	( Na <sub>2</sub> O)	0,11
Cenizas	17,8	SO <sub>4</sub> <sup>2</sup>	0,06
		Cl	0,05
		(TiO <sub>2</sub> )	0,05
		(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,12
		Otros	1,82
		(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , f <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	
Total	100%	Total	100%

Fuente: Varón CJ. Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz. El Hombre y la Máquina 2005, 25. 128-135 2.

Tabla 3. Capacidad Calorífica de las cenizas de arroz

Tipo de Residuo	CAPACIDAD CALORÍFICA, Kcal/kg
Cascarilla de arroz	<b>3.281,6</b>

Fuente: Varón (2005)

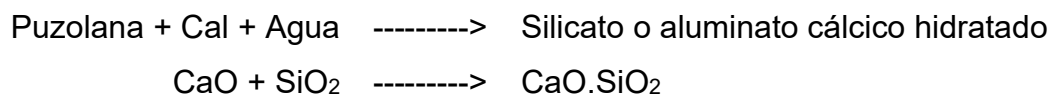
Tabla 4. Peso específico de la cascarilla de arroz

Tipo de Residuo	Peso específico
Cascarilla de arroz	<b>125 kg/m<sup>3</sup></b>
Cascarilla de arroz	<b>0.125 g/cm<sup>3</sup></b>

Fuente: Varón (2005).



La reacción química del concreto con la ceniza de cascarilla de arroz (cca):



### **Previo al ensayo:**

Se realiza el diseño de mezcla y resistencia a la compresión de acuerdo a las normas establecidas, que consisten en:

Analizar la humedad de la muestra.

Analizar la granulometría de los agregados (finos y gruesos)

Determinar los pesos específicos de los agregados finos y gruesos.

Determinar la absorción de los agregados finos y gruesos

Determinar el peso unitario de los agregados y su relación de vacíos.

Determinar la abrasión de los ángulos de desgaste de los agregados que tengan tamaño menor de 1½".

Determinar el SLUMP (asentamiento del concreto)

Determinar la resistencia de las muestras

### **Abrasión del agregado**

Prueba para agregado.

Para esta prueba se utilizó la máquina de los ángeles cargada con 12 esferas con una carga abrasiva de 47 mm de diámetro aproximadamente de 400 gr y 450 gr de peso cada una.

Antes de empezar la prueba se lava el agregado para desprejar el material fino y no afectar los resultados de la abrasión.

Se coloca en un horno a 110 °C, para su secado hasta que esté completamente seco y la masa sea constante.

Se utilizaron tamices con una abertura de  $\frac{3}{4}$  a  $\frac{1}{2}$ " y el tamiz de fondo que se quedara con el material que sobre, fuentes de metal que se utilizaron para colocar le material que se va tamizando.

Posteriormente el agregado se coloca en los tamices ( $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ", y tamiz de fondo), se mueven los tamices de forma circular en favor de las agujas del reloj y en contra por espacio de 1 minuto hasta tener 2.5 kg de cada agregado. De acuerdo a la Norma ASTM C 131 y ASTM C 535. AASHTO T 96-02

Se pesarán los materiales que quedaron en cada tamiz, en un recipiente para cada uno de los tamices los cuales serán pesados, y ulteriormente volver a reunir las masas en un solo recipiente y colocarlos en el tambor, el cual se asegurará y se hará girar 500 veces, después de ello se retira el material para colocarlo en bandejas.

Luego se tamiza la muestra en el tamiz N° 12, para separar las partículas más finas, el material que queda en el tamiz N° 12, se lava para retirar las partículas de polvo fino.

El secado del material se realiza en un horno a 110 °C hasta que la masa del material sea constante.

Posteriormente se procede al pesado del material grueso.

Conocido los pesos se podrá calcular el % de desgaste que puede tolerar el agregado.

$$\% \text{ De desgaste} = \left( \frac{p_{inicial} - p_{final}}{p_{inicial}} \right) * 100$$

Pinicial: Peso del material lavado sacado del horno.

Pfinal: Peso del material que queda en el tamiz N° 12.

Tabla 5. Masa de la muestra y granulometría

Pasa tamiz		Retenido en tamiz		Masa (gr) de la muestra para ensayo			
mm	Alt.	mm	Alt.	A	B	C	D
37.5	1 1/2"	25.0	1"	1250 (±) 25			
25.0	1"	19.0	3/4"	1250 (±) 25			
<b>19.0</b>	<b>3/4</b>	<b>12.5</b>	<b>1/2"</b>	<b>1250 (±) 10</b>	<b>2500 (±) 10</b>		
<b>12.5</b>	<b>1/2"</b>	<b>9.5</b>	<b>3/8"</b>	<b>1250 (±) 10</b>	<b>2500 (±) 10</b>		
9.5	3/8"	6.3	1/4"			2500 (±) 10	
6.3	1/4"	4.75	Nº4			2500 (±) 10	
4.75	Nº 4	2.36	Nº8				2500 (±) 10
	Cantidad total			5000 (±) 10	5000 (±) 10	5000 (±) 10	5000 (±) 10

Fuente: Varón (2005).

### Diseño de mezcla (ACI)

Para la elaboración del diseño de mezcla se siguieron los lineamientos del método ACI 211, para la elaboración de concretos que llevan agregados gruesos, en tal sentido se elaboró un diseño de concreto  $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  tomando en consideración la dosificación y las proporciones de peso y volumen.

Se realizó en el orden siguiente:

Conocida la resistencia con la que se iba a trabajar las muestras se determinó el factor de seguridad a los 28 días, en tal sentido se utilizó la formula.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2} + 84 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

*Ecuación 1. Factor de seguridad*

1. Elección del Asentamiento (Slump) MTC E 705 ASTM C 143 y AASHTO T 119

La elección del asentamiento se realizó con el ensayo del Cono de Abrams, que consiste en compactar una muestra de concreto fresco en un molde de forma conoide, que luego se desmoldada y por ultimo

medir el descenso de la mezcla cuando se desmolda, a la diferencia de alturas entre el cono y la mezcla de concreto se le conoce como Slump.



*Figura 1. Cono de Abrams*



*Figura 2. Medición del Slump*

El asentamiento se escoge de acuerdo a los requerimientos técnicos de la obra tal como se indica en la tabla siguiente:

Tabla 6. Consistencia y asentamientos

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 cm) a 2" (5 cm)
<b>Plástica</b>	<b>3" (7.5 cm) a 4" (10cm)</b>
Fluida	>5"(12.5 cm)

Fuente: Aceros Arequipa.

## 2. Selección del tamaño máximo del agregado grueso.

Se realizaron las pruebas granulométricas del agregado fino y el agregado grueso, a fin de establecer el módulo de fineza, que se utilizaría para el diseño de mezcla. En tal sentido el tamaño máximo del agregado grueso fue  $\frac{3}{4}$ ". Esto se encuentra dentro de los parámetros de la NTP 400.017, que establece que el TMN máximo no debe exceder los 125 mm aproximadamente 5".

## 3. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.

La estimación del agua se realizó de acuerdo a la siguiente tabla, tomando en consideración el Slump (4") y tamaño máximo del agregado  $\frac{3}{4}$ ".

Tabla 7. Volumen de agua por metro cubico.

CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO									
Asentamiento (1"25m m) Pulgadas	TABLA 03: Volumen de Agua por m <sup>3</sup> , Agua en litros/m <sup>3</sup> para TMN de agregado y consistencia indicada Tamaños Máximos del Agregado Grueso								
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1½"	2"	3"	4"	6"
	9.53 mm	12.70 mm	19.05 mm	25.40 mm	38.10 mm	50.60 mm	76.20 mm	101.60 mm	152.40 mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1"- 2"	207	199	190	179	166	154	130	130	
2"- 3"	207	199	190	179	166	154	130	130	
3"- 4"	228	216	<b>205</b>	193	181	169	145	124	
4"- 5"	233	220	209	196	184	172	150		
5"- 6"	238	224	212	199	187	175	155		
6"- 7"	243	216	216	202	190	178	160		
2"- 4"		216							

Niño Hernández, Jairo René. Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, Tomo 1, Tercera edición.

El contenido del aire atrapado se calculó tomando en consideración el tamaño máximo nominal del agregado grueso, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 8. Estimación del aire atrapado

Acuerdo al tamaño máximo nominal			
TABLA N°2: Contenido de Aire Atrapado			Aire Atrapado %
TNM De	Agregado Grueso		
1	9.53 mm	3/8"	3.0 %
2	12.70 mm	1/2"	2.5 %
<b>3</b>	<b>19.05 mm</b>	<b>3/4"</b>	<b>2.0 %</b>
4	25.40 mm	1"	1.5 %
5	38.10 mm	1½"	1.0 %
6	50.60 mm	2"	0.5 %
7	76.20 mm	3"	0.3 %
8	101.60 mm	4"	
9	152.40 mm	6"	0.2 %

Niño Hernández, Jairo René. Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, Tomo 1, Tercera edición.

4. Selección de la relación agua/cemento (a/c).

La relación se estima tomando en consideración la resistencia a la compresión de acuerdo a la tabla siguiente.

Tabla 9. Relación agua cemento

SEGÚN FORMULA GRAFICO		
f'cr 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación A/C en peso	
	Sin aire Incorp.	Con aire Incorp.
100	0.84	
150	0.77	0.71
200	0.70	0.61
205	0.69	
<b>210</b>	<b>0.69</b>	
235	0.65	
240	0.65	
245	0.64	
250	0.63	0.53
255	0.62	
285	0.58	
290	0.58	
<b>295</b>	<b>0.57</b>	
<b>300</b>	<b>0.56</b>	<b>0.46</b>

NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René. Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, Tomo 1, Tercera edición.

5. Cálculo del contenido de cemento.

Se calculó en base al volumen de agua estimado anteriormente (ver tabla N° 7) y la relación agua cemento (ver tabla N° 9), este resultado se utilizará para el cálculo del factor agua cemento.

$$C = \frac{a}{\frac{a}{c}}$$

*Ecuación 2. Estimación de la cantidad de cemento.*

6. Estimación del contenido agregado grueso y agregado fino.

Para la estimación de este valor es necesario considerar el módulo de fineza del agregado fino y el tamaño nominal del agregado grueso.

Tabla 10. Factor de volumen

Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto (b/b <sub>0</sub> )												
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO			Peso del Agregado Grueso/m <sup>3</sup>	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO, PARA DIFERENTES MODULOS DE FINEZA DEL AGREGADO FINO								
			<b>3.03</b>	2.40	0.00	2.60	0.00	2.80	0.00	3.00	3.03	3.10
1	3/8"	9.53 mm	0.44	0.50	0.00	0.48	0.00	0.46	0.00	0.44	0.44	0.43
2	1/2"	12.70 mm	0.53	0.59	0.00	0.57	0.00	0.55	0.00	0.53	0.53	0.52
<b>3</b>	<b>3/4"</b>	<b>19.05 mm</b>	<b>0.60</b>	0.66	0.00	0.64	0.00	0.62	0.00	0.60	0.60	0.59
4	1"	25.40 mm	0.65	0.71	0.00	0.69	0.00	0.67	0.00	0.65	0.65	0.64
5	1½"	38.10 mm	0.70	0.76	0.00	0.74	0.00	0.72	0.00	0.70	0.70	0.69
6	2"	50.60 mm	0.72	0.78	0.00	0.76	0.00	0.74	0.00	0.72	0.72	0.71
7	3"	76.20 mm	0.75	0.81	0.00	0.79	0.00	0.77	0.00	0.75	0.75	0.74
8	4"	101.60 mm	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	
9	6"	152.40 mm	0.81	0.87	0.00	0.85	0.00	0.83	0.00	0.81	0.81	0.80

Niño Hernández, Jairo René. Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, Tomo 1, Tercera edición.

Se calcula el peso del agregado grueso usando la siguiente formula:

$$P_s = P_{su} * V_f$$

Ecuación 3. Peso del agregado grueso

Donde:

$P_s$  : Peso del agregado grueso seco compactado

$P_{su}$  : Peso unitario del agregado grueso

$V_f$  : factor de volumen

Se calcula el volumen total con la siguiente formula:

$$volumen\ absoluto = \frac{Peso\ seco}{peso\ específico \times 1000}$$

Ecuación 4. Volumen de materiales



$$Cemento = \frac{Peso\ del\ cemento}{pe\ cemento \times 1000}$$

Ecuación 5. Volumen de cemento

$$Agregado\ grueso = \frac{Peso\ del\ cemento}{pe\ cemento \times 1000}$$

Ecuación 6. Volumen de agregado grueso

$$Agua = \frac{Peso\ del\ agua}{1000}$$

Ecuación 7. Volumen de agua

$$Aire = \frac{2}{100}$$

Ecuación 8. Volumen de aire

El volumen del agregado fino será la cantidad que le falta a la sumatoria de los volúmenes hallados para ser igual a 1m<sup>3</sup>

$$Volumen\ de\ agregado\ fino = 1m^3 - \sum volúmenes$$

El peso del agregado fino se encontrará aplicando la siguiente formula

$$Psf = Vf * pef * 1000$$

*Psf* : peso del agregado fino  
*Vf* : Volumen del agregado fino  
*Pef* : peso específico del agregado fino

#### 7. Ajustes por humedad y absorción.

La corrección por humedad se estimó utilizando la siguiente formula:

$$Peso \left( \frac{\% \text{ humedad}}{100} + 1 \right)$$

*Ecuación 9. Ecuación 8. Volumen de aire*

La corrección por absorción se estimó utilizando la fórmula:

$$Peso \left( \frac{\% \text{ de absorcion} - \% \text{ humedad}}{100} \right)$$

*Ecuación 10. Corrección de la absorción*

El agua libre se calcula realizando la sumatoria algebraica de los valores del contenido de agua del agregado fino y grueso.

El agua efectiva se calcula sumando algebraicamente el agua del diseño más el agua libre.

#### 8. Diseño teórico húmedo

Reajuste de la cantidad de cemento

Relación agua cemento

$$. R \frac{a}{c} = \frac{a}{c}$$

*Ecuación 11. Relación agua cemento*

De donde se calcula la cantidad de cemento para el diseño.

$$. C = \frac{a}{Ra/c}$$

*Ecuación 12. Cantidad de agua cemento*

#### 9. Proporciones en peso

Las proporciones en peso se estiman empleando la formula, respetando el orden siguiente:

$$\frac{C}{C} \quad \frac{\text{Agregado fino}}{C} \quad \frac{\text{Agregado grueso}}{C} \quad \frac{\text{Agua}}{C}$$

*Ecuación 13. Proporciones en peso*

## 10. Proporciones en volumen

La proporción en volumen se calcula utilizando la siguiente formula:

$$\left( \frac{\text{Proporción en peso} \times \text{Peso de la bolsa de cemento} \times 35.31 \text{ (pie)}}{\text{Peso unitario suelto seco}} \right) \text{ pie}^3$$

*Ecuación 14. Proporciones en volumen*

### **El ensayo:**

Después de elaborado el diseño de mezcla, se procede a realizar la mezcla en sí, los agregados se incorporan de acuerdo al diseño de mezcla, establecido, y se efectúa la sustitución del cemento de acuerdo a los porcentajes establecidos por las cenizas de cascarilla de arroz, (10%, 15% y 20%).

Luego se procederá a la realización de los ensayos de comprensión según la norma NTP 339.035, 2015 y de acuerdo a los tiempos de curado indicados anteriormente (7, 14 y 28 días), en tal sentido se procede a registrar los datos de dichas pruebas en las hojas de cálculo de Excel, para la comparación respectiva.

Paso siguiente se analizan los resultados obtenidos de las muestras de concreto para contrastarlos con los requisitos establecidos por la NTP 339.034, 2015.

De los resultados anteriores se procede a realizar una comparación entre el concreto conseguido de sustituir el cemento en los porcentajes establecidos y el concreto convencional.

Luego se procede al análisis estadístico descriptivo y el análisis de estadística inferencial.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

El procesamiento y análisis de la información, así como lo referente a la estadística descriptiva (gráficos, diagramas, etc.) se utilizó el programa Excel 2016 de Microsoft.

Para la estadística inferencial, en primer lugar, se realizó el análisis de normalidad en el programa SPSS v25, para determinar si los datos son paramétricos o no paramétricos, comprobado lo anterior se procedió a la contrastación de las hipótesis.

### **3.7. Aspectos éticos**

En los aspectos éticos se consideraron los lineamientos planteados por la Universidad Cesar Vallejo (UCV), que son respeto a las personas en su integridad y autonomía, búsqueda del bienestar, justicia, honestidad, rigor científico, competencia profesional y científica; tomando en consideración las políticas anti plagio de la UCV, de respeto de los derechos de autor.

#### IV. RESULTADOS

Tabla N° 11. Cantidad de  $SiO_2$  para determinar la puzolanidad de las CCDA

Cantidad de $SiO_2$	
Sustancia	% en mas CCDA
<b><math>SiO_2</math></b>	<b>91.3</b>
$Al_2O_3$	2.52
$Fe_2O_3$	1.33
CaO	2.72
Otros	2.13

Fuente: Laboratorio LEM-La Roca EIRL

Peso específico de la ceniza de cascarilla de arroz del Valle del Chira.

En la tabla N° 11 se observa que la cantidad de  $SiO_2$  está presente en un 91% del material, lo que es suficiente para darle características puzolánicas a las CCDA

#### Granulometría (NTP 400.012)

Agregado fino NTP 400.037 o ASTM C 33

Tabla 12. % de Agregado fino

% Agregado fino			
Malla	% retenido Parcial	% retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
4	3.8	3.9	96.1
8	11.9	15.8	84.2
10	6.2	22	78
16	13.4	35.4	64.6
20	14.6	50	50
30	14.2	64.2	35.8
40	5.1	69.3	30.7
50	14.9	84.2	15.8
80	9.5	93.7	6.3
100	5.8	99.5	0.5
Recipiente	0.5	100	0

Fuente: Laboratorio Fuente: Laboratorio LEM-La Roca EIRL

Módulo de fineza de agregado fino

$$m = \frac{N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

$$m = \frac{3.9 + 15.8 + 35.4 + 64.2 + 84.2 + 99.5}{100}$$

$$m = 3.03$$

Es mayor de 2.3, por lo tanto, es aceptable.

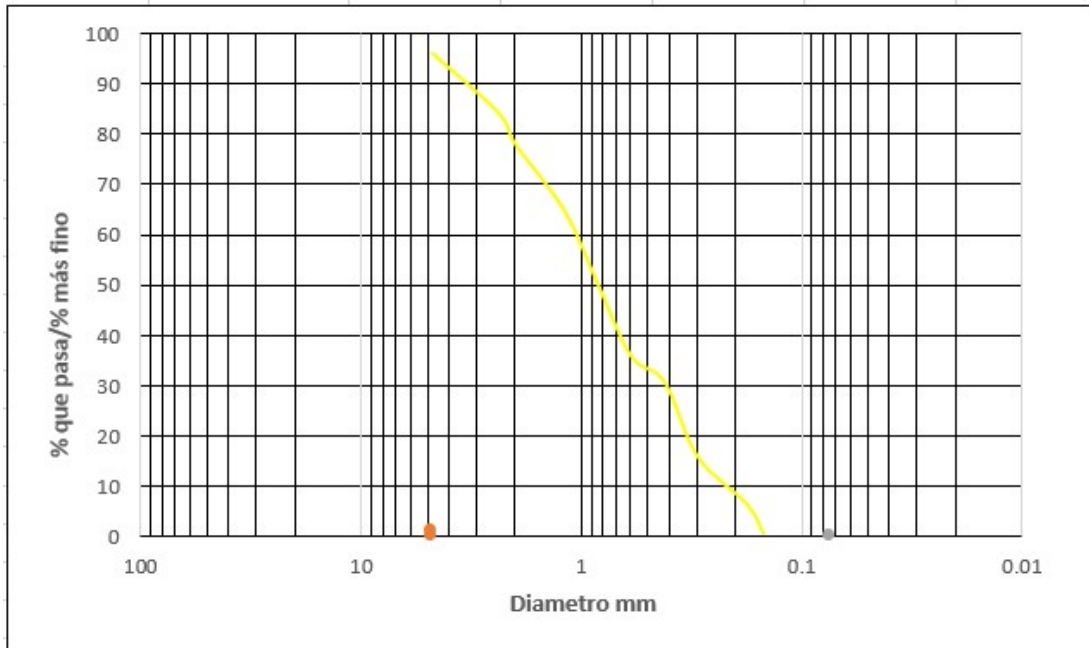


Figura 3. Curva granulométrica agregado fino

Agregado grueso NTP 400.037 o ASTM C 33.

Tabla 13. Módulo de fineza agregado grueso

Agregado Grueso			
Malla	% retenido Parcial	% retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
1 1/2	0	0	100
1	0	0	100
3/4	4.5	4.5	95.5
1/2	28.6	33.1	66.9
3/8	21.7	54.8	45.2
4	15.3	70.1	29.9
8	13.4	83.5	16.5
16	7.2	90.7	9.3
30	9.3	100	0
50	0	100	0
100	0	100	0

Fuente: Laboratorio LEM-La Roca EIRL

## Módulo de fineza de agregado grueso

$$m = \frac{3'' + 1\ 1/2'' + 3/4'' + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

$$m = \frac{4.5 + 54.8 + 70.1 + 83.5 + 90.7 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$m = 6.04$$

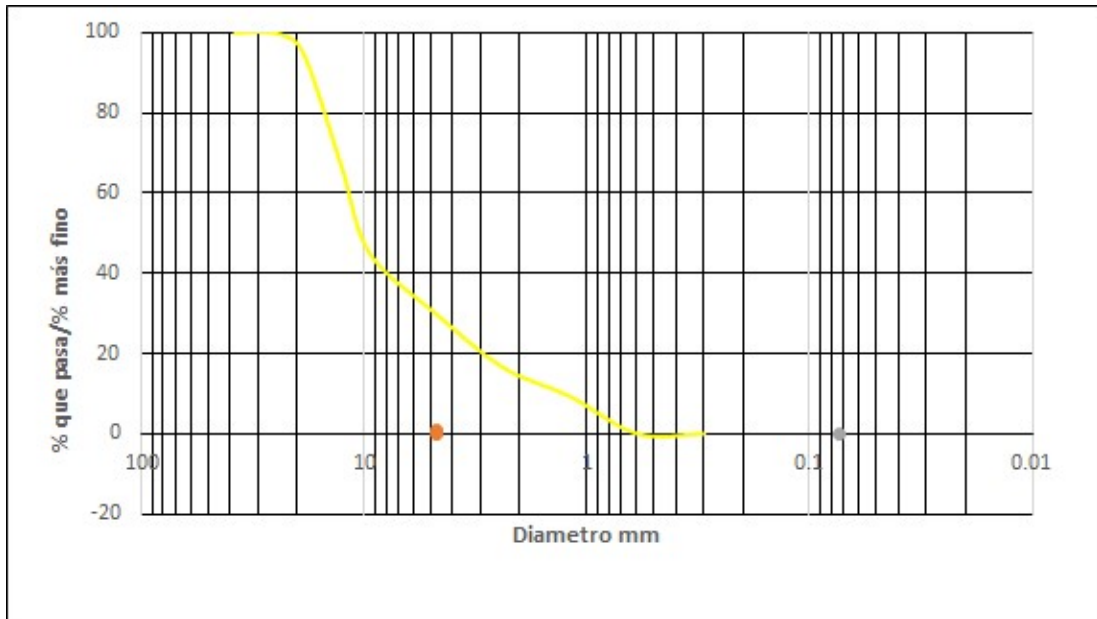


Figura 4. Curva granulométrica agregado grueso

El tamaño nominal máximo agregado grueso se estima conociendo el menor tamiz que produce una retención entre 5% y 10%, siendo en la investigación  $3/4''$ .

Tabla 14. Granulometría de las cenizas de arroz molida

Malla	% Cenizas de cascarilla de arroz		
	% retenido Parcial	% retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
4	0	0	100
8	0	0	100
10	0	0	100
16	0	0	100
20	0	0	100
30	0	0	100
40	0	0	100
50	3.4	3.4	96.6
80	4.8	8.2	91.8
100*	9.6	17.8	82.2
150	42.7	60.5	39.5
200	32.4	92.9	7.1
325	5.2	98.1	1.9
Recipiente	1.9	100	

Fuente: Laboratorio LEM-La Roca EIRL

\*Para los ensayos se utilizó, únicamente la ceniza que paso a partir del tamiz N° 100.

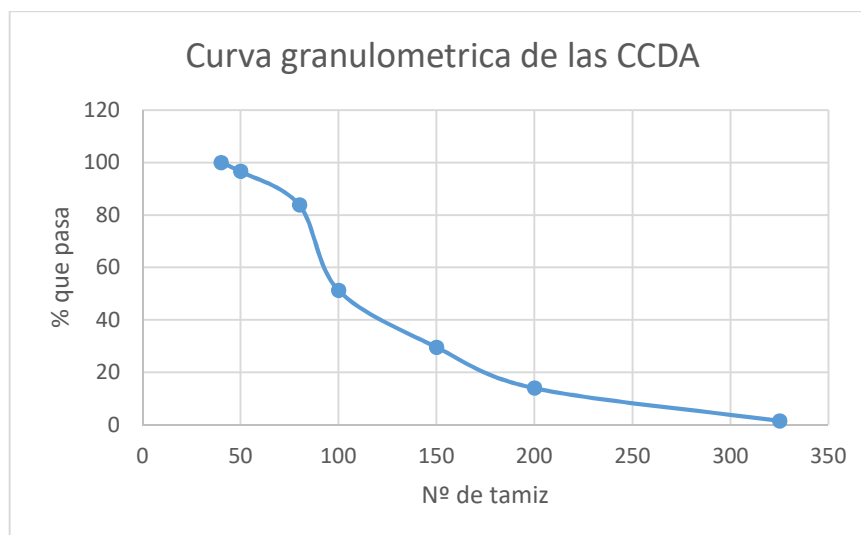


Figura 5. Curva granulométrica CCDA



*Tabla 15. Granulometría del cemento usado en la investigación*

Malla	% Cemento		
	% retenido Parcial	% retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
4	0	0	100
8	0	0	100
10	0	0	100
16	0	0	100
20	0	0	100
30	1.3	1.3	98.7
40	5.7	7	93
50	7.6	14.6	85.4
80	35.3	49.9	50.1
100	32.8	82.7	17.3
150	8.2	90.9	9.1
200	5.6	96.5	3.5
325	2.7	99.2	0.8
Recipiente	0.8	100	

Fuente: Laboratorio LEM-La Roca EIRL

*Tabla 16. Granulometría comparada de cemento y cenizas*

Malla	% Que Pasa Cemento	% Que Pasa CCDA
20	100	100
30	100	98.7
40	100	93
50	96.6	85.4
80	91.8	50.1
100*	82.2	17.3
150	39.5	9.1
200	7.1	3.5
325	1.9	0.8

Elaboración propia

En la tabla 16 se observa que en el tamiz 40 es donde pasa los porcentajes más altos de ceniza y cemento, luego hay diferencia considerable entre los porcentajes de cemento y las cenizas que pasan.

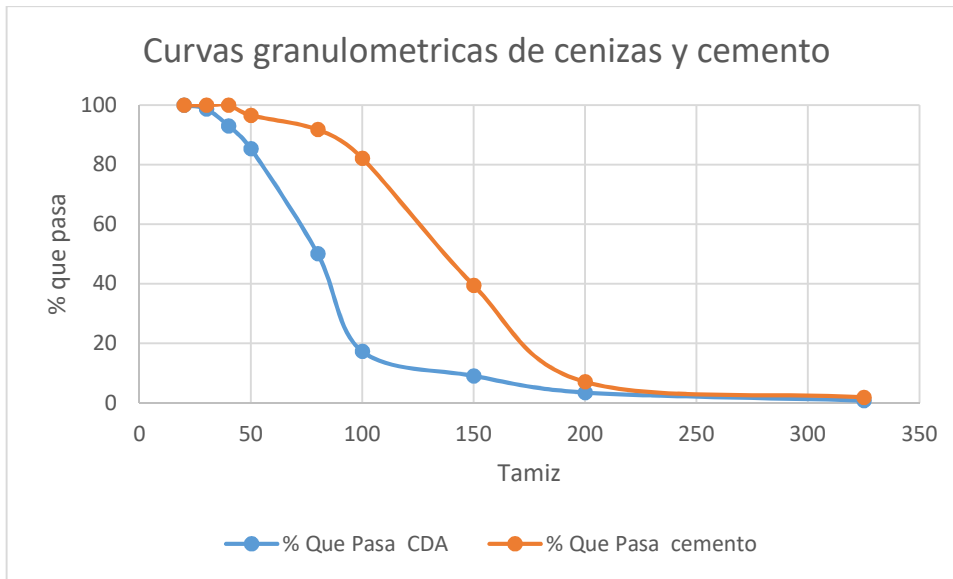


Figura 6. Curvas granulométricas de CCDA y cemento

Para mejorar la calidad de las cenizas y ajustarlo a la granulometría del cemento las briquetas se fabricaron únicamente con las cenizas que pasaron el tamiz N° 100.

Tabla 17. Abrasión o desgaste del agregado grueso

Tamaños	Cantidad inicial gr	Cantidad final	% de abrasión
1½"	2500		
¾"	2500		
<b>Total</b>	<b>5000</b>	<b>4805</b>	<b>3.9</b>

Fuente: Laboratorio LEM-La Roca EIRL

En la tabla 17 se observa que la abrasión del agregado grueso es poco significativa (3.9%), de acuerdo a la norma ASTM C-33, en tal sentido se trata de un material que puede utilizarse un concreto estructural.

## Diseño de mezcla

### LABORATORIO DE SUELOS; CONCRETO Y PAVIMENTOS

Cantera : Piedra chancada (Sojo), Arena (Santa Cruz)  
Material : Agregados para concreto f'c (diseño) 210 kg. /cm<sup>2</sup>  
Cemento : Portland  
Tipo ms : Pacasmayo  
Peso específico : 3.15 g/cm<sup>3</sup>

Tabla 18. Características del agregado fino

AGREGADO FINO		
Peso Especifico	2.627	TN/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1.750	TN/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1.670	TN/m <sup>3</sup>
Absorción	1.00	%
Humedad	1.20	%
Módulo de Fineza	3.03	

Fuente: Laboratorio LEM-La Roca EIRL

Tabla 19. Características del agregado grueso

AGREGADO GRUESO SARANDEADO		
Tam. Máx. Nominal	3/4"	19.05 mm
Peso Especifico	2.656	TN/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1.701	TN/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1.653	TN/m <sup>3</sup>
Absorción	1.00	%
Humedad	0.90	%

Fuente: Laboratorio LEM-La Roca EIRL

Tabla 20. Procesamiento

PROCESAMIENTO		
Asentamiento (Slump)	3"- 4"	pulg.
Volumen Unitario de Agua	205.0	Lt/m <sup>3</sup>
Contenido de Aire	2.00	%
Relación a/c Resistencia	0.59	a/c
Factor Cemento	348	Kg./m <sup>3</sup>
Factor Cemento	8.2	Bolsa
Contenido Agregado Grueso	0.60	Peso/m <sup>3</sup>
Peso Agregado Grueso	1015	Kg./m <sup>3</sup>

Fuente: Laboratorio LEM-La Roca EIRL

*Tabla 21. Volúmenes absolutos de materiales*

VOLÚMENES ABSOLUTOS		
Cemento	0.110	m <sup>3</sup>
Agua	0.205	m <sup>3</sup>
Aire	0.020	m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	0.382	m <sup>3</sup>
Sub-Total	0.718	m <sup>3</sup>

Fuente: Laboratorio LEM-La Roca EIRL

*Tabla 22. Contenido de agregado fino*

CONTENIDO DE AGREGADO FINO		
Volumen Absoluto Fino	0.282	m <sup>3</sup>
Peso Fino Seco	741	Kg./m <sup>3</sup>

Fuente: Laboratorio LEM-La Roca EIRL

*Tabla 23. Valores para el diseño*

VALORES DE DISEÑO		
Cemento	347.8	Kg./m <sup>3</sup>
Agua	205	Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	741	Kg./m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	1015	Kg./m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 24. Porcentaje de humedad superficial de agregados*

HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS		
Agregado Fino	0.20	%
Agregado Grueso	-0.1	%

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 25. Aporte de humedad de los agregados*

APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS		
Agregado Fino	1.5	Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	-1.0	Lt/m <sup>3</sup>
Aporte de Humedad	0.5	Lt/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	205	Lt/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Corrección de la humedad

CORRECCIÓN POR HUMEDAD		
Agregado Fino Húmedo	750	Kg./m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	1025	Kg./m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Pesos corregidos de los agregados

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD		
Cemento	356	Kg./m <sup>3</sup>
Agua Efectiva	205	Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Húmedo	743	Kg./m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	1025	Kg./m <sup>3</sup>
Total	2329	Kg./m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Proporciones del diseño en peso

PROPORCIÓN EN PESO				
Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua	Aporte de Aditivo Plastiment TM 12
1.00	2.1	2.9	0.6	0.000

Fuente: Elaboración propia

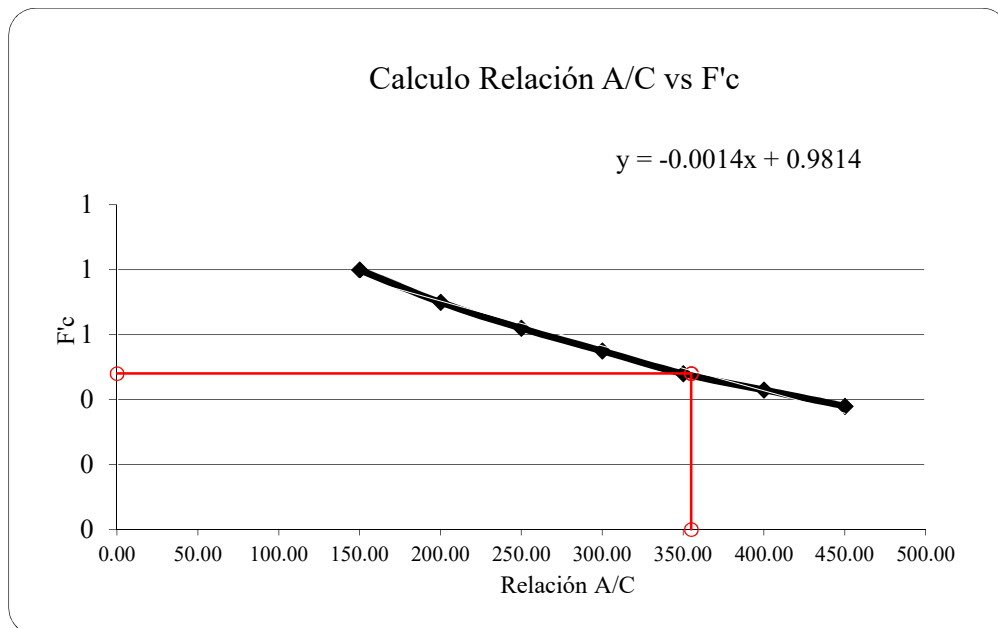


Figura 7. Grafica Relación agua cemento patrón

Tabla 29. Comparación Diseño Humedo y Diseño Seco

COMPARACIÓN DISEÑO HUMEDO Y DISEÑO SECO							
Insumo	Humedad	Absorción	Peso específico	Volumen	Diseño seco	Diseño húmedo	
Cemento			3.15	0.113	356.3	356	Kg./m <sup>3</sup>
Agua Efectiva			1000	0.205	205	205	Lt/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Húmedo	1.20	1.00	2.627	0.280	734	743	Kg./m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	0.90	1.00	2.656	0.382	1015	1025	Kg./m <sup>3</sup>
aire				0.020			
Total				1.00	2,311	2329	Kg./m <sup>3</sup>
					PUT	2329	Kg./m <sup>3</sup>
					PUC	2350	Kg./m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

La tanda se considera para una mezcladora de 3 pies<sup>3</sup>, para que los materiales no se queden en las paletas, y pueda ocurrir la homogenización del mezclado.

Tabla 30. Calculo de la tanda.

PESO POR TANDA		
Cemento	42.5	Kg./Bolsa
Agua Efectiva	24.4	Lt/Bolsa
Agregado Fino	88.7	Kg./Bolsa
Agregado Grueso	122.2	Kg./Bolsa
Aporte de Aditivo Plastiment TM 12	0.000	Lt/Bolsa

Fuente: Elaboración propia

### Tiempo de mezclado

Para el cemento convencional que se está utilizando, es necesario que ocurran 3 minutos de mezclado (cuando el agua entra en contacto con el cemento), 3 minutos de la mezcla en reposo y 2 minutos de remezclado. En total el mezclado para las tandas debe durar 8 minutos.

Se debe recordar que el ACI señala que, si se desea incrementar **1 Slump, se debe añadir 5 litros de agua** por cada m<sup>3</sup> de concreto.

Se considera 10% de desperdicio mezcla.

## Calculo de volumen de concreto para las briquetas

### Dosificaciones:

Para el cálculo de la cantidad de materiales en la investigación, se utilizaron moldes de concreto de 4" x 8" de plástico, cuyo diseño se hizo siguiendo los parámetros de la norma ASTM C19, C31, C470, AASHTO R39. T 23.

Las medidas de los moldes fueron las siguientes:

Tabla 31. Medidas de los moldes

Molde	Diámetro promedio	Altura promedio
	101.68	203.42
<b>Total</b>	101.68	203.42

Fuente: Metrología y Automatización MEATAUT, Certificado de verificación LLA-MC4P-122-22

Para el concreto de las pruebas, se calculó el volumen de las mismas

Utilizando la fórmula:

$$V = \pi r^2 \cdot h$$

$$V = \pi 5.084^2 \cdot 20.342$$

$$V = 1651.7891 \text{ cm}^3$$

$$V = 0.0016 \text{ m}^3$$

*Ecuación 15. Volumen de los instrumentos*

El volumen de cada muestra patrón 0.0016m<sup>3</sup>

El volumen de las 9 muestras testigos 0.014m<sup>3</sup>

Volumen a preparar 0.0154 m<sup>3</sup>.

Tabla 32. Proporción del diseño

Cemento	Ag. Fino	PROPORCIÓN EN PESO			Aporte de Aditivo Plastiment TM 12
		Ag. Grueso	Agua		
1.00	2.16	2.95	0.6	0.000	

Fuente: Elaboración propia

*Tabla 33. Dosificación para muestra patrón relación a/c=0.58=0.6*

Cantidad de materiales m <sup>3</sup> por peso húmedo		Unidad
Cemento	0.57	Kg
Agua	0.328	Lts
Agregado fino	1.64	Kg
Agregado grueso	0.33	Kg
Total	3.73	<b>Kg</b>

Elaboración propia

De la tabla N° 33 se puede inferir que la densidad del concreto es 2331.250 kg/m<sup>3</sup>

*Tabla 34. Dosificación para sustitución al 10% relación agua cemento 0.64*

Cantidad de materiales m <sup>3</sup> por peso húmedo		Unidad
Cemento	0.513	Kg
Agua	0.328	Lts
Agregado fino	1.64	Kg
Agregado grueso	0.33	Kg
CCDA reemplazo al 10%	0.057	Kg
Total	<b>3.73</b>	<b>Kg</b>

Elaboración propia

*Tabla 35. Dosificación para sustitución al 15% relación agua cemento 0.683*

Cantidad de materiales m <sup>3</sup> por peso húmedo		Unidad
Cemento	0.48	Kg
Agua	0.328	Lts
Agregado fino	1.64	Kg
Agregado grueso	0.33	Kg
CCDA reemplazo al 15%	0.085	Kg
Total	<b>3.73</b>	<b>Kg</b>

Elaboración propia



Tabla 36. Dosificación para sustitución al 20% relación agua cemento 0.72

Cantidad de materiales m <sup>3</sup> por peso húmedo		Unidad
Cemento	0.456	Kg
Agua	0.328	Lts
Agregado fino	1.64	Kg
Agregado grueso	0.11	Kg
CCDA reemplazo al 20%	<b>3.73</b>	Kg
Total		<b>Kg</b>
Elaboración propia		

En las tablas 33, 34, 35 y 36 se observa que a medida que se incorporó la CCDA se incrementó en la proporción agua cemento a/c, debido a que la cantidad de agua de la mezcla se mantuvo, pero disminuyó la cantidad de cemento que fue sustituido en porcentajes de 10%, 15% y 20%.

#### ACI Slump Test: ASTM C143

Para el revenimiento de concreto, asentamiento o Slump, se llenó el cono de Abrams, a un tercio de su volumen total

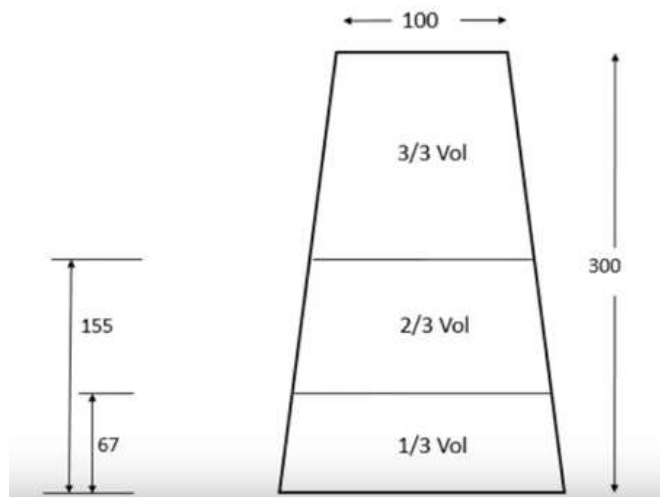


Figura 8. Llenado de cono de Abrams

Se compacta la mezcla dando 24 golpes por cada capa llenada, con una varilla compactadora llana de 0,60 cm.

El ensayo no puede demorar más de 2.5 segundos.

**Tabla 37. Slump, Consistencia y Grado de Trabajabilidad**

ASENTAMIENTO O SLUMP	CONSISTENCIA (TIPO DE CONCRETO)	GRADO DE TRABAJABILIDAD	TIPO DE ESTRUCTURA Y CONDICIONES DE COLOCACIÓN
0-2,0	MUY SECA	MUY PEQUEÑO	Para construir vigas de alta resistencia, con vibraciones de formaletas. Además de pilotes.
2.0-3.5	SECA	PEQUEÑO	Para construir pavimentos con vibración mecánica.
3,5-5,0	SEMI-SECA	PEQUEÑO	Para construir losas medianamente reforzadas, con vibración. Fundaciones en concreto simple. Pavimentos con vibración, así como construcciones con grandes masas.
5,0-10,0	MEDIA	MEDIO	Para construir pavimentos, con compactación manual. También columnas, vigas, así como fundaciones y muros con vibración
10,0-15,0	HÚMEDA	ALTO	Utilizada para revestir túneles, trabajos que demanden mucho refuerzo, donde la colocación del concreto sea difícil, pero no debe utilizarse en compactados de gran vibración.

Fuente: NIÑO HERNÁNDEZ, Jairo René. Tecnología del Concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas, Tomo 1, Tercera edición.

**Tabla 38. Consistencia y Slump**

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 cm) – 2" (5 cm)
Plástica	3" (7.5 cm) – 4" (10 cm)
Fluida	≥ 5" (12.5 cm)

Fuente: Aceros Arequipa

**Tabla 39. Slump promedio del patrón.**

Slump muestra patrón	
Ensayo	Slump
1	$3\frac{3}{4}$ "
2	$4\frac{1}{4}$ "
3	$4\frac{1}{8}$ "
4	$3\frac{7}{8}$ "
Total promedio	4"
Slump de la obra	4"

Elaboración propia

En la tabla 39 se observa que la mezcla de la muestra patrón es de consistencia plástica, dado que se encuentra ente los límites de plasticidad 3" (7.5 cm) a 4" (10 cm).

*Tabla 40. Slump promedio sustitución al 10%*

Slump sustitución al 10%	
Ensayo	Slump
1	$4\frac{1}{4}$ "
2	4"
3	$4\frac{1}{8}$ "
4	4"
Total promedio	4.1"
Slump de la obra	4"

Elaboración propia

En la tabla 40 se observa que la mezcla de la muestra sustituida al 10% es de consistencia plástica, dado que se encuentra ente los límites de plasticidad 3" (7.5 cm) a 4" (10 cm).

*Tabla 41. Slump promedio sustitución al 15%*

Slump del ensayo	
Ensayo	Slump
1	$3\frac{7}{8}$ "
2	$3\frac{5}{8}+$ "
3	$3\frac{1}{8}$ "
4	$3\frac{7}{8}$ "
Total promedio	3.51"
Slump de la obra	3.51"

Elaboración propia

En la tabla 41 se observa que la mezcla de la muestra sustituida al 15% es de consistencia plástica, dado que se encuentra ente los límites de plasticidad 3" (7.5 cm) a 4" (10 cm).

Tabla 42. Slump promedio sustitución al 20%

Slump del ensayo	
Ensayo	Slump
1	$3\frac{1}{4}$ "
2	$3\frac{1}{8}$ "
3	$3\frac{1}{4}$ "
4	$3\frac{1}{4}$ "
Total promedio	3.2"
Slump de la obra	3.2"

Elaboración propia

En la tabla 42 se observa que la mezcla de la muestra sustituida al 20% es de consistencia plástica, dado que se encuentra ente los límites de plasticidad 3" (7.5 cm) a 4" (10 cm).

En las tablas 39, 40, 41 y 42, se observa que a medida que se agrega Ceniza a la mezcla el Slump paulatinamente disminuye, es decir que la mezcla se torna menos trabajable.

Aunque no existe una norma se debe considerar que la comprensión del concreto por edad, de acuerdo a las investigaciones se consideró las siguientes tablas:

Tabla 43. % de comprensión según la edad

Edad en días	% f'c
3	50%
7	70%
14	80%
28	100%

Fuente: Universidad de valencia

Tabla 44. % de comprensión según la edad

Edad en días	% f'c	% f'c (endurecimiento rápido)
3	40%	55%
7	65%	75%
14	-	-
28	100%	100%
90	120%	115%
360	135%	120%

Fuente: Universidad de Valencia

Tabla 45. Calculo de densidad y peso específico de las probetas

Probeta	tiempo	peso kg	Volumen m3	Densidad g/cm3	Peso específico N/m3
1	14 días	4.15	0.0016	2.59	2541.875
1	14 días	4.15	0.0016	2.59	2541.875
1	14 días	4.17	0.0016	2.61	2554.125
2	14 días	4.1	0.0016	2.56	2511.250
2	14 días	4.08	0.0016	2.55	2499.000
2	14 días	4.06	0.0016	2.54	2486.750
3	14 días	4.05	0.0016	2.53	2480.625
3	14 días	4.08	0.0016	2.55	2499.000
3	14 días	3.95	0.0016	2.47	2419.375
4	14 días	3.95	0.0016	2.47	2419.375
4	14 días	3.96	0.0016	2.48	2425.500
4	14 días	4	0.0016	2.50	2450.000
1	28 días	4.16	0.0016	2.60	2548.000
1	28 días	4.21	0.0016	2.63	2578.625
1	28 días	4.13	0.0016	2.58	2529.625
2	28 días	4.05	0.0016	2.53	2480.625
2	28 días	4.06	0.0016	2.54	2486.750
2	28 días	4.1	0.0016	2.56	2511.250
3	28 días	4.02	0.0016	2.51	2462.250
3	28 días	4.09	0.0016	2.56	2505.125
3	28 días	4.05	0.0016	2.53	2480.625
4	28 días	4.05	0.0016	2.53	2480.625
4	28 días	4	0.0016	2.50	2450.000
4	28 días	3.99	0.0016	2.49	2443.875
Media		4.067	0.0016	2.54	2491.089

Elaboración propia

## Ensayo de absorción

De acuerdo a la NTP 339.187.2003 ASTM C 642

La absorción es el incremento de la masa de la muestra al ser introducida en agua, dado que el agua penetra los poros de la muestra, esta prueba se hace en tiempos de 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 1.5 horas, 2 horas, **3 horas**, 8 horas y 24 horas.

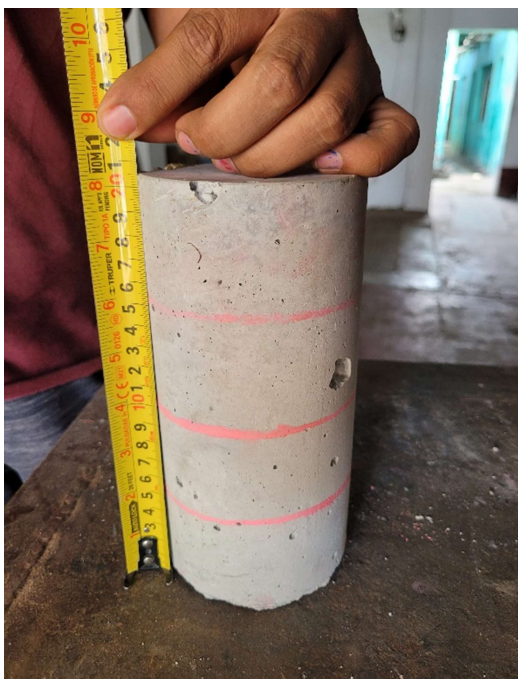


*Figura 9. Curado de probetas*

Las probetas de forma cilíndrica al 10% al 15% y al 20%, con 101.68 mm de diámetros y 203.42 mm de alto cada una. Se curan por 28 días, luego se sacan y se les marca la parte central, para aserrarlas (cortarlas) por el centro, razón por la cual previamente son marcadas de acuerdo a la figura N° 9, formando 4 discos.



*Figura 10. Secado de probetas*



*Figura 11. Corte de cilindros*

Esto da como resultado cuatro discos con proporciones semejantes, para el ensayo solo se utilizaron los discos del medio, para eliminar el efecto de obturación de poros que se puede generar al pintar, sellar o engrasar el disco.

El siguiente paso es someter a secado cada uno de los discos a una temperatura de 60 °C hasta que el peso sea constante, para dejar libre de burbujas los poros de los cilindros.



*Figura 12. Cortado de los discos*



*Figura 13. Cilindros recortados*



*Figura 14. Discos colocados en horno para completo secado*

Luego del secado se procede a recubrir las caras de los discos con pintura impermeabilizante, para próximamente colocarlos en recipientes con agua, a una profundidad de 5 mm (agua suficiente).



*Figura 15. Pesado de los discos*





Figura 16. Discos impermeabilizados



Figura 17. Peso de discos sacados a las 24 horas

$$i = S * t^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 16. Absorción

Donde

$i$  : masa acumulada de agua que fue absorbida, por unidad de área de la sección mojada.

$S$  : (Sorptivity) tasa de absorción capilar (pendiente de la curva) en  $g/cm^2 * h^{1/2}$

$t$  : Tiempo de inmersión o exposición expresado en horas.

Tabla 46. Tasa de absorción

Briqueta	% de ceniza	Relación a/c	Masa posterior a la inmersión (3h)	Masa después del secado, previo inmersión	Tasa de absorción [g/cm <sup>2</sup> *h <sup>1/2</sup> ] (S)
Patrón	0%	0.58	977.6	921.3	0.35
Patrón	0%	0.58	978.7	920.4	0.36
Briqueta 1	10%	0.64	987.4	921.4	0.41
Briqueta 1	10%	0.64	991.8	922.7	0.43
Briqueta 2	15%	0.68	999.2	923.1	0.47
Briqueta 2	15%	0.68	999.7	921.8	0.48
Briqueta 3	20%	0.72	1009.1	922.6	0.53
Briqueta 3	20%	0.72	1010.8	921.3	0.55

Fuente: LEM – LA ROCA EIRL

En la tabla N° 46 se observa que a mayor cantidad de ceniza de cascarilla arroz ocurren más absorciones capilares, debido a que la cantidad de agua que absorben las probetas como consecuencia a una mayor porosidad, que se incrementa al añadir al material de sustitución. Esto es un factor a tomar en cuenta puesto que reemplazar el cemento por ceniza de arroz en cantidades mayores al 10% podría tener un impacto en la vida útil de la estructura en la que se emplee este tipo de concreto.

### Falla de cilindros a compresión

Tabla 47. Resistencia a la compresión patrón a los 7 días

DISEÑO 01 : DISEÑO f <sub>c</sub> 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PATRÓN A LOS 7 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
1	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	21359.00	151.40	f <sub>c</sub> = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
2	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	20022.24	154.30	f <sub>c</sub> = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
3	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	18514.40	146.80	f <sub>c</sub> = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>150.83</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 47 se observa, que la resistencia promedio del patrón a los 7 días es 150.83, y cumple con los parámetros esperados de la resistencia e esa edad.

**Tabla 48. Resistencia a la compresión sustitución al 10% a los 7 días**

<b>DISEÑO 01 : DISEÑO f<sub>c</sub> 210 kg/cm<sup>2</sup></b>									
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 10% A LOS 7 DÍAS</b>									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
10	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	13891.42	160.80	f <sub>c</sub> = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
11	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	12972.66	159.30	f <sub>c</sub> = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
12	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	12676.94	157.60	f <sub>c</sub> = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>159.23</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 48 se observa, que la resistencia promedio de la sustitución al 10% a los 7 días de fragua es 159.23, y cumple con los parámetros esperados de la resistencia a esa edad.

**Tabla 49. Resistencia a la compresión sustitución al 15% a los 7 días**

<b>DISEÑO 01 : DISEÑO f<sub>c</sub> 210 kg/cm<sup>2</sup></b>									
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 15% A LOS 7 DÍAS</b>									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
19	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	11861.42	133.04	f <sub>c</sub> = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
20	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	10942.66	128.80	f <sub>c</sub> = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
21	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	10646.94	127.30	f <sub>c</sub> = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>129.71</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 49 se observa que, la resistencia promedio de la sustitución al 15% a los 7 días de fragua es 129.71, y no cumple con los parámetros esperados de la resistencia a esa edad.

*Tabla 50. Resistencia a la compresión sustitución al 20% a los 7 días*

DISEÑO 01 : DISEÑO $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 20% A LOS 7 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
28	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	18057.81	128.30	$f_c = 147$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
29	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	16838.12	129.76	$f_c = 147$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
30	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	15906.23	126.12	$f_c = 147$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>128.06</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 50 se observa que, la resistencia promedio de la sustitución al 20% a los 7 días de fragua es 128.06, y no cumple con los parámetros esperados de la resistencia a esa edad.

*Tabla 51. Resistencia a la compresión patrón a los 14 días*

DISEÑO 01 : DISEÑO $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PATRÓN A LOS 14 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
4	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	21359.00	169.20	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
5	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	20022.24	171.70	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
6	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	18514.40	172.80	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>171.23</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 51 se observa, que la resistencia promedio del patrón a los 14 días es 171.23, y cumple con los parámetros esperados de la resistencia a esa edad.

*Tabla 52. Resistencia a la compresión sustitución al 10% a los 14 días*

DISEÑO 01 : DISEÑO $f_c$ 210 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 10% A LOS 14 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
13	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	13891.42	178.40	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
14	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	12972.66	177.80	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
15	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	12676.94	174.70	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>176.97</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 52 se observa, que la resistencia promedio de la sustitución al 10% a los 14 días es 176.97, y cumple con los parámetros esperados de la resistencia e esa edad.

*Tabla 53. Resistencia a la compresión sustitución al 15% a los 14 días*

DISEÑO 01 : DISEÑO $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 15% A LOS 14 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
22	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	20089.31	142.40	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
23	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	18075.81	139.30	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
24	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	17682.01	140.20	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>140.63</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 53 se observa, que la resistencia promedio de la sustitución al 15% a los 14 días es 140.63, y no cumple con los parámetros esperados de la resistencia a esa edad.

*Tabla 54. Resistencia a la compresión sustitución al 20% a los 14 días*

DISEÑO 01 : DISEÑO $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 20% A LOS 14 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
31	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	19539.12	138.50	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
32	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	17699.51	136.40	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
33	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	17505.44	138.80	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>137.90</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 54 se observa, que la resistencia promedio de la sustitución al 20% a los 14 días es 137.90, y no cumple con los parámetros esperados de la resistencia a esa edad.

*Tabla 55. Resistencia a la compresión patrón a los 28 días*

DISEÑO 01 : DISEÑO $f_c$ 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PATRÓN A LOS 28 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
7	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	30246.83	214.40	$f_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
8	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	27989.61	215.70	$f_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
9	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	27279.74	216.30	$f_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>215.47</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 55 se observa, que la resistencia promedio del patrón a los 14 días es 215.47, y sobrepasa los parámetros esperados de la resistencia a esa edad.

**Tabla 56. Resistencia a la compresión sustitución al 10% a los 28 días**

<b>DISEÑO 01 : DISEÑO <math>f_c</math> 210 kg/cm<sup>2</sup></b>									
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 10% A LOS 28 DÍAS</b>									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
ACIA16	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	30825.25	218.50	$f_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
17	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	28573.54	220.20	$f_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
18	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	27531.98	218.30	$f_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>219.00</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 56 se observa, que la resistencia promedio de la sustitución al 10% a los 28 días es 219.00, y sobrepasa los parámetros esperados de la resistencia a esa edad.

**Tabla 57. Resistencia a la compresión sustitución al 15% a los 28 días**

<b>DISEÑO 01 : DISEÑO <math>f_c</math> 210 kg/cm<sup>2</sup></b>									
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 15% A LOS 28 DÍAS</b>									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
25	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/2022	10/03/2022	7	81.2	24801.27	175.80	$f_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
26	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/2022	10/03/2022	7	81.2	23149.50	178.40	$f_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
27	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/2022	10/03/2022	7	81.2	22373.67	177.40	$f_c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>177.20</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 57 se observa, que la resistencia promedio de la sustitución al 15% a los 28 días es 177.20, y no cumple los parámetros esperados de la resistencia e esa edad.

*Tabla 58. Resistencia a la compresión sustitución al 20% a los 28 días*

DISEÑO 01 : DISEÑO f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 20% A LOS 28 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
34	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/2022	10/03/2022	7	81.2	23997.14	170.10	fc = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
35	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/2022	10/03/2022	7	81.2	21981.64	169.40	fc = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
36	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/2022	10/03/2022	7	81.2	21654.79	171.70	fc = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>170.40</b>	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 58 se observa, que la resistencia promedio de la sustitución al 20% a los 28 días es 170.40, y no cumple los parámetros esperados de la resistencia a esa edad.

*Tabla 59. Resistencia promedio según la edad del concreto*

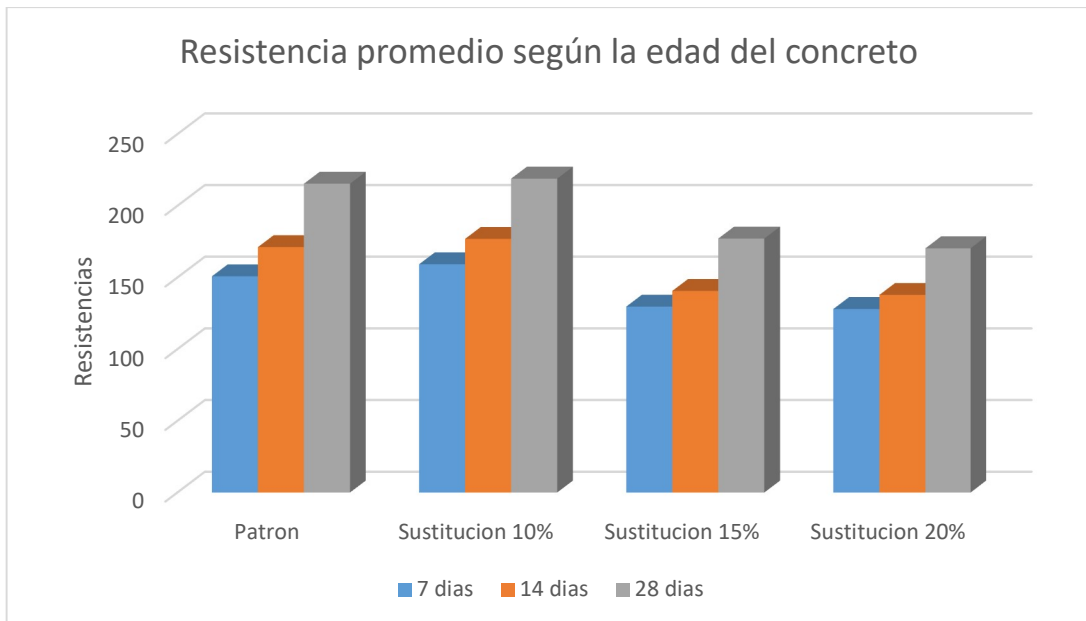
DISEÑO 01 : DISEÑO f'c 210 Kg/cm <sup>2</sup>						
	7 días	% 7 días	14 días	% 14 días	28 días	% 28 días
Patrón	150.83		171.23		215.47	
Sustitución 10%	<b>159.23</b>	<b>5.57</b>	<b>176.97</b>	<b>3.02</b>	<b>219.00</b>	<b>1.64</b>
Sustitución 15%	129.71	-14.00	140.63	-17.87	177.20	-17.76
Sustitución 20%	128.06	-15.10	137.9	-19.47	170.40	-20.92

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 59 se observa que la resistencia promedio en la sustitución al 10% se incrementó en 1.64% respecto a la muestra patrón, sin

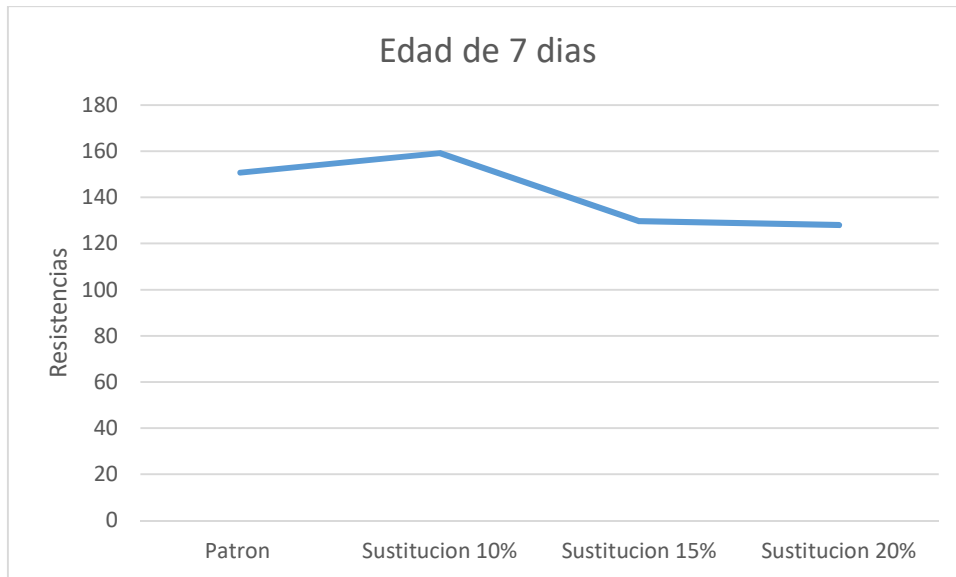


embargo, se evidencia también que fue disminuyendo con el paso de los días de fraguado, manteniendo una mínima diferencia.



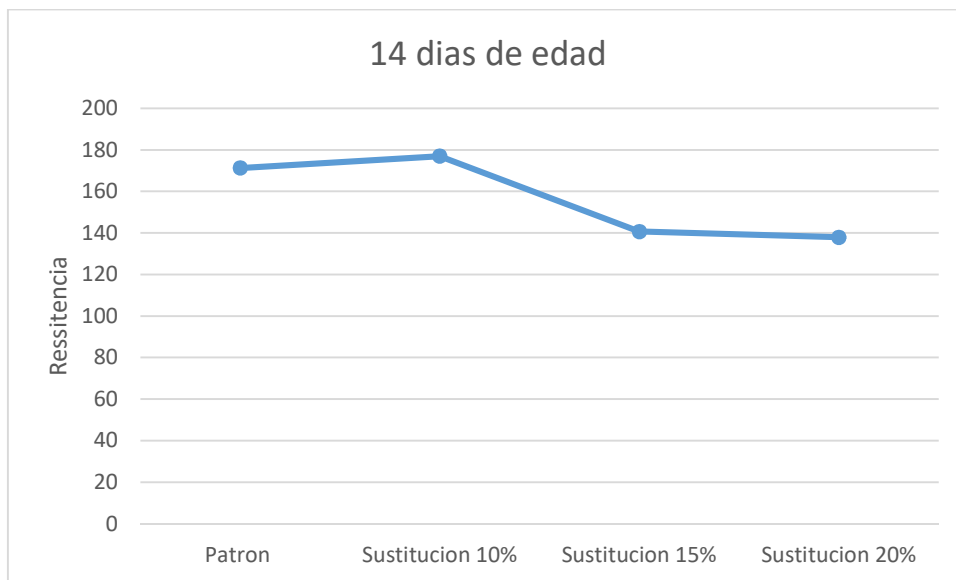
*Figura 18. Resistencia promedio según la edad del concreto*

En la figura N° 18, se observa que la sustitución al 10% alcanza una resistencia mayor a  $f'c$  210, superando incluso a la resistencia de la muestra patrón, lo que permite inferir que sustituir cemento por CCDA al 10%, es factible, puesto que no disminuye la resistencia del concreto, más bien la incrementa.



**Figura 19. Comportamiento de la resistencia de acuerdo al porcentaje de sustitución a los 7 días**

En la figura N° 19, se observa que en la sustitución al 10% se incrementa la resistencia del concreto, sin embargo, a medida que la sustitución incrementa tiende a disminuir.



**Figura 20. Comportamiento de la resistencia de acuerdo al porcentaje de sustitución a los 14 días**

En la figura 20, se observa que en la sustitución al 10% se incrementa la resistencia del concreto, sin embargo, a medida que la sustitución incrementa tiende a disminuir.

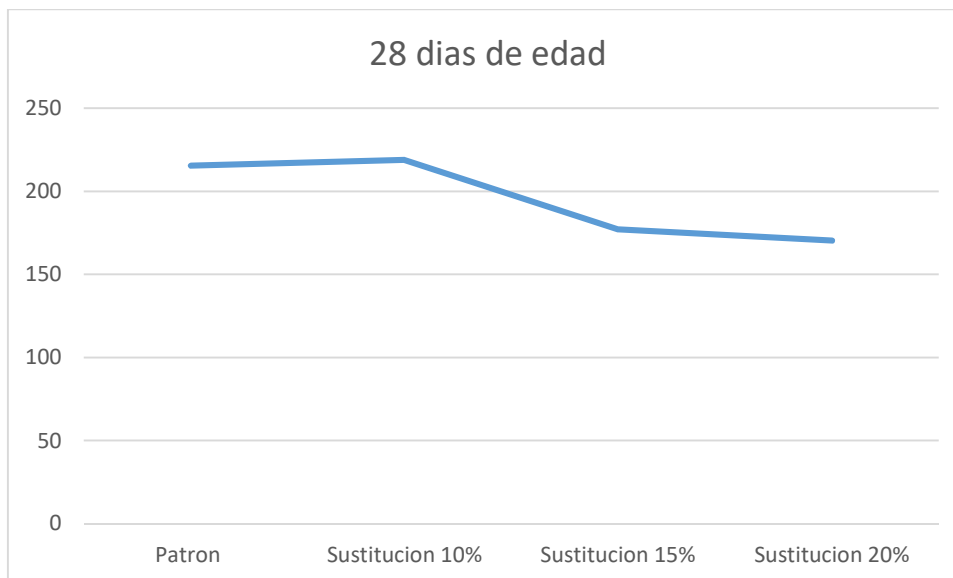


Figura 21. Comportamiento de la resistencia de acuerdo al porcentaje de sustitución a los 28 días.

En la figura 21, se observa que en la sustitución al 10% se incrementa la resistencia del concreto, sin embargo, a medida que la sustitución incrementa tiende a disminuir.

## Contrastación de hipótesis

### Slump

Tabla 60 influencia de la sustitución de CCDA en el Slump

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sustitución 10%	,283	4	.	,863	4	,272
Sustitución 15%	,260	4	.	,827	4	,161
Sustitución 20%	,441	4	.	,630	4	,001
Sustitución 0%	,231	4	.	,930	4	,596

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 60, se observa que la significancia en la sustitución al 20% es 0.01 ( $p < 0.05$ ), en razón de lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que los datos no tienen una distribución normal. Por lo que se procede a la realización de la prueba no paramétrica para la verificación de la hipótesis.

Tabla 61. Nivel de relación % de sustitución Slump

		Correlaciones				
		Sustitución 0%	Sustitución 10%	Sustitución 15%	Sustitución 20%	
Rho de Spearman	Sustitución 0%	Coefficiente de correlación	1,000	-,632	-,738	-,775
		Sig. (bilateral)	.	,368	,262	,225
		N	4	4	4	4
	Sustitución 10%	Coefficiente de correlación	-,632	1,000	,056	,544
		Sig. (bilateral)	,368	.	,944	,456
		N	4	4	4	4
	Sustitución 15%	Coefficiente de correlación	-,738	,056	1,000	,272
		Sig. (bilateral)	,262	,944	.	,728
		N	4	4	4	4
	Sustitución 20%	Coefficiente de correlación	-,775	,544	,272	1,000
		Sig. (bilateral)	,225	,456	,728	.
		N	4	4	4	4

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 61, se observa que hay una relación significativamente negativa entre el incremento de porcentaje de CCDA y el Slump, a medida que incrementa la cantidad de CCDA el Slump disminuye.

Lo anterior permite afirmar que las cenizas de cascarilla de arroz influyen significativamente en el diseño de mezcla del concreto  $f'c = 210$

kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland, cuando las sustituciones se dan por encima del 10% puesto que a ese porcentaje de sustitución el Slump no varía tanto como para influir en el diseño de la mezcla.

## Tasa de absorción

### Prueba de normalidad

Dado que los datos son menores de 50 se utilizará la prueba de Shapiro Wilk.

Tabla 62. Prueba de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Relación a/c	,175	7	,200*	,887	7	,258
<b>Absorción</b>	<b>,504</b>	<b>7</b>	<b>,000</b>	<b>,453</b>	<b>7</b>	<b>,000</b>
Sustitucion de CCDA	,185	7	,200*	,877	7	,215

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS, Elaboración Propia

En la tabla N° 62 se observa que la significancia en la absorción es 0.00 ( $p < 0.05$ ), en razón de lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que los datos no tienen una distribución normal. Por lo que se procede a la realización de prueba no paramétrica para la verificación de la hipótesis.

Tabla 63. Coeficiente de correlación lineal para encontrar la potencia de la relación entre el % de sustitución, relación a/c y tasa de absorción.

Briqueta	% de ceniza	Relación a/c	Tasa de absorción [g/cm <sup>2</sup> *h <sup>1/2</sup> ] (S)	Coeficiente de correlación r <sup>2</sup>
Patrón	0%	0.58	0.35	
Patrón	0%	0.58	0.363	
Briqueta 1	10%	0.65	0.41	
Briqueta 1	10%	0.65	0.43	0.98
Briqueta 2	15%	0.69	0.47	
Briqueta 2	15%	0.69	0.48	
Briqueta 3	20%	0.74	0.53	
Briqueta 3	20%	0.74	0.55	

Fuente: SPSS, Elaboración Propia

En la tabla N° 62 se observa que el coeficiente de correlación es 0.98, lo que significa que hay una relación entre el incremento del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz y la absorción de las muestras. Es decir que a medida que se va incorporando más CCDA a las muestras, incrementan las absorciones capilares, un elemento a tomar en cuenta dado que la absorción capilar tiene influencia en la vida útil de los concretos.

Tabla 64. Correlación de Spearman

Correlaciones					
			Sustitución de CCDA	Relación a/c	Absorción
Rho de Spearman	Sustitución de CCDA	Coeficiente de correlación	1,000	1,000**	,390
		Sig. (bilateral)	.	.	,339
		N	8	7	8
	Relación a/c	Coeficiente de correlación	1,000**	1,000	,330
		Sig. (bilateral)	.	.	,469
		N	7	7	7
	Absorción	Coeficiente de correlación	,390	,330	1,000
		Sig. (bilateral)	,339	,469	.
		N	8	7	8

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: SPSS, Elaboración Propia

En la tabla 63, se observa que el coeficiente de Spearman entre las muestras y la relación agua cemento (1.0) y la tasa de absorción es mayor de cero ( $p= 0.390$ ) lo que significa que un incremento en el porcentaje de ceniza de arroz incrementa la relación a/c, así mismo incrementa la tasa de absorción.

Tabla 65. Prueba de normalidad.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PATRÓN 7 DÍAS	,226	3	.	,983	3	,751
PATRÓN 14 DÍAS	,267	3	.	,952	3	,578
PATRÓN 28 DÍAS	,262	3	.	,957	3	,600
BRIQUETA 7 DÍAS	,183	3	.	,999	3	,931
10%						
BRIQUETA 14 DÍAS	,267	3	.	,952	3	,578
10%						
BRIQUETA 28 DÍAS	,262	3	.	,957	3	,600
10%						
BRIQUETA 7 DÍAS	,287	3	.	,929	3	,486
15%						
BRIQUETA 14 DÍAS	,274	3	.	,945	3	,546
15%						
BRIQUETA 28 DÍAS	,227	3	.	,983	3	,747
15%						
BRIQUETA 7 DÍAS	,219	3	.	,987	3	,783
20%						
BRIQUETA 14 DÍAS	,343	3	.	,842	3	,220
20%						
BRIQUETA 28 DÍAS	,267	3	.	,951	3	,576
20%						

Fuente: SPSS, Elaboración Propia

La muestra es menor de 50 por lo tanto se utilizará Shapiro-Wilk,

$H_0$ : Los datos presentan una distribución normal

$H_a$ : Los datos no presentan una distribución normal

El p valor de cada uno de los elementos es mayor a 0.05 ( $p > 0.05$ ), por lo tanto, no se presupone la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, que

los datos tienen una distribución normal. Ergo las pruebas para las hipótesis planteadas en la investigación serán paramétricas.



Tabla 66. Prueba T de Student

		Prueba de muestras emparejadas					t	gl	Sig.
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				(bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	PATRON7DÍAS - BRIQUETA7DIAS10				-8,40	3,03			
Par 2	PATRON7DÍAS - BRIQUETA7DIAS15	21,12	3,84	2,21	11,59	30,64	9,54	2	,011
Par 3	PATRON7DÍAS - BRIQUETA7DIAS20	22,77	1,95062	1,13	17,93	27,61	20,22	2	,002
Par 4	PATRON14DIAS - BRIQUETA14DIAS10	-5,73	3,66379	2,12	-14,83	3,37	<b>-2,71</b>	2	,113
Par 5	PATRON14DIAS - BRIQUETA14DIAS15	30,60	3,29242	1,90	22,42119	38,78	16,10	2	,004
Par 6	PATRON14DIAS - BRIQUETA14DIAS20	33,33	2,37	1,37	27,44	39,22	24,34	2	,002
Par 7	PATRON28DIAS - BRIQUETA28DIAS10	-3,53	1,34	,78	-6,87	-,197	<b>-4,55</b>	2	,045
Par 8	PATRON28DIAS - BRIQUETA28DIAS15	38,27	,85	,49	36,15	40,38	77,93	2	,000
Par 9	PATRON28DIAS - BRIQUETA28DIAS20	45,06	1,07858	,62	42,39	47,75	72,37	2	,000

Fuente: SPSS, Elaboración Propia

Hi: La resistencia de la muestra patrón es menor que la resistencia de las briquetas sustituidas al 10%, 15% y 20%

Ho: La resistencia de la muestra patrón no es menor que la resistencia de las briquetas sustituidas al 10%, 15% y 20%

Ha: La resistencia de la muestra patrón es igual o mayor que la resistencia de las briquetas sustituidas al 10%, 15% y 20%

Las pruebas t indican que hay una relación significativa entre la resistencia a la comprensión y la sustitución del cemento por CCDA, en tal sentido:

La comparación entre la rotura a los 7 días del patrón y la sustitución al 10% el valor  $t = -4,80$  y el  $\alpha = 0,041$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias, es decir las medias son distintas de cero, y por tanto las medias de ambas resistencias son significativamente diferentes. Es decir que nuestro estadístico se encuentra en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, se infiere que no se presupone la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación que asegura que la resistencia patrón es menor que la resistencia al 10% de sustitución a los 7 días.

La comparación entre la rotura a los 14 días del patrón y la sustitución al 10% el valor  $t = -2,71$  y el  $\alpha = 0,113$  ( $\alpha > p=0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias, es decir las medias son distintas de cero, y por tanto las medias de ambas resistencias son moderadamente diferentes. Es decir que nuestro estadístico se encuentra en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, se infiere que no se presupone la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación que asegura que la resistencia patrón es menor que la resistencia al 10% de sustitución a los 14 días

La comparación entre la rotura a los 28 días del patrón y la sustitución al 10% el valor  $t = -4,55$  y el  $\alpha = 0,045$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias, es decir las medias son distintas de cero, y por tanto las medias de ambas resistencias son moderadamente diferentes. Es decir que nuestro estadístico se encuentra en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, se infiere que no se presupone la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación que asegura que la resistencia patrón es menor que la resistencia al 10% de sustitución a los 28 días

La comparación entre la rotura a los 7 días del patrón y la sustitución al 15% el valor  $t = 9.54$  y el  $\alpha = 0,011$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias, es decir las medias son distintas de cero, y por tanto las medias de ambas resistencias

son significativamente diferentes. Es decir que nuestro estadístico se encuentra en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, se infiere que no se presupone la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que asegura que la resistencia patrón es mayor que la resistencia al 15% de sustitución a los 7 días.

La comparación entre la rotura a los 14 días del patrón y la sustitución al 15% el valor  $t = 16,10$  y el  $\alpha = 0,04$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias, es decir las medias son distintas de cero, y por tanto las medias de ambas resistencias son significativamente diferentes. Es decir que nuestro estadístico se encuentra en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, se infiere que no se presupone la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que asegura que la resistencia patrón es mayor que la resistencia al 15% de sustitución a los 14 días.

La comparación entre la rotura a los 28 días del patrón y la sustitución al 15% el valor  $t = 77,93$  y el  $\alpha = 0,00$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias, es decir las medias son distintas de cero, y por tanto las medias de ambas resistencias son significativamente diferentes. Es decir que nuestro estadístico se encuentra en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, se infiere que no se presupone la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que asegura que la resistencia patrón es mayor que la resistencia al 15% de sustitución a los 28 días.

La comparación entre la rotura a los 7 días del patrón y la sustitución al 20% el valor  $t = 20,22$  y el  $\alpha = 0,02$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias, es decir las medias son distintas de cero, y por tanto las medias de ambas resistencias son significativamente diferentes. Es decir que nuestro estadístico se encuentra en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, se infiere que no se presupone la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que asegura que la resistencia patrón es mayor que la resistencia al 20% de sustitución a los 7 días.

La comparación entre la rotura a los 14 días del patrón y la sustitución al 20% el valor  $t = 24,34$  y el  $\alpha = 0,02$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias, es decir las medias son distintas de cero, y por tanto las medias de ambas resistencias son significativamente diferentes. Es decir que nuestro estadístico se encuentra en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, se infiere que no se presupone la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que asegura que la resistencia patrón es mayor que la resistencia al 20% de sustitución a los 14 días.

La comparación entre la rotura a los 28 días del patrón y la sustitución al 20% el valor  $t = 72,37$  y el  $\alpha = 0,00$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias, es decir las medias son distintas de cero, y por tanto las medias de ambas resistencias son significativamente diferentes. Es decir que nuestro estadístico se encuentra en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, se infiere que no se presupone la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que asegura que la resistencia patrón es mayor que la resistencia al 20% de sustitución a los 28 días.

Los datos permiten conjeturar que las cenizas de cascarilla de arroz influyen significativamente en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el cemento portland.

## V. DISCUSIÓN

Respecto al objetivo específico 1: determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en el diseño de mezcla del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland.

De acuerdo a la tabla 41, hay una relación significativamente negativa entre el incremento del porcentaje de cenizas de arroz y el asentamiento o Slump, debido a que cuanto más CCDA se añade a la mezcla se pierde la plasticidad del concreto, en razón de lo cual para obtener la plasticidad del diseño original habría que agregarle más agua o en su defecto aplicar un aditivo plastificante para no alterar el diseño, lo que haría variar la cantidad de agua del diseño original, pudiendo afectar la resistencia del concreto. Esto coincide con Santos (2019), que al respecto dice que el Slump, fluidez o plasticidad permite que se aplique adecuadamente el sostenimiento del shotcrete, así como a la cantidad de agua existente a la dosis y calidad de aditivo que debe añadirse al diseño para que conserve sus propiedades y sea eficiente. También con Huánuco K (2017), que al respecto señala que el Slump es una prueba de uniformidad, que influye en la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre el material fino y grueso, que produce una continuidad y desplazamiento natural del concreto inducido por su masa. Así como con Montero (2019), que señala que un incremento en las cenizas de arroz afecta la trabajabilidad, es decir que la trabajabilidad es inversamente proporcional a la cantidad de ceniza sustituida.

Respecto al objetivo específico 2: determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en las dosificaciones del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland.

En las tablas 33, 34, 35 y 36 se observa que al sustituir el cemento parcialmente al 10%, 15% y 20%, por CCDA, la relación agua cemento ( $a/c$ ) disminuye a medida que incrementa el porcentaje de sustitución (relación inversamente proporcional), así mismo dado que el peso específico de la CCDA es considerablemente menor que el peso específico del cemento; una unidad de ceniza ocupa 25 veces más volumen que el cemento. Lo que significa que para humedecer la mezcla se necesitara más cantidad de agua,

en tal sentido se tendrá que modificar la dosis de agua o en su defecto usar un aditivo plastificante que permita no variar la dosificación. Esto se corrobora en la tabla en la tabla 63, donde se observa que el coeficiente de Spearman entre las muestras y la relación agua cemento es 1, es decir que hay una relación significativa entre el incremento de las cenizas de arroz y la relación agua cemento de modo que a medida que incrementa la relación entre a/c disminuye la resistencia del concreto, es decir que hay una relación inversamente proporcional entre la relación a/c y el incremento de la sustitución de CCDA. Esto se asemeja a lo señalado por Riojas (2018), quien señala que a medida que incrementa la relación agua cemento (a/c) se disminuye la resistencia del concreto, esto se evidencia en los resultados obtenidos que indican que: a los 7 días la relación agua cemento 0.7 produce un concreto de 149.75 kg/cm<sup>2</sup>, la relación agua cemento 0.9 produce un concreto de 144.80 kg/cm<sup>2</sup>, la relación agua cemento 1 produce 98.25 kg/cm<sup>2</sup>; a los 14 días la relación a/c de 0.7 produce un concreto de 149.75 kg/cm<sup>2</sup>, la relación a/c de 0.8 produce un concreto de 144.80 kg/cm<sup>2</sup>, con una relación 1 se produce 98.25 kg/cm<sup>2</sup>; a los 28 días, con una relación 0.7 se produce 218.02 kg/cm<sup>2</sup>, con una relación 0.9 se produce 173.40 cm<sup>2</sup> y con una relación 0.9 se produce un resistencia de 120.36 kg/cm<sup>2</sup>. También se asemeja a lo encontrado por Vera (2018), que al respecto indica que el diseño DPEA-01 tuvo un Slump de 6.5", con el diseño DPEA-02 tuvo un Slump de 7.0" y con el diseño DPEA-03 tuvo un Slump de 7.0", concluyendo que al añadir poliestireno expandido a la mezcla, se incrementa el Slump, por lo cual es necesario añadir un aditivo plastificante para optimizar la resistencia.

Respecto al objetivo específico 3: Determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en la resistencia de compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland.

En la tabla 65 de la prueba T de Student se observa que a medida que hay incremento en la sustitución de ceniza disminuye la resistencia de las muestras, así mismo que cuando se incrementan los días de rotura estas diferencias se tornan más evidentes, esto se debe a que la rotura a los 7 días del patrón y la sustitución al 10% el valor  $t = -4,80$  y el  $\alpha = 0,041$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas

resistencias es decir las medias son distintas de cero, se acepta la hipótesis de la investigación que asegura que la resistencia patrón es menor que la resistencia al 10% de sustitución a los 7 días; a los 14 días del patrón y la sustitución al 10% el valor  $t = -2,71$  y el  $\alpha = 0,113$  ( $\alpha > p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias, es decir las medias son distintas de cero, por lo tanto se acepta la hipótesis de la investigación que asegura que la resistencia patrón es menor que la resistencia al 10% de sustitución a los 14 días; a los 28 días del patrón y la sustitución al 10% el valor  $t = -4,55$  y el  $\alpha = 0,045$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias, es decir las medias son distintas de cero se acepta la hipótesis de la investigación que asegura que la resistencia patrón es menor que la resistencia al 10% de sustitución a los 28 días; a los 7 días del patrón y la sustitución al 15% el valor  $t = 9.54$  y el  $\alpha = 0,011$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias, es decir las medias son distintas de cero, y por tanto las medias de ambas resistencias son significativamente diferentes, se acepta la hipótesis alterna que asegura que la resistencia patrón es mayor que la resistencia al 15% de sustitución a los 7 días, a los 14 días del patrón y la sustitución al 15% el valor  $t = 16,10$  y el  $\alpha = 0,04$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias es decir las medias son distintas de cero, y por tanto las medias de ambas resistencias son significativamente diferentes, aceptándose la hipótesis alterna que la resistencia patrón es mayor que la resistencia al 15% a los 14 días; a los 28 días del patrón y la sustitución al 20% el valor  $t = 72,37$  y el  $\alpha = 0,00$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), por lo que se puede afirmar que hay diferencia entre las medias de ambas resistencias es decir las medias son distintas de cero, aceptándose la hipótesis alterna que la resistencia patrón es mayor que la resistencia al 20% a los 28 días. Esto permite conjeturar que a medida que se sustituye el cemento por las cenizas de arroz se decrece la resistencia del concreto, sin embargo, se debe prestar atención que esto ocurre en reemplazo superior al 10%, puesto que como lo indica la tabla 65, hay un cambio de incremento moderado de la resistencia cuando se sustituye a este porcentaje. Esto coincide con Montero (2019), que indica que el porcentaje óptimo de

sustitución de la CCDA por cemento, se da en la sustitución al 10%, alcanzando una resistencia superior a la muestra patrón hasta en un 2.48%, con Ortiz (2108) que encontró que la sustitución de cenizas de arroz al 12% disminuye la resistencia del concreto hasta en un 12%, con Quispe (2018), que encontró que la sustitución óptima del cemento por ceniza de arroz se da al 10% incrementando la resistencia hasta en un 4.96% y sustituciones mayores a esta disminuyen la resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ; también se asemeja en parte a Bocanegra (2021), quien señala que el reemplazo del cemento de un material orgánico por encima del 5% es más recomendable; en sustituciones superiores al 10% de acuerdo a la investigación la resistencia a la compresión tiende a disminuir a medida que se incrementa las CCDA.

Respecto al objetivo general determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas del concreto  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo parcialmente el cemento portland.

En la tabla 63 se observa que el coeficiente de Spearman entre las muestras y la relación agua cemento (1.0) es directamente proporcional, es decir que a medida que se incrementa la cantidad de CCDA se incrementa la proporción de agua cemento ( $a/c$ ), esto de suma importancia dado que la proporción  $a/c$  pues influye significativamente en la resistencia final del concreto, así como la durabilidad del concreto, puesto que cuando se produce la fragua, el producto de la hidratación del cemento no alcanza a cubrir todos los espacios, quedando poros en el concreto, afectando además la permeabilidad del concreto, por lo que se deduce que a mayor relación agua cemento, se producen mayor cantidad de poros, consecuente esto disminuye la vida útil del concreto. Esto se asemeja a lo dicho por Bustamante (2017), que señala que la relación agua cemento ( $a/c$ ) afecta significativamente la permeabilidad, lo que guarda relación además con la penetración del agua bajo presión, por lo tanto la relación agua cemento debe considerarse como una señal de las características de un buen concreto, también se asemeja a lo expresado por Guillermo y Medina (2019), que señalan que la relación agua cemento  $a/c$  tiene influencia sobre la resistencia del concreto, encontrando



que las relaciones a/c de 0.50, 0.55 y 0.65 lograron obtener resistencias de 387 kg/cm<sup>2</sup>, 332 kg/cm<sup>2</sup> y 291 kg/cm<sup>2</sup>.

También en la misma la tabla 63 se observa que la correlación de Spearman es 1.00 y el valor p es mayor de cero ( $p = 0.39$ ), lo que significa que a medida que se incrementa la cantidad de CCDA se incrementa la tasa de absorción.

También en la tabla 65 de la prueba T de Student, se observa que las roturas a los 28 días del patrón y la sustitución al 10% tiene un valor  $t = -4,55$  y el  $\alpha = 0,045$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), lo que significa que hay una influencia moderadamente significativa entre la sustitución al 10% y la resistencia a la comprensión; estos datos demuestran también que la resistencia patrón es menor que la resistencia al 10% de sustitución a los 28 días; también en la misma tabla se observa que la rotura a los 28 días del patrón y la sustitución al 15% el valor  $t = 77,93$  y el  $\alpha = 0,00$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), lo que indica que hay una influencia significativa entre la sustitución al 15% y la resistencia a la comprensión del concreto; estos datos demuestran también que la resistencia patrón es mayor que la resistencia al 15% de sustitución a los 28 días. Así mismo la rotura a los 28 días del patrón y la sustitución al 20% el valor  $t = 72,37$  y el  $\alpha = 0,00$  ( $\alpha < p = 0.05$ ), lo que significa que hay una influencia significativa entre la sustitución de la CCDA al 20% y la resistencia al concreto; estos datos demuestran también que la resistencia patrón es mayor que la resistencia al 20% de sustitución a los 28 días.

Por último, en la tabla 58 se observa que la resistencia promedio en la sustitución al 10% se incrementó en 1.64% respecto a la muestra patrón, sin embargo, se evidencia también que la resistencia fue disminuyendo con el paso de los días de fraguado, manteniendo una mínima diferencia. Esto se asemeja en parte a lo señalado Arévalo y López quienes encontraron que, el porcentaje de adición de 2%, mejora levemente la resistencia a la comprensión en un 0.64%, también se asemeja en parte a lo indicado por Ramos y Sotomayor (2019), quienes señalan que el porcentaje óptimo de sustitución de ceniza por cemento se da a 10%, logrando incrementar la resistencia hasta en un 18%.

Lo anterior permite conjeturar que las sustituciones de cenizas de arroz influyen significativamente en la propiedad mecánica de la resistencia del concreto logrando que en sustituciones al 10% alcance su atómicidad superando moderadamente la resistencia del concreto patrón.

## VI. CONCLUSIONES

Se concluye que las cenizas de cascarilla de arroz influyen significativamente en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo el cemento parcialmente al 10%, 15% y 20%, encontrando que el nivel óptimo de sustitución es al 10% logrando mejorar hasta en 1.64% la resistencia del concreto con sustitución respecto a la resistencia del concreto patrón, sin embargo en sustituciones mayores al 10% la resistencia tiende a disminuir significativamente; en el caso de la sustitución al 15% la disminución promedio es de 17.76% y para la sustitución al 20% la disminución promedio es de 20.92%.

El diseño de la mezcla está determinado por la calidad de los agregados, en ese mismo orden de ideas la prueba de Slump es una de los indicadores de la uniformidad del concreto, que la cantidad de los materiales esté dosificada de forma adecuada de acuerdo a los requerimientos de la resistencia del concreto, en ese sentido las evidencias señalan que a medida que se incrementa la cantidad de CCDA en la mezcla disminuye el Slump, lo que significa que hay una pérdida de plasticidad o trabajabilidad, lo que podría afectar el diseño al añadir más agua para no perder la trabajabilidad, sin embargo esto es manejable si se añadiera un aditivo plastificante, sin embargo no se consideró puesto que se quería demostrar como variaba la resistencia al añadir la CCDA sin modificar el diseño.

Se evidencia que al incrementar la cantidad de CCDA a la mezcla varía la relación agua cemento, por lo que se evidencia una disminución de la plasticidad de la mezcla, que sugería un incremento en la cantidad de agua para mantener la fluidez, sin embargo, no se añadió este elemento puesto que se deseaba conocer la resistencia al concreto sin modificar las dosis, así mismo como ya se mencionó anteriormente, esta situación se puede solucionar añadiendo un plastificante.

Los resultados evidencian que las cenizas de cascarilla de arroz influyen significativamente en la resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

sustituyendo parcialmente el cemento al 10%, 15% y 20%. En ese sentido los resultados demuestran que el porcentaje óptimo de sustitución ocurre al 10%, obteniendo hasta un 1.64% de incremento en la resistencia a la compresión respecto a la muestra patrón. En sustituciones por encima del 10% las evidencias indican que la resistencia tiende a disminuir significativamente.

## VII. RECOMENDACIONES

La investigación propone las siguientes recomendaciones:

Se recomienda que se realicen investigaciones con un nivel diferente de investigación, es decir que se haga en un nivel explicativo, donde se pueda entender mejor qué características de la ceniza de cascarilla de arroz causan un incremento en la resistencia a la comprensión del concreto.

Se recomienda que se realicen tres diseños, para las sustituciones al 10%, 15% y 20%, obteniendo sus respectivas dosificaciones, así como realizarse las pruebas de Slump, los ensayos de resistencia, etc., para tener una mejor comprensión de las diferencias que podría existir entre las sustituciones y como esto puede afectar las propiedades físicas mecánicas del concreto.

Se recomienda hacer pruebas entre 5% y 10% para observar si a medida que se incrementa la sustitución en este rango la resistencia a la comprensión se incrementa paulatinamente, así mismo, se recomienda hacer sustituciones entre 10% y 15% para observar si a medida que se incrementa las sustituciones en este rango la resistencia a la comprensión disminuye paulatinamente.

Se recomienda realizar ensayos de resistencia a la flexión, ensayos resistencia a tracción, puesto que debido a la falta de un laboratorio especializado con precios asequibles no se pudieron realizar, pero servirían para entender mejor la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz y tener la seguridad de que el concreto obtenido con el material sustituido cumple con las especificaciones normativas y técnicas.

Se recomienda que este tipo de proyectos pueda realizarse con la participación de más alumnos para incrementar el nivel de inversión o en su defecto buscar con antelación alguien dispuesto a invertir; lo que daría la posibilidad de realizar una mayor cantidad de pruebas aumentando el nivel de confiabilidad y corroborar o refutar las conclusiones a las que se llegaron en esta investigación.

## REFERENCIAS

ABANTO, Flavio. Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas), Lima – Perú. 2009.

BOCANEGRA, Cesar. Sustitución de 5 y 10% de cemento por ceniza de tusa de maíz en la resistencia a la compresión de un mortero. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad San Pedro. 20'18. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5480>

CASTO, Sergio. Responsabilidad de la ingeniería civil frente al impacto ambiental negativo por la ejecución de obras de infraestructura. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad Militar Nueva Granada. 2020. 4-28. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36950/CastroVargasSergioGiovanny2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CHERRE, Daniel. Influencia de las cenizas de rastrojo de maíz sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de  $F'c=210\text{kg/cm}^2$ . Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Piura. 2019. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2201>

GUERRERO, Sergio. Ceniza de bagazo de caña de azúcar en el concreto. Exploración preliminar del potencial de uso de la ceniza del valle del Chira. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4609>

HARNSEM, Teodoro. Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Universidad Católica del Perú. 2002. Fondo editorial. Volumen 2. Tercera Edición. <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/disenode-estructuras-de-concreto-harmsen.pdf>

HIDALGO, Samantha. Evaluación de la reactividad puzolánica de la ceniza de paja de arroz. Universitat Politècnica De València. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil. <https://www.masterenhormigon.com/images/TFM/SEHA.pdf>

HIDALGO, S.; SORIANO, L.; MONZÓ, J.; PAYÁ, J.; FONT, A.; BORRACHERO, M.V. Evaluation of Rice Straw Ash as a Pozzolanic Addition in Cementitious Mixtures. Appl. Sci. 2021, 11, 773. <https://doi.org/10.3390/app11020773>

HOSSAIN, M. M., Karim, M. R., HASAN, M. K., ZAIN, M. F. M. Durability of mortar and concrete made up of pozzolans as a partial replacement of cement: A review. Construction and Building Materials. 2016. 116:128-140. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat>.

HUALANCHO, Juan. Utilización de cepa de plátano, como adición en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto en nuevo Chimbote - Santa – Ancash. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3403>

HÚANUCO, K. *Evaluación De La Trabajabilidad Y La Resistencia A La Compresión Del Concreto De 210° Reforzado Con Fibra De Lechuguilla* (Tesis De Pregrado). Universidad De Huánuco. Huánuco-Perú. Trabajo de grado para obtener el título de ingeniero civil. 2017. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/672;jsessionid=F984AABE22B8F1341B57342ACA390530>

HUAQUISTO, Samuel y QUENTA, Darwin. Resistencia del concreto con inclusión de ceniza. Journal of Research and Innovation in Civil Engineering. Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú. Trabajo de investigación para

obtener el título de ingeniero civil 2021. (1).  
<https://revistas.unam.edu.pe/index.php/jrice/article/download/65/48/>

HUAQUISTO CACERES, Samuel y BELIZARIO QUISPE, Germán. Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. Rev. investig. Altoandin. [online]. 2018, vol.20, n.2. <[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2313-29572018000200007&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572018000200007&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 2313-2957. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.366>.

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C. Avances en la tecnología del concreto. Revista Construcción y Tecnología. 2000. <http://www.imcyc.com/revista/2000/octubre2000/concreto.htm>

JONGPRADIST, Pornkasem; HOMTRAGOON, Watee; SUKKARAK, Raksiri; KONGKITKUL, Warat and JAMSAWANG, Pitthaya. Efficiency of Rice Husk Ash as Cementitious Material in High-Strength Cement-Admixed Clay. Hindawi. Advances in Civil Engineering 2018.2-17. <https://doi.org/10.1155/2018/8346319>

MAILYAN, L.R.; BESKOPYLNY, A.N.; MESKHI, B.; STEL'MAKH, S.A.; SHCHERBAN, E.M.; ANANOVA, O. Optimization of Composition and Technological Factors for the Lightweight Fiber-Reinforced Concrete Production on a Combined Aggregate with an Increased Coefficient of Structural Quality. Appl. Sci. 2021, 11, 7284. <https://doi.org/10.3390/app11167284>

MONTERO, Segundo. 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. Trabajo de investigación para obtener el título de ingeniero civil 2019. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8066>



- MORY, Wuelmer. Efecto de la incorporación de las cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas. Trabajo de investigación para obtener el título de ingeniero civil. Universidad de Piura. 2020. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4476>
- NIÑO, Jairo. Tecnología del concreto – Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas. Tomo 1. Tercera edición. ASOCRETO. 2010
- NOOR-UL-AMIN, S. A multi-directional utilization of different ashes. Royal Society of Chemistry Advances. 2014. 4(107):62769–62788. <https://doi.org/10.1039/C4RA06568A>
- PASQUEL, Enrique. Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Colegio de Ingenieros del Peru. 1998. <https://issuu.com/jj1989/docs/145311372-topicos-de-tecnologia-de->
- PÉREZ, Juan. Resistencia a la comprensión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, sustituyendo el cemento por 10% de ceniza de tusa de maíz y 5% de ceniza de cola de caballo porcentajes para las edificaciones en la ciudad de Chiclayo. Trabajo de investigación para obtener el título de ingeniero civil. 2018. [http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7976/Tesis\\_58443.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7976/Tesis_58443.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- PRASARA-A, J., GHEEWALA, S. H. Sustainable utilization of rice husk ash from power plants: A review. Journal of Cleaner Production. 2017. 167:1020-1028. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.042>
- REYES A. Fernando Análisis comparativo de peso y resistencia a la compresión entre hormigón tradicional y hormigón alternativo fabricado con agregados naturales. Universidad Técnica de Machala Trabajo de investigación para obtener el título de ingeniero civil. 2019. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15019>

- RIVVA, Enrique. Tecnología del concreto: Diseño de Mezclas. 1992.  
<https://es.slideshare.net/FredrafuEnrifer/diseño-demezclasenrriquerivvalopez>
- ROMERO, Laidy y VEGA, María. Estudio del efecto en diferentes cantidades de fibra de Vástago de plátano en propiedades físico - mecánicas del concreto hidráulico para pavimento. Trabajo de grado para obtener el título de ingeniero civil. 2018.  
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5746>
- SANTOS, Wilder. Importancia del slump en la resistencia de concreto lanzado por la E.E Robocon SAC en la Mina Chungar Compañía Minera Glencore Group SAC. Trabajo de grado para obtener el título de ingeniero civil. Universidad Nacional del Centro del Perú. 2019.  
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6513>
- UKRAINCZYK, N., VRBOS, N., KOENDERS, E. A. Reuse of Woody Biomass Ash Waste in Cementitious Materials. Chemical and Biochemical Engineering Quarterly. 2016. 30(2):137-148.  
<http://dx.doi.org/10.15255/CABEQ.2015.2231>
- VERA, Isau. Diseño de un concreto liviano con Poliestireno expandido para la ejecución de losas en el Asentamiento Humano Amauta - Ate - Lima Este. Trabajo de grado para obtener el título de ingeniero civil. .2018.  
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1636>
- ZAJAC, G., SZYSZLAK-BARGŁOWICZ, J., GOŁEBIOWSKI, W., SZCZEPANIK, M. Chemical Characteristics of Biomass Ashes. Energies. 2018. 11(11):2-15. <https://doi.org/10.3390/en11112885>

## ANEXOS

### Anexo 1 – Aspectos administrativos

Recursos y presupuestos

<b>Rubros</b>	<b>Aporte no monetario</b>
Equipos y bienes duraderos	Laptops, proyector, mesas, sillas, escritorio, mochilas, movilidad (moto)
Recursos humanos	Se emplearon 3 horas diarias de lunes a viernes y 8 horas los sábados y domingos.
Materiales e insumos, asesorías especializadas y servicios, gastos operativos	Agregados, agua.
<b>Rubros</b>	<b>Consultas con especialistas.</b>
Equipos y bienes duraderos	Aporte no monetario
Recursos humanos	Laptops, proyector, mesas, sillas, escritorio, mochilas, movilidad (moto)
Materiales e insumos, asesorías especializadas y servicios, gastos operativos	Se emplearon 3 horas diarias de lunes a viernes y 8 horas los sábados y domingos.
<b>Rubros</b>	<b>Aporte monetario</b>
Equipos y bienes duraderos	No se hizo uso de equipos que incurrieran costos.
Recursos humanos	No se tuvieron gastos en este rubro.
	Refrigerios: 100.00
	Movilidad: 100.00
	Ceniza: 30.00
Materiales e insumos, asesorías especializadas y servicios, gastos operativos	Cemento: 90.00
	Alquiler de equipos: 250.00
	Probetas certificadas: 400.00
	Costo laboratorio. 1500.00
	<b>Total: S/. 2470.00</b>

#### Financiamiento:

Autofinanciamiento



### Anexo 3 – Matrices

Tabla 67. Matriz de consistencia: Análisis de las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland por cenizas de cascarilla de arroz.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<b>GENERAL</b> ¿Cuál es la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland	<b>GENERAL</b> Determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland	<b>GENERAL</b> Las cenizas de cascarilla de arroz influyen significativamente en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland	<b>INDEPENDIENTES</b> Cenizas de cascarilla de arroz
<b>ESPECÍFICOS</b> ¿Cuál es la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en el diseño de mezcla del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland ¿Cuál es la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en las dosificaciones del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland	<b>ESPECÍFICOS</b> Determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en el diseño de mezcla del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland Determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en las dosificaciones del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland	<b>ESPECIFICAS</b> Las cenizas de cascarilla de arroz influyen significativamente en el diseño de mezcla del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland Las cenizas de cascarilla de arroz influyen significativamente en las dosificaciones del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland	<b>DEPENDIENTES</b>  Propiedades mecánicas  <b>Dimensiones</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de mezclas</li> <li>• Dosificaciones</li> <li>• Resistencia a la compresión</li> </ul>
Cuál es la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en la resistencia de compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland	Determinar la influencia de las cenizas de cascarilla de arroz en la resistencia de compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland	Las cenizas de cascarilla de arroz influyen significativamente en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup> sustituyendo parcialmente el cemento portland	

Tabla 68. Matriz de operacionalización

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones e indicadores		Medición
			Dimensiones	Indicadores	
<b>Variable dependiente</b>  <b>propiedades mecánicas del concreto</b> <b><math>f'c=210</math></b> <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Son aquellas propiedades que confieren a los concretos sus características peculiares, tales como resistencia a la tensión y a la comprensión, módulo de elasticidad, J., Cárdenas Pulido, J., & Aperador, W. (2017).	Son fundamentales cuando se necesita diseñar y calcular los elementos estructurales de concreto.	Diseño de mezcla del concreto $f'c = 210$ kg/cm <sup>2</sup>	Granulometría	Módulo de finura
				Módulo de finura de la arena	
				Tamaño máximo de la grava	Tamizado
				Densidad aparente de la grava y de la arena.	Peso del contenedor entero (g) V: volumen del contenedor (l)
				Absorción del agrava y de la arena	%
				Masa unitaria compacta de la grava.	Cantidad de material contenida en un metro cúbico de concreto fresco (Kg/m <sup>3</sup> )
				Humedad de los agregados inmediatamente antes de hacer las mezclas	% de humedad
				Densidad del cemento.	Kg(M <sup>3</sup> )
			Dosificaciones del concreto	Cantidad de cemento	Kg

			f'c = 210 kg/cm2	Cantidad de arena	Kg
				Cantidad de piedra	Pulgadas
				Cantidad de hormigón	Kg
				Cantidad de agua	Litros
			Resistencia de compresión del concreto f'c=210 kg/cm2	Capacidad para soportar una carga	kg/cm2
<b>Cenizas de cascarilla de arroz</b>	Es el material de desecho de las actividades agrícolas (restos del cultivo de arroz) siendo el 20% de la producción mundial de arroz, lo que constituyó a 700 millones de toneladas en el 2011. Bajo condiciones de combustión controladas (entre 400-900 °C de temperatura), la cual se utilizó como materia prima	Como sustituto del cemento, puede mejorar las propiedades mecánicas del concreto, y reducir los costos de producción.	Granulometría	Tamaño de las partículas	Granulometría a laser % acumulado pasante
			Composición química	Presencia de: SiO <sub>2</sub> K <sub>2</sub> O CaO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MgO MnO	% en Peso

	<p>para la obtención de sílice amorfa, la cual posee características puzolánicas, puesto que contiene silicatos, bicálcicos tricálcicos, que posee el cemento. (Mattey et al.,2015)</p>				
--	---	--	--	--	--



## Anexo 4 – Análisis granulométrico



# LEM-LA ROCA E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD  
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE CONCRETO F'c 210 KG/ CM2

RESULTADOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO SARANDEADO

NTP 400.037 o ASTM C 33..

DATOS DE LA MUESTRA						
Procedencia del agregado:	Cantera Sojo		Nº de solicitud :	LEM 53799		
Tipo de agregado:	Agregado grueso		Código de muestra :	LEM 2876664		
Solicitante:	Angel Enrique González Chávez		Fecha de ensayo:	15/ 01/ 2022		
Malla	Pulgada	Abertura mm	Masa retenida (gr)	% retenido Parcial	% retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
11/2"	1.5	38.1	0	0	0	100
1"	1	25.4	0	0	0	100
3/4	0.75	19	144.68	4.5	4.5	95.5
1/2	0.5	12.7	919.49	28.6	33.1	66.9
3/8	0.375	9.51	697.66	21.7	54.8	45.2
Nº 4	0.187	4.76	491.90	15.3	70.1	29.9
Nº 8	0.0937	2.38	430.81	13.4	83.5	16.5
Nº 16	0.0469	1.19	231.48	7.2	90.7	9.3
Nº 30	0.0234	0.595	299.00	9.3	100	0
Nº50	0.0117	0.297	0	0	100	0
Recipiente			0	0		0
<b>Total</b>			<b>3215</b>	<b>100</b>		

AGREGADO GRUESO SARANDEADO		
Tam. Máx. Nominal	3/4"	19.05 mm
Peso Especifico	2.656	TN/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado (NTP 400.07)	1.701	TN/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1.653	TN/m <sup>3</sup>
Absorción	1.00	%
Humedad	0.90	%



  
César Augusto Cherre Morales  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495

CAL. ZARUMILLA Nº 102 BAR. LETICIA PIURA – SULLANA – SULLANA  
CEL 916 315 561 - 973 383 711 – 073539706 – Email: lem-laroca@hotmail.com

## Anexo 5 – Análisis granulométrico agregado fino



# LEM-LA ROCA E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD  
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

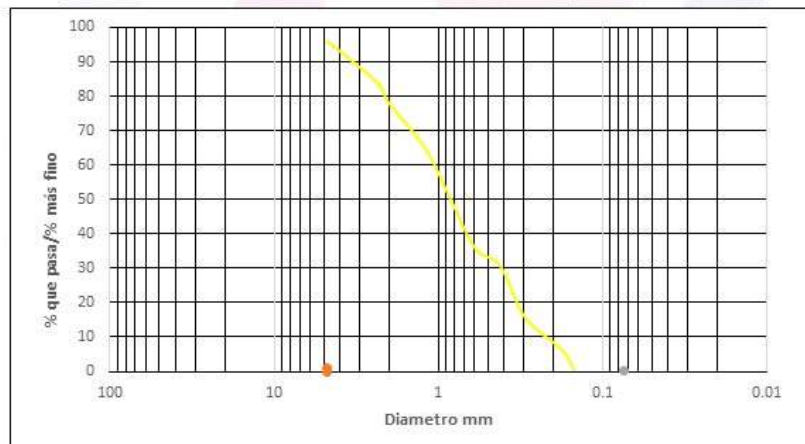
EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE CONCRETO F' C 210 KG/ CM2

RESULTADOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO

NORMA ASTM C – 136. 1 NTP 400.012 PERUANA 2013

DATOS DE LA MUESTRA						
Procedencia del agregado:	Cantera Sojo		Nº de solicitud :	LEM 53799		
Tipo de agregado:	Agregado fino natural		Código de muestra :	LEM 2876663		
Solicitante:	Angel Enrique González Chávez		Fecha de ensayo:	15/01/ 2022		
Malla	Pulgada	Abertura mm	Masa retenida (gr)	% retenido Parcial	% retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
4	0.187	4.76	95.76	3.8	3.9	96.1
8	0.0937	2.38	299.88	11.9	15.8	84.2
10	0.0787	2	156.24	6.2	22	78
16	0.0469	1.19	337.68	13.4	35.4	64.6
20	0.0331	0.841	367.92	14.6	50	50
30	0.0234	0.595	357.84	14.2	64.2	35.8
40	0.0165	0.42	128.52	5.1	69.3	30.7
50	0.0117	0.297	375.48	14.9	84.2	15.8
80	0.007	0.177	239.4	9.5	93.7	6.3
100	0.0059	0.149	146.16	5.8	99.5	0.5
Recipiente			15.12	0.6	100	0
<b>Total</b>			<b>2520</b>	<b>100</b>		

AGREGADO FINO		
Peso Especifico	2.627	TN/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado (NTP 400.07)	1.750	TN/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Suelto	1.670	TN/m <sup>3</sup>
Absorción	1.00	%
Humedad	1.20	%
Módulo de Fineza (ASTM C29)	3.03	



  
César Augusto Cherre Morales  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495

CAL. ZARUMILLA Nº 102 BAR. LETICIA PIURA – SULLANA – SULLANA  
CEL 916 315 561 - 973 383 711 – 073539706 – Email: lem-laroca@Hotmail.com

## Anexo 6 – Análisis granulométrico del cemento



# LEM-LA ROCA E.I.R.L.

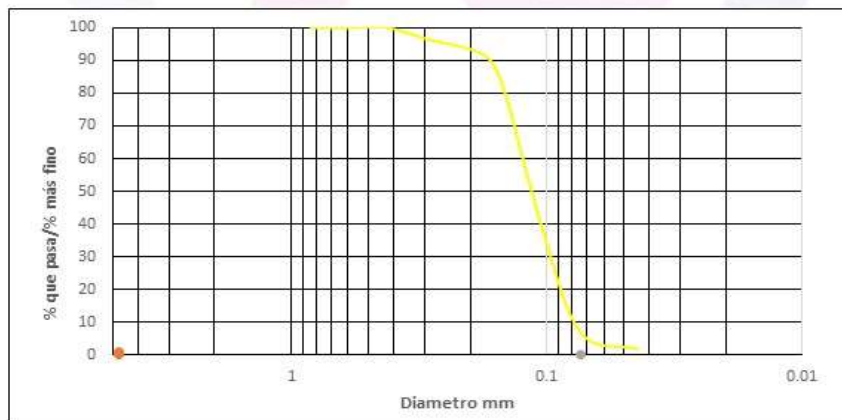
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD  
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE CONCRETO F' C 210 KG/ CM2

RESULTADOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL CEMENTO

DATOS DE LA MUESTRA						
Procedencia del agregado:	Cantera Sojo	Nº de solicitud :	LEM 53799			
Tipo de agregado:	Agregado fino natural	Código de muestra :	LEM 2876663			
Solicitante:	Angel Enrique González Chávez	Fecha de ensayo:	15/01/ 2022			
Malla	Pulgada	Abertura mm	Masa retenida (gr)	% retenido Parcial	% retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado
20	0.0331	0.841	0	0	0	100
30	0.0234	0.595	0	0	0	100
40	0.0165	0.42	0.00	0	0	100
50	0.0117	0.297	119.00	3.4	3.4	96.6
80	0.007	0.177	168.00	4.8	8.2	91.8
100*	0.0059	0.149	336.00	9.6	17.8	82.2
140	0.0041	0.105	1494.50	42.7	60.5	39.5
200	0.0029	0.074	1134.00	32.4	92.9	7.1
325	0.0017	0.044	182.00	5.2	98.1	1.9
Recipiente			66.5	1.9	100	0
		<b>Total</b>	<b>3500</b>	<b>100</b>		

CEMENTO PÓRTLAND	
TIPO MS	PACASMAYO
Peso Especifico	3.15 gr/cm <sup>3</sup>



  
César Augusto Cherre Morales  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495

CAL. ZARUMILLA Nº 102 BAR. LETICIA PIURA – SULLANA – SULLANA  
CEL 916 315 561 - 973 383 711 – 073539706 – Email: lem-laroca@hotmail.com

## Anexo 7 – Análisis del Slump



**LEM-LA ROCA E.I.R.L.**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD  
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F' C 210  
KG/ CM2 SLUMP

MTC E 705 – ASTM C 143- AASHTO T 119

Slump muestra patrón	
Ensayo	Slump
1	$3\frac{3}{4}$ "
2	$4\frac{1}{4}$ "
3	$4\frac{1}{8}$ "
4	$3\frac{7}{8}$ "
Total promedio	4"
Slump de la obra	4"

Slump sustitución al 10%	
Ensayo	Slump
1	$4\frac{1}{4}$ "
2	4"
3	$4\frac{1}{8}$ "
4	4"
Total promedio	4.1"
Slump de la obra	4"

Slump sustitución al 15%	
Ensayo	Slump
1	$3\frac{7}{8}$ "
2	$3\frac{5}{8}$ "
3	$3\frac{1}{4}$ "
4	$3\frac{7}{8}$ "
Total promedio	3.51"
Slump de la obra	3.51"

Slump del ensayo	
Ensayo	Slump
1	$3\frac{1}{4}$ "
2	$3\frac{1}{8}$ "
3	$3\frac{1}{4}$ "
4	$3\frac{1}{4}$ "
Total promedio	3.2"
Slump de la obra	3.2"

.....  
CÉSAR A. CHERRE MORALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495



CAL. ZARUMILLA Nº 102 BAR. LETICIA PIURA – SULLANA – SULLANA  
CEL 916 315 561 - 973 383 711 – 073539706 – Email: lem-laroca@Hotmail.com



## Anexo 8 – Ensayos sobre resistencia a la compresión



**LEM-LA ROCA E.I.R.L.**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD  
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

### EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'c 210 KG/ CM2 - PATRÓN

NTE INEN 1855-2 y ASTM C39/C39M-18

DISEÑO 01 : DISEÑO f <sub>c</sub> 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PATRÓN A LOS 7 DIAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
1	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	21359.00	151.40	f <sub>c</sub> = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
2	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	20022.24	154.30	f <sub>c</sub> = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
3	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	18514.40	146.80	f <sub>c</sub> = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
Resistencia promedio								150.83	

DISEÑO 01 : DISEÑO f <sub>c</sub> 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PATRÓN A LOS 14 DIAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
4	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	21359.00	169.20	f <sub>c</sub> = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
5	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	20022.24	171.70	f <sub>c</sub> = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
6	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	18514.40	172.80	f <sub>c</sub> = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
Resistencia promedio								171.23	

DISEÑO 01 : DISEÑO f <sub>c</sub> 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PATRÓN A LOS 28 DIAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
7	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	30246.83	214.40	f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
8	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	27989.61	215.70	f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
9	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	27279.74	216.30	f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
Resistencia promedio								215.47	

.....  
CÉSAR A. CHERRE MORALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495

CAL. ZARUMILLA Nº 102 BAR. LETICIA PIURA – SULLANA – SULLANA  
CEL 916 315 561 - 973 383 711 – 073539706 – Email: lem-laroca@Hotmail.com



# LEM-LA ROCA E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD  
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

## EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'c 210 KG/ CM2 SUSTITUCIÓN AL 10%

NTE INEN 1855-2 y ASTM C39/C39M-18

DISEÑO 01 : DISEÑO Fc 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 10% A LOS 7 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSION (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
10	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	13891.42	160.80	fc = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
11	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	12972.66	159.30	fc = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
12	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	12676.94	157.60	fc = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
Resistencia promedio								159.23	

DISEÑO 01 : DISEÑO Fc 210 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 10% A LOS 14 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSION (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
13	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	13891.42	178.40	fc = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
14	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	12972.66	177.80	fc = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
15	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	12676.94	174.70	fc = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
Resistencia promedio								176.97	

DISEÑO 01 : DISEÑO Fc 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 10% A LOS 28 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSION (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
16	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	30825.25	218.50	fc = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
17	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	28573.54	220.20	fc = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
18	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	27531.98	218.30	fc = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
Resistencia promedio								219.00	

.....  
CÉSAR A. CHERRE MORALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495



César Augusty Cherre Morales  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495

CAL. ZARUMILLA Nº 102 BAR. LETICIA PIURA – SULLANA – SULLANA  
CEL 916 315 561 - 973 383 711 – 073539706 – Email: lem-laroca@Hotmail.com



# LEM-LA ROCA E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD  
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'c 210  
KG/ CM2 – SUSTITUCIÓN AL 15%  
NTE INEN 1855-2 y ASTM C39/C39M-18

DISEÑO 01 : DISEÑO f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 15% A LOS 7 DÍAS									
CODIGO	DISEÑO	UBICACION	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	AREA cm <sup>2</sup>	TENSION (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
19	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	11861.42	133.04	fc = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
20	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	10942.66	128.80	fc = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
21	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	10646.94	127.30	fc = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>129.71</b>	

DISEÑO 01 : DISEÑO f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 15% A LOS 14 DÍAS									
CODIGO	DISEÑO	UBICACION	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	AREA cm <sup>2</sup>	TENSION (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
22	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	20089.31	142.40	fc = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
23	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	18075.81	139.30	fc = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
24	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	17682.01	140.20	fc = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>140.63</b>	

DISEÑO 01 : DISEÑO f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 15% A LOS 28 DÍAS									
CODIGO	DISEÑO	UBICACION	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	AREA cm <sup>2</sup>	TENSION (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
25	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	24801.27	175.80	fc = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
26	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	23149.50	178.40	fc = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
27	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	10/03/22	7	81.2	22373.67	177.40	fc = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
<b>Resistencia promedio</b>								<b>177.20</b>	

  
César Augusto Cherre Morales  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495

.....  
**CÉSAR A. CHERRE MORALES**  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495

CAL. ZARUMILLA Nº 102 BAR. LETICIA PIURA – SULLANA – SULLANA  
CEL 916 315 561 - 973 383 711 – 073539706 – Email: lem-laroca@hotmail.com





# LEM-LA ROCA E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD  
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F'c 210  
KG/ CM2 – SUSTITUCIÓN AL 20%  
NTE INEN 1855-2 y ASTM C39/C39M-18

DISEÑO 01 : DISEÑO f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 20% A LOS 7 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
28	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	18057.81	128.30	fc = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
29	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	16838.12	129.76	fc = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
30	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	15906.23	126.12	fc = 147 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
Resistencia promedio								128.06	

DISEÑO 01 : DISEÑO f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 20% A LOS 14 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSIÓN (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
31	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	19539.12	138.50	fc = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
32	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	17699.51	136.40	fc = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
33	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/22	17/02/22	7	81.2	17505.44	138.80	fc = 170 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
Resistencia promedio								137.90	

DISEÑO 01 : DISEÑO f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUSTITUCIÓN DE CENIZA AL 20% A LOS 28 DÍAS									
CÓDIGO	DISEÑO	UBICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ÁREA cm <sup>2</sup>	TENSION (Kg)	RESULTADOS (Kg/cm <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
34	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/2022	10/03/2022	7	81.2	23997.14	170.10	fc = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
35	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/2022	10/03/2022	7	81.2	21981.64	169.40	fc = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
36	DISEÑO 01	LABORATORIO	10/02/2022	10/03/2022	7	81.2	21654.79	171.70	fc = 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días
Resistencia promedio								170.40	

César Augusto Cherre Morales  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495

.....  
CÉSAR A. CHERRE MORALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495

CAL. ZARUMILLA Nº 102 BAR. LETICIA PIURA – SULLANA – SULLANA  
CEL 916 315 561 - 973 383 711 – 073539706 – Email: lem-laroca@hotmail.com



## Anexo 9 – Ensayos de absorción



**LEM-LA ROCA E.I.R.L.**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES - CONTROL DE CALIDAD  
MANTENIMIENTO DE OBRAS CIVILES

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO F' C 210  
KG/ CM2 – ENSAYOS DE ABSORCIÓN CAPILAR  
NTP 339.187.2003 – ASTM C 642


Briqueta	% de ceniza	Relación a/c	Masa posterior a la inmersión (3h)	Masa después del secado, previo inmersión	Tasa de absorción (S) [g/cm <sup>2</sup> *h <sup>1/2</sup> ]
Patrón	0%	0.58	977.6	921.3	0.35
Patrón	0%	0.58	978.7	920.4	0.36
Briqueta 1	10%	0.64	987.4	921.4	0.41
Briqueta 1	10%	0.64	991.8	922.7	0.43
Briqueta 2	15%	0.68	999.2	923.1	0.47
Briqueta 2	15%	0.68	999.7	921.8	0.48
Briqueta 3	20%	0.72	1009.1	922.6	0.53
Briqueta 3	20%	0.72	1010.8	921.3	0.55

César Augusto Cherre Morales  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495

.....  
CÉSAR A. CHERRE MORALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 72495

CAL. ZARUMILLA Nº 102 BAR. LETICIA PIURA – SULLANA – SULLANA  
CEL 916 315 561 - 973 383 711 – 073539706 – Email: lem-laroca@hotmail.com

## Anexo 10 – Certificados de verificación de moldes para muestras



**METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.**

# METAUT

### CERTIFICADO DE VERIFICACION

### LLA-MC4P-099-22

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

<b>EQUIPO</b>	Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico	<b>FABRICANTE</b>	METAUT
<b>MODELO</b>	---	<b>N° SERIE</b>	---


**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022  
**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

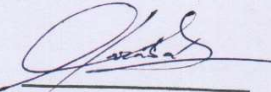
**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**  
Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL  
La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido	Diam. Prom. (mm)					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 25%;">101.68</td><td style="width: 25%;">101.69</td><td style="width: 25%;">101.67</td><td style="width: 25%;">101.70</td></tr></table>	101.68	101.69	101.67	101.70	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 100%;">101.69</td></tr></table>	101.69
101.68	101.69	101.67	101.70			
101.69						
Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)						
Altura Medido	Altura Prom. (mm)					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 25%;">203.19</td><td style="width: 25%;">203.23</td><td style="width: 25%;">203.34</td><td style="width: 25%;">203.59</td></tr></table>	203.19	203.23	203.34	203.59	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td style="width: 100%;">203.34</td></tr></table>	203.34
203.19	203.23	203.34	203.59			
203.34						
Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)						

Observaciones:  
Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados





**STALIN OLAZABAL TREJO**  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 – 949746864 | E-MAIL [servicios@metaut.com](mailto:servicios@metaut.com) - [ventas@metaut.com](mailto:ventas@metaut.com)  
[WWW.METAUT.COM](http://WWW.METAUT.COM)



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

**METAUT**

**CERTIFICADO DE VERIFICACION**

**LLA-MC4P-098-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** --- **N° SERIE** ---

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.77	101.66	101.62	101.71
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.69

Altura Medido

203.18	203.14	203.21	203.57
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.28

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

METAUT

CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-097-22

Pag. 1 de 1

CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

EQUIPO Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico FABRICANTE METAUT  
MODELO ---- N° SERIE ----

F. VERIFICACIÓN : 22-02-2022  
F. Prox. VERIFICACIÓN : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL  
La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.77	101.61	101.65	101.72
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.

(mm)

101.69

Altura Medido

203.19	203.14	203.23	203.54
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.

(mm)

203.28

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 - 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

METAUT

CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-096-22

Pag. 1 de 1

CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

EQUIPO Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico FABRICANTE METAUT  
MODELO ---- N° SERIE ----

F. VERIFICACIÓN : 22-02-2022

F. Prox. VERIFICACIÓN : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.74	101.63	101.62	101.68
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.67

Altura Medido

203.21	203.12	203.14	203.43
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.23

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 - 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

METAUT

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-095-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** --- **N° SERIE** ---

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.71	101.61	101.60	101.67
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.65
--------

Altura Medido

203.22	203.18	203.12	203.49
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.25
--------

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 - 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

METAUT

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-094-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** ---- **N° SERIE** ----

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.74	101.63	101.56	101.61
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.64

Altura Medido

203.18	203.32	203.17	203.55
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.31

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



  
STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 - 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

METAUT

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-093-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** --- **N° SERIE** ---

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX

Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.70	101.68	101.51	101.63
--------	--------	--------	--------

Diam. Prom.  
(mm)

101.63
--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Altura Medido

203.12	203.27	203.12	203.58
--------	--------	--------	--------

Altura Prom.  
(mm)

203.27
--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



  
STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 - 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

**METAUT**

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-092-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** --- **N° SERIE** ---

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.66	101.67	101.49	101.61
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.61

Altura Medido

203.18	203.21	203.18	203.53
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.28

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

**METAUT**

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-091-22**

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

Pag. 1 de 1

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** --- **N° SERIE** ---

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022  
**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL  
La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.64	101.61	101.51	101.64
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)  
101.60

Altura Medido

203.22	203.22	203.11	203.42
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)  
203.24

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



**STALÍN OLAZABAL TREJO**  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 - 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.  
**METAUT**

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-090-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** ---- **N° SERIE** ----

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.64	101.62	101.53	101.69
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.62

Altura Medido

203.28	203.28	203.18	203.48
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.31

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



  
STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

**METAUT**

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-089-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** --- **N° SERIE** ---

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.70	101.69	101.53	101.70
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.66

Altura Medido

203.15	203.21	203.22	203.60
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.30

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



  
STALÍN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

METAUT

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-088-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** ---- **N° SERIE** ----

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.70	101.62	101.59	101.71
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.66

Altura Medido

203.10	203.21	203.26	203.20
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.19

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.  
**METAUT**

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-087-22**

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

Pag. 1 de 1

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** --- **N° SERIE** ---

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL  
La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.60	101.61	101.59	101.71
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.63

Altura Medido

203.10	203.22	203.25	203.21
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.20

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



  
STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 - 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

METAUT

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-122-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** --- **N° SERIE** ---

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.64	101.60	101.77	101.71
--------	--------	--------	--------

Diam. Prom.

(mm)

101.68

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Altura Medido

203.26	203.26	203.37	203.77
--------	--------	--------	--------

Altura Prom.

(mm)

203.42

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

METAUT

CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-100-22

Pag. 1 de 1

CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

EQUIPO Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico FABRICANTE METAUT  
MODELO --- N° SERIE ---

F. VERIFICACIÓN : 22-02-2022

F. Prox. VERIFICACIÓN : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.65	101.68	101.63	101.74
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.68

Altura Medido

203.13	203.21	203.43	203.63
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

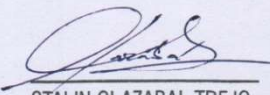
Altura Prom.  
(mm)

203.35

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados





STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 - 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

METAUT

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-102-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** ---- **N° SERIE** ----

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.59	101.64	101.62	101.71
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.64
--------

Altura Medido

203.21	203.24	203.47	203.69
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.40
--------

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



  
STALÍN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 - 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.  
**METAUT**

**CERTIFICADO DE VERIFICACION**  
**LLA-MC4P-105-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** ---- **N° SERIE** ----

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.64	101.66	101.67	101.76
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.68

Altura Medido

203.22	203.24	203.38	203.59
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.36

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685





METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

METAUT

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-104-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** ---- **N° SERIE** ----

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.62	101.63	101.67	101.72
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.66
--------

Altura Medido

203.25	203.24	203.46	203.67
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.41
--------

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



  
STALIN OLAZABAL TREJO  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
C.I.P. N° 182685



METROLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN S.R.L.

METAUT

**CERTIFICADO DE VERIFICACION  
LLA-MC4P-103-22**

Pag. 1 de 1

**CLIENTE : ANGEL ENRIQUE GONZÁLES CHÁVEZ**

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO:**

**EQUIPO** Molde para Concreto de 4" x 8" Plastico **FABRICANTE** METAUT  
**MODELO** ---- **N° SERIE** ----

**F. VERIFICACIÓN** : 22-02-2022

**F. Prox. VERIFICACIÓN** : 22-08-2022

**INFORMACION DEL INSTRUMENTO PATRON:**

Pie de Rey de 300 mm Prec. 0.01 mm Mitutoyo - Japones Mod. CDN-P12" PMX  
Serie 0003131 Calibrado FA-0203-2021 - INACAL

La Verificación se realizó por medición directa Siguiendo los parámetros de fabricación  
indicados según la Norma ASTM C192, C31, C470, AASHTO R 39, T 23

**MEDICIÓN DEL INSTRUMENTO:**

Diam. Interior Medido

101.59	101.65	101.64	101.69
--------	--------	--------	--------

Diametro Normado 101.6 +/- 1.5875 mm (4" +/- 1/16 in)

Diam. Prom.  
(mm)

101.64

Altura Medido

203.25	203.22	203.43	203.66
--------	--------	--------	--------

Altura Normada 203.2 +/- 1.5875 mm (8" +/- 1/4" in)

Altura Prom.  
(mm)

203.39

Observaciones:

Instrumento se encuentra dentro de los parámetros de fabricación Normados



STALIN OLAZABAL TREJO

INGENIERO ELECTRÓNICO

C.I.P. N° 182685

JR. ANDRES RAZURI N° 242 - PACASMAYO - PACASMAYO - LA LIBERTAD  
CELULAR 999934038 - 949746864 | E-MAIL servicios@metaut.com - ventas@metaut.com  
WWW.METAUT.COM