



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## **FACULTAD DE INGENIERÍA y ARQUITECTURA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Influencia de ceniza de cáscara de arroz en pavimento rígido diseñado con concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Magllanal, Jaén, 2022.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

#### **AUTORES:**

Quispe Oblitas, Carlos Alberto ([orcid.org/0000-0002-2771-3815](https://orcid.org/0000-0002-2771-3815))

Ruiz Burgos, Edwin Manuel ([orcid.org/0000-0002-6564-614X](https://orcid.org/0000-0002-6564-614X))

#### **ASESOR:**

Dr. Herrera Viloche, Alex Arquimedes. ([orcid.org/0000-0001-9560-6846](https://orcid.org/0000-0001-9560-6846))

#### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

#### **LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**TRUJILLO – PERÚ**

**2023**

## DEDICATORIA

A mi padre José y a mi madre Bertha que desde el cielo me guía, por su esfuerzo por educarme con valores y por enseñarme que el que persevera triunfa.

A mis hermanos Junior, Karina y Jazmin, también a mi hijo Mathías y mi sobrina Oriana, por brindarme su apoyo incondicional para lograr mis objetivos. Al Ing. Segundo Ruiz por sus conocimientos en el ámbito laboral para ser una buena persona y un buen profesional.

**Manuel Ruiz.**

A mi madre Lidia, por educarme en valores y enseñarme con su ejemplo a luchar por mis objetivos. Por ser mi soporte en diferentes etapas de mi vida.

A mi padre por guiarme y cuidarme desde el cielo.

**Carlos Quispe**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por brindarnos la sabiduría, para así poder lograr nuestros objetivos y metas.

A nuestros padres que nos apoyaron en todo momento para poder llevar a cabo este proyecto.

A nuestro asesor de tesis Dr. Alex Arquímedes Herrera Viloche, por las enseñanzas y conocimientos transmitidos.

A la Universidad César Vallejo por brindarnos una excelente formación académica, ética y moral que nos acompañará a lo largo de nuestra vida profesional.

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas.....	vii
Índice de cuadros y gráficas.....	x
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
3.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación .....	17
3.1.1. Enfoque de investigación .....	17
3.1.2. Tipo de investigación .....	17
3.1.3. Diseño de investigación .....	19
3.2. Variables y operacionalización .....	22

3.2.1. Variables .....	22
3.2.2. Matriz de clasificación de variables .....	23
3.2.3. Matriz de operacionalización de variables (Ver anexo 01) .....	23
3.3. Población, muestra y muestreo .....	24
3.3.1. Población .....	24
3.3.2. Muestra .....	24
3.3.3. Muestreo .....	25
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.4.1. Técnica.....	26
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5. Procedimientos.....	26
3.6. Método de análisis de datos.....	28
3.7. Aspectos éticos .....	28
IV. RESULTADOS.....	29
4.1. Diseño de concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	29
4.2. Determinación de los pesos de CCA al 05%, 10% y 15 % del peso del cemento.....	41
4.3. Medición de las resistencias a la compresión de los núcleos de concreto elaborados en laboratorio. ....	42

4.4. Resultados de la resistencia a la compresión de un concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ diseñado con CCA al 05%, aplicado en un pavimento rígido del Sector Magllanal. .....	61
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	<b>66</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>71</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>72</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>73</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>79</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Composición química de la cascarilla de Arroz .....	10
Tabla 2. Estructura química de las CCA obtenidas mediante combustión a campo abierto.....	10
Tabla 3. Estructura química de las CCA obtenidas mediante combustión controlada a 350°C, 400°C y 900°C.....	11
Cuadro 4. Tabla 4. Relación longitud/diámetro (L/D) de 1,9 – 2,1 (después del pulido o capeado).....	14
Tabla 5. Estructura del proceso preliminar de la investigación para muestras de laboratorio y de obra.....	20
Tabla 6. Matriz experimental para clasificación de variables .....	23
Tabla 7. Distribución de especímenes para Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos.....	25
Tabla 8. Granulometría del agregado fino.....	29
Tabla 9. Granulometría del agregado grueso.....	30
Tabla 10. Contenido de humedad del agregado grueso.....	32
Tabla 11. Contenido de humedad del agregado fino.....	32
Tabla 12. Peso específico y absorción del agregado fino .....	33
Tabla 13. Peso específico y absorción del agregado grueso .....	33
Tabla 14. Peso unitario suelto del agregado grueso.....	34
Tabla 15. Peso unitario compactado del agregado grueso.....	34
Tabla 16. Peso unitario suelto del agregado fino .....	35
Tabla 17. Peso unitario compactado del agregado fino.....	36

Tabla 18. Rangos de resistencia especificada y promedio requerida a la compresión en MPa .....	37
Tabla 19. Propiedades físicas (datos obtenidos de los ensayos de laboratorio) .....	38
Tabla 20. Materiales de diseño por m <sup>3</sup> (corregidos por humedad) .....	40
Tabla 21. Proporcionamiento de los materiales por m <sup>3</sup> . .....	41
Tabla 22. Pesos de CCA al 5, 10 y 15 % del peso de cemento por m <sup>3</sup> .....	41
Tabla 23. Pesos de CCA al 5, 10 y 15 % del peso de cemento por vol. probeta .....	42
Tabla 24. Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto patrón. ....	42
Tabla 25. Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto experimental con 05% de CCA. ....	43
Tabla 26. Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto experimental con 10% de CCA. ....	44
Tabla 27. Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto experimental con 15% de CCA. ....	45
Tabla 28. Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto patrón. ....	47
Tabla 29. Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto experimental con 05% de CCA. ....	48
Tabla 30. Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto experimental con 10% de CCA. ....	49
Tabla 31. Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto experimental con 15% de CCA. ....	50
Tabla 32. Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto patrón. ....	51
Tabla 33. Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto experimental. ....	52

Tabla 34. Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto experimental. .....	53
Tabla 35. Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto experimental. .....	54
Tabla 36. Resistencias a la compresión de probetas patrones y experimentales a 07 días de edad. ....	55
Tabla 37. Resistencias a la compresión de probetas patrones y experimentales a 14 días de edad. ....	56
Tabla 38. Resistencias a la compresión de probetas patrones y experimentales a 28 días de edad. ....	57
Tabla 39. Estadísticos descriptivos de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión realizados a las probetas de control y experimental a los 7, 14 y 28 días. ....	58
Tabla 40. Pruebas de normalidad de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión realizados a las probetas de control y experimental a los 7, 14 y 28 días. ....	59
Tabla 41. Prueba de correlación de Pearson de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión realizados a las probetas de control y experimental a los 7, 14 y 28 días. ....	60
Tabla 42. Resistencia a la compresión de testigos de concreto al 5% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal. ....	61
Tabla 43. Resistencia a la compresión de testigos de concreto al 0% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal. ....	62
Tabla 44. Promedio de la resistencia a la compresión de testigos de concreto al 0% y 05% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal. ....	63

Tabla 45. Pruebas de normalidad de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión realizados a los testigos de concreto al 0% y 5% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal. .... 64

Tabla 46. Prueba de correlación de Pearson de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión realizados a los testigos de concreto al 0% y 05% de CCA, extraídos a 60 días del pavimento rígido del sector Magllanal. .... 65

### **Índice de Gráficas**

Gráfica 1. Curva granulométrica del agregado fino ..... 29

Gráfica 2. Curva granulométrica del agregado grueso ..... 31

Gráfica 3. Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto patrón. .... 43

Gráfica 4. Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto experimental con 05% de CCA. .... 44

Gráfica 5. Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto experimental con 10% de CCA. .... 45

Gráfica 6. Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto experimental con 15% de CCA. .... 46

Gráfica 7. Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto patrón. .... 47

Gráfica 8. Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto experimenta con 05% de CCA. .... 48

Gráfica 9. Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto experimenta con 10% de CCA. .... 49

Gráfica 10. Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto experimenta con 15% de CCA. .... 50

Gráfica 11. Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto patrón. .... 51

Gráfica 12. Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto experimental. .....	52
Gráfica 13. Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto experimental. .....	53
Gráfica 14. Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto experimental. .....	54
Gráfica 15. Resistencias a la compresión de probetas patrones y experimentales a 07 días de edad. ....	55
Gráfica 16. Resistencias a la compresión de probetas patrones y experimentales a 14 días de edad. ....	56
Gráfica 17. Resistencias a la compresión de probetas patrones y experimentales a 28 días de edad. ....	57
Gráfica 18. Evolución de la resistencia de las probetas a los 7, 14 y 28 días. ....	58
Gráfica 19. Resistencia a la compresión de testigos de concreto al 05% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal. ....	61
Gráfica 20. Resistencia a la compresión de testigos de concreto al 0% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal. ....	62
Gráfica 21. Promedio de la resistencia a la compresión de testigos de concreto al 0% y 5% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal. ..	63
Gráfica 22. Dispersión de resultados obtenidos en las roturas de compresión de los testigos de concreto al 0% y 5% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal. ....	64

## Índice de Figuras

Figura 1. Representación del experimento y relación de sus variables.....	18
Figura 2. Prueba de normalidad para datos de resistencia a la compresión utilizando el programa estadístico IBM SPSS Statistics. ....	21
Figura 3. Agua en ( lt/m ) <sup>3</sup> , para cada tamaño máximo nominal(TMN) de agregados y consistencia indicadas. ....	37
Figura 4. Porcentajes de aire atrapado del concreto según TMN del AG .....	37
Figura 5. Resistencia a la compresión a los 28 días vs Relación agua cemento (a/c). .....	38
Figura 6. Volumen de AG por unidad de volumen según módulo de fineza del AF ..	39

## Resumen

El sector Magllanal, ubicado en el distrito y provincia de Jaén - Cajamarca, no cuentan con superficie afirmada en la parte alta, carecen de pistas (pavimento rígido) y veredas que permitan un tránsito peatonal adecuado. En las épocas más fuertes de lluvias, ponen en peligro la seguridad de las familias que habitan las viviendas construidas de material rústico. En nuestro país, el pavimento gestionado por MTC, los miembros del Comité Técnico de Gestión de la Red Nacional de Carreteras (RVN) buscan promover el uso diversificado de materiales y tecnologías que constituyan mejoras. (MTC, 2013), por eso en el presente proyecto de tesis se plantearon una serie de preguntas sobre cómo influirá la adición de ceniza de cáscara de arroz (CCA) en la resistencia a la compresión en un pavimento rígido con  $f'c$ :  $210 \text{ kg/cm}^2$ , en distintas proporciones (5%, 10% y 15%), para tal fin se diseñará una muestra patrón y otras con adición de CCA, luego identificaremos que porcentaje de CCA podría ser utilizada para mejorar la resistencia a la compresión de un concreto con  $f'c$ :  $210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Palabras clave:** Ceniza de cáscara de arroz, CCA, resistencia a la compresión del concreto, MTC, pavimento rígido, RVN, ensayo de diamantina.

## **Abstract**

The Magllanal sector, located in the district and province of Jaen - Cajamarca, does not have an unpaved surface in its upper part, lacks tracks (rigid pavement) and sidewalks that allow adequate pedestrian traffic. In the heaviest rainy seasons, they endanger the safety of the families who live in the houses built of rustic material. In our country, the pavement managed by MTC, That is why in this thesis project a series of questions were raised about how the addition of rice husk ash (CCA) will influence the compressive strength in a rigid pavement with F'C: 210 kg / cm<sup>2</sup>, in different proportions (5%, 10% and 15%), for this purpose, a standard sample and others with the addition of CCA will be designed, then we will identify what percentage of CCA could be used to improve the compressive strength of a concrete with f'c: 210 kg / cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Rice husk ash, CCA, compressive strength of concrete, MTC, rigid pavement, RVN, diamond test.

## I. INTRODUCCIÓN

Según apunta A. Mafla (2009), debido al crecimiento de las ciudades y pueblos existe una gran dependencia del cemento portland en la distintas obras civiles de carácter vial de pequeña, mediana y gran envergadura de todo el mundo , que muchas veces conllevan a altos costos de producción, que se ven reflejadas según (Quiroz Vilchez & Urbina Baldera, 2021) en la depredación irracional de los recursos naturales y energéticos, y que a su vez generan altos índices de contaminación atmosférica provocada por la emisión de gases de efecto invernadero a razón de la quema descontrolada de biomasa residual por parte de las grandes industrias de los países desarrollados, y de países productores. Ante tal situación problemática en la actualidad existe un notable interés en buscar nuevos materiales cementantes con características especiales que sean rentables, eficientes y viables para la construcción en general, y particularmente para pavimentos rígidos, es por ello, que se invita a experimentar con nuevos materiales que permitan mitigar la destrucción progresiva de nuestro planeta que ayuden a reducir costos, ahorrar energía y recursos naturales no renovables.

Por tanto de acuerdo a (Amasifuen Pashanasi & Romero Lopez, 2021) se optará en el futuro por reducir “el consumo del cemento en obra utilizando adiciones como las Puzolanas en general, sobre todo las de origen artificial, las cuales constituyen una de la experiencias más alentadoras en la búsqueda de sustitutos más sustentables ecológica y económicamente del cemento”(p. 1); adicionalmente Mafla (2009) precisa que los materiales puzolánicos son elementos silicios y/o aluminosos que no poseen alto poder cementante en sí mismos pero, si ellos presentan un tamaño de partícula muy pequeño y por lo tanto alta reactividad, pueden reaccionar químicamente con el  $\text{Ca(OH)}_2$  a temperaturas ambiente y formar compuestos que presenten propiedades cementantes (pág.75). Por ende, según (Patricia Vigil, s.f, párr. 7) “El empleo de adiciones minerales del cemento y concreto se viene desarrollando aceleradamente

en gran parte del mundo, en razón de las regulaciones ambientales, la evolución del mercado y la normativa internacional”.

A raíz de lo antes expuesto se visualiza una forma de aprovechar las enormes biomásas resultantes de la siembra de arroz, donde la cascarilla o pajilla “representa entre 20 y 25 % de la producción total de arroz que es pilado en los molinos” (Llanos, Ríos, et al, 2016). Por lo que, si no se utiliza este material de forma óptima se generaría una problemática de contaminación desfavorable para el medio ambiente; al respecto Prada y Cortés (2010), citados por Mori (2019, pág.7), exponen “que la biodegradabilidad de la cascarilla de arroz es muy baja debido a un gran contenido de sílice que este material posee”, por lo que su acopio y reciclado es importante. Además, quemar este subproducto agrícola liberaría a la atmosfera según (Krishnarao, Subrahmanyam y Kumar, 2001) materia orgánica volátil de entre 71 – 87% de su peso inicial seco según sea el tipo de arroz; por lo tanto, podría utilizarse este material como recurso alternativo más accesible, para contribuir a la disminución del impacto ambiental que genera la producción del cemento que es uno de los procesos más contaminantes y degradantes que existen.

El uso de este material es ventajoso, dado que es accesible, ya que el arroz es uno de los productos agrícolas más importantes en el Perú, esto según El Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Mincetur, 2018) el cual afirma que “Perú es el tercer productor más importante de América después Brasil y EEUU (...). Perú tiene también uno de los tres rendimientos más altos del continente después de Uruguay y EE.UU” (p.3); y uno de los subproductos que genera es la cascarilla de arroz (CA), la cual es desechada en botaderos o quemada como fuente de calor para la cocción de ladrillos y tejas en hornos, etc.; produciéndose del proceso de calcinado un alto contenido de cenizas que no es aprovechado como un material más económico, y que “varia de 13 al 29% en peso, según la variedad, el clima y la ubicación geográfica del arroz” (Krishnarao, et al, 2001).

Atendiendo a lo antes expuesto se han desarrollado a nivel internacional investigaciones de alcance experimental acordes a las regulaciones normativas vigentes, por tanto, en Colombia se realizó una investigación sobre la Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezclas de concreto hidráulico. En la metodología aplicaron cuatro dosificaciones al 3%,5%,10% y 15% de CCA, y probetas patrón sin adición, para edades de 7, 14 y 28 días, donde se obtuvo que las probetas suplementadas del 3% y 5% por CCA, presentan resistencia inferior a la muestra patrón con una diferencia del 2% y el 1% respectivamente, hay trabajabilidad y no hay inclusión de aire; Las probetas con 10% de CCA , generan un aumento del 10% de resistencia a la compresión con respecto a la mezcla patrón, no presentan inclusión de aire y permite la trabajabilidad; las probetas con 15% de CCA presentan menor resistencia que la mezcla patrón, presenta una alta inclusión de aire y se dificulta la trabajabilidad.(Rodríguez Sánchez & Tibabuzo Jiménez, 2019, pp. 57–58)

En el contexto nacional y local el uso de la CCA para diseñar concreto hidráulico no es común, debido a la poca información e investigación acerca de las ventajas que este elemento posee sobre el concreto en estado fresco y endurecido, sin embargo se han realizado investigaciones al respecto, por ejemplo en San Ignacio-Cajamarca se evaluó la caracterización física-mecánica del concreto adicionando aserrín de madera y ceniza de cascarilla de arroz, donde se obtuvo que adicionando CCA al 2% , se incrementó la resistencia en 4.06% a los 28 días respecto al concreto patrón, y las probetas con adición de 5%,7%, 10%,12% y 15% disminuyeron considerablemente su resistencia , siendo de -4.17%, -15.49%, -21.46%, -26.20% y -33.03% respectivamente a los 28 días con respecto al concreto patrón (Pintado Gonzaga & Siesquen Delgado, 2021,pág.53); Los hallazgos de esta investigación evidencian que, las adiciones de puzolana si llegan a influir en la resistencia última del concreto , por tanto se intuye que es factible cumplir con la mejora de la resistencia del concreto al adicionar porcentajes de CCA en peso de cemento, sin embargo las proporciones de adición que más favorecen a la resistencia del concreto no siempre resultaran ser las mismas en todos los casos, eso queda evidenciado en las investigaciones líneas

arriba, entonces de lo antes expuesto podemos orientarnos con más claridad en la solución de la realidad problemática existente respecto al estado, costo y tiempo de servicio de los pavimentos, en particular de los de tipo rígidos, que muchas veces no llegan a cumplir con su periodo de vida útil debido al prematuro deterioro de los mismos, sumándose también la falta de pavimentación de las vías de circulación en los centros urbanos en las provincias de la región Cajamarca, así pues tal realidad se plasma en la provincia, distrito y ciudad de Jaén, puntualmente en el sector Magllanal, donde se evidencia la intransitabilidad que existe (calles sin afirmar y con pendientes pronunciadas e irregulares en la mayor parte de su recorrido), agudizándose en temporadas de lluvias, motivo por el cual la población ha solicitado a la Municipalidad Distrital de Jaén su pronta solución con la construcción de pistas (pavimento rígido) y veredas.

Por ende con el fin de aportar alternativas de solución e información adicional sobre el tema, y de acuerdo a las investigaciones previas seguidas antes expuestas, queda fundada la **justificación teórica**; adicionalmente también se valida la **justificación social**, por promover el uso de la CCA en futuros proyectos de alcance social, favoreciendo a un mayor conocimiento sobre el aporte que brinda este material en relación a las propiedades físico-mecánicas del concreto aplicado a pavimentos rígidos, contribuyendo con criterios técnicos de solución respecto al manejo, aplicación y tratamiento del recurso en cuestión; posteriormente se plantea la **justificación metodológica**, diseñándose así una investigación experimental, debido a que se estructuró específicamente dos diseño de mezcla, un diseño patrón de comparación sin adición y otro diseño variando porcentualmente la dosificación de sílice( $\text{SiO}_2$ ) obtenido de la (CCA) ,con el fin de poder estudiar la influencia que este elemento tiene sobre las propiedades del concreto hidráulico de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en pavimento rígido, determinándose en el proceso la cantidad óptima de ceniza que más influye a mejorar las referidas propiedades y validando los resultados atreves de ensayos de compresión de muestras de probetas generadas en laboratorio y en campo con muestras extraídas mediante ensayos de núcleos diamantinos del pavimento en cuestión, acorde a la NTP 339.0.059 – 2017, y por último la **justificación económica**

radicó en que, al reemplazar un porcentaje de cemento con (CCA), se ahorró costos resultando un diseño económicamente aceptable, que favorecerá al nivel de gasto en las obras futuras.

Dadas las premisas expuestas anteriormente se planteó el **problema general**: ¿Cómo influirá la ceniza de cáscara de arroz (CCA) en el diseño de un concreto con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  aplicado en un pavimento rígido del Sector Magllanal, Jaén, 2022?, derivándose también los **problemas específicos**: **1.** ¿Qué proporción tendrán los materiales para una mezcla de concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sin adición de ceniza de cáscara de arroz (CCA)?; **2.** ¿Cuáles son los pesos de CCA con dosificaciones al 5%, 10% y 15% con respecto al peso de cemento del diseño patrón, que influenciará en las propiedades físicas de un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?; **3.** ¿Qué resistencia a la compresión alcanza un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  diseñado con la ceniza de cáscara de arroz (CCA)?; **4.** ¿Cuál es la resistencia a la compresión que alcanza un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  diseñado con ceniza de cáscara de arroz aplicado en un pavimento rígido del sector Magllanal, Jaén, 2022?

Con los problemas planteados líneas arriba se induce a ideas de que estos materiales podrían afectar o mejorar las propiedades del concreto, así pues se propuso dar una solución tentativa mediante una predicción o explicación provisoria que será corroborada, aclarada y validada, definiéndose así la siguiente **hipótesis general**: La inclusión de ceniza de cáscara de arroz (CCA) en el diseño del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  influye en su resistencia a la compresión al aplicarlo en un pavimento rígido del sector Magllanal, Jaén, 2022; y como respaldo a lo anterior se planteó también las **hipótesis específicas**: **1.** El diseño de la muestra patrón para un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  permitirá fijar los límites de las variaciones en las propiedades del concreto con adiciones; **2.** Reemplazando las proporciones en peso del cemento con dosificaciones al 5%, 10% y 15% de CCA, influirá en su resistencia a la compresión del concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ; **3.** La ruptura de las probetas indicará en qué porcentaje variará la resistencia a la compresión de un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  considerando el 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de arroz (CCA) en el peso de cemento; **4.** La aplicación del concreto diseñado con CCA al 5% en un pavimento rígido del Sector

Magllanal, Jaén, influye significativamente en su resistencia a la compresión a los 60 días de edad.

Para lograr responder a las preguntas y verificar las hipótesis, se planteó el siguiente **objetivo general**: Medir la influencia de la ceniza de cáscara de arroz en pavimento rígido diseñado con concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Magllanal, Jaén, 2022. Con el fin de ayudar a reforzar el objetivo principal se plantearon los siguientes **objetivos específicos** : **1.** Llevar a cabo el diseño patrón para un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sin adicionar CCA; **2.** Determinar el peso de CCA al 5%, 10% y 15% del peso de cemento para mejorar la propiedad a la compresión de un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ; **3.** Medir la resistencia a la compresión de un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  diseñado con la CCA en sus diversos porcentajes; **4.** Determinar la resistencia a la compresión de un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  diseñado con ceniza de cáscara de arroz al 5%, aplicado en un pavimento rígido del Sector Magllanal, Jaén, 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Durante la elaboración de la investigación, se hizo una revisión constante y detallada de estudios similares a nivel Internacional, Nacional y Local, que ayudaron a dilucidar, las incógnitas de estudio, así como la solución final de la realidad problemática.

❖ Con respecto a la bibliografía internacional consultada y revisada tenemos: **Uso**

**de CCA como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador.** (Montero Trujillo, 2017). Este proyecto de investigación se desarrolló en Quito, Ecuador (Universidad San Francisco de Quito), orientada a disminuir los precios en la elaboración de un hormigón convencional. Se buscó como idea principal implementar una aplicación para la CCA resultante de la quema de cáscara de arroz, que produce energía eléctrica para una industria arroceras, en la localidad de Durán, Ecuador. La CCA obtenida, resultó con un índice elevado de sílice reactiva, haciéndolo ideal para adicionarlo. Luego de analizar probetas ensayadas a compresión a los 28 días, concluyó que la adición de 10% de CCA en la preparación de un hormigón tradicional produce los mejores resultados logrando incrementarse en un 16% para la resistencia a la compresión en referencia al diseño patrón.

**“Evaluación de la resistencia del concreto con reemplazo del agregado fino por ceniza de cáscara de arroz. Magdalena, Colombia, 2019”.** (Devia Guevara & Valencia Pabón, 2019) Para esta investigación se analizó el comportamiento mecánico de un concreto estándar y el modificado con la sustitución del agregado fino por el porcentaje de CCA, concluyeron que la adición de CCA en sustitución de un porcentaje (20%) del agregado fino, no mejora las propiedades del concreto tales como la resistencia, cohesividad, durabilidad y trabajabilidad.

❖ Respecto a los antecedentes nacionales revisados, tenemos:

**“Influencia de la adición de CCA en las propiedades mecánicas de un concreto hidráulico para un pavimento rígido (Trujillo, 2020).** (Dávila Tantalean & Tirado Teatino, 2020), se hizo con el fin de analizar cómo influye adicionar CCA en las propiedades mecánicas del concreto, con la finalidad de verificar resultados positivos que permitan comprender la influencia de dicha puzolana artificial en el concreto y poder lograr un mejor análisis de costos. En este proyecto se utilizaron distintos porcentajes de CCA (05%,10% y 15%) adicionados al concreto, dichas adiciones fueron estudiadas mediante ensayos estandarizados y normados, concluyeron que el tanto por ciento que mejora la resistencia a la compresión del concreto en el diseño es del 15% de CCA en reemplazo de cemento.

**“Adición de CCA para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín – Perú”.** (Arévalo Torres & López del Águila, 2020). Esta tesis es de tipo experimental, cuyo objetivo principal fue perfeccionar las propiedades de resistencia del concreto al incorporar CCA. Para ello se diseñaron concretos con  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$ , luego de analizar los datos resultantes de las pruebas de resistencia realizadas a los núcleos de concreto con y sin CCA, se verificó que el porcentaje idóneo para perfeccionar la resistencia a la flexión y compresión fue del 02%.

**“Uso de la CCA en el diseño de la losa del pavimento rígido de la Av. Chulucanas Km. 1+800 a 2+800. Piura. 2019”.** (Córdova y Valverde, 2019); en esta investigación, para el análisis del objetivo general el cual fue valorar el uso de la CCA para el diseño de la plataforma del pavimento rígido de la Av. Chulucanas (Km. 1+800 a 2+800 – Piura), se realizó una mezcla patrón de concreto y se reemplazó la proporción del cemento en tres porcentajes diferentes (05%, 10% y 15%) por la CCA. Así también tenemos, las resistencias para tres días de curado (a los 7, a los 14, y a los 28 días), y se puede apreciar que para, un 10% de CCA, se supera con una resistencia a la compresión de  $457 \text{ kg/cm}^2$  a la resistencia requerida de  $350 \text{ kg/cm}^2$ ; así mismo también supera a los diseños con 5% y 15 % de CCA.

**“Análisis comparativo de concretos adicionados con puzolanas artificiales de ceniza de cascarilla de arroz (CCA), FLY ASH y puzolana natural” (Beltrán & Mendoza, 2017).** Esta tesis es de tipo experimental, concluye que la adición de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) constituyen una fuente considerable de recursos cementicios suplementarios como reemplazo de cemento. Así como también la mejora en las propiedades mecánicas del concreto y de durabilidad a lo largo del tiempo. Además, se aprecia que la adición de ceniza al concreto provoca una demanda mayor de agua lo cual tiende a disminuir su resistencia mecánica.

❖ En lo que concierne a los antecedentes de la localidad de Jaén, tenemos a:

**“Diseño de concreto fibroreforzado de  $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$  con fibra vegetal en la ciudad de Jaén, Cajamarca, Perú”.** (Rimay Vásquez, 2017). El investigador de esta tesis, elaboró núcleos de concreto diseñados con y sin adición de CCA, y concluyó que la dosificación que mejora la resistencia a la compresión del concreto en el diseño es  $10 \text{ kg/m}^3$  de CCA en reemplazo de cemento, mencionando además que la resistencia a la tracción disminuye conforme se aumenta los porcentajes de CCA en el diseño del concreto.

Asimismo, de la revisión bibliográfica encontramos teoría relacionada con las variables que intervienen en nuestra tesis de pregrado.

**A. Ceniza de cáscara de arroz (CCA):** Resto sólido obtenido por proceso de descomposición termoquímica, generado a partir de la cascarilla de arroz subproducto de desecho agrícola, que varía del 13 al 29% en peso según la variedad, el clima y la ubicación geográfica del arroz. El material CCA se considera una auténtica superpuzolana debido a su riqueza en sílice, cuyo contenido es de aproximadamente el (87 – 97 %) con pequeñas cantidades de sales inorgánicas. Aunque la ceniza de cascarilla de arroz es rica en sílice, sin procesar contiene principalmente materia orgánica en un 85 %, compuesta de celulosa, lignina, D-xilosa, pequeñas cantidades de ácido metilglucurónico y D-

galactosa (Krishnarao, et al, 2001); además cabe precisar la composición química de la cascarilla de arroz, la que se la puede establecer según el cuadro 1.

**Tabla 1.** Composición química de la cascarilla de Arroz

COMPUESTO	$SiO_2$ (%)	$CO_2$ (%)	$Al_2O_3$ (%)
Superficie Externa	55.25	44.77	0.00
Superficie Interna	35.48	58.24	6.27

Fuente: Paez (2006) citado por (Mafla, 2009, p.77)

En el cuadro 1, se expone resultados aproximados, dado que los resultados dependerán principalmente de la variedad, el clima y la ubicación geográfica de del cultivo de arroz.

Así pues, durante el proceso de calcinado se generaran nuevos elementos por las reacciones termoquímicas desarrolladas por el fuego, los cuales se observa en el cuadro 2, mostrándose la composición química de varias muestras de CCA, en dicha tabla se puede apreciar que el principal componente de la CCA, es el sílice ( $SiO_2$ :dióxido de silicio), representando entre el 87% al 97% del total.

**Tabla 2.** Composición química de las CCA obtenidas mediante combustión a campo abierto.

CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ		
Componente	M1(%)	M2(%)
Silice ( $SiO_2$ )	94.1	96.51
Óxido de Calcio (CaO)	0.55	0.25
Óxido de Magnesio (MgO)	0.95	0.23
Óxido de Potasio ( $K_2O$ )	2.10	1.10
Óxido de Sodio ( $Na_2O$ )	0.11	0.78
Sulfatos ( $SO_4$ )	0.06	1.13
Cloro (Cl)	0.05	-
Óxido de Titanio ( $TiO_2$ )	0.05	-
Óxido de Aluminio ( $Al_2O_3$ )	0.12	-
Otros	1.82	-
Total	100.00	100.00

Fuente: Varón C.J

**Tabla 3.** Composición química de las CCA obtenidas mediante combustión controlada a 350°C, 400°C y 900°C.

Descripción	% en peso		
	350 °C	400 °C	900 °C
$S O_2$	91.78	92.92	93.80
$K_2 O$	3.09	3.08	2.80
$C$	0.20	0.23	0.26
$F_2 O_3$	0.09	0.08	0.08
$M$	0.28	0.28	0.32
$N_2 O$	0.29	0.29	0.39
$A_2 O_3$	0.08	0.07	0.20

**Fuente:** Goicochea (2014). Tesis de la Universidad Nacional de Cajamarca

La presencia de este óxido ( $SiO_2$  - sílice) en las cenizas provenientes de la cáscara del arroz, es, según afirma Montero (2017) ideal para que la CCA puede sustituir parcialmente al cemento en el concreto, ya que, la sílice al reaccionar con la cal presente el cemento Portland, reaccionan químicamente y, producto de ello forman cristales de silicato de calcio hidratado (C-S-H), que es un gel cementoso, que aporta resistencia mecánica en el concreto, haciendo de la CCA una opción viable tanto económica como desde el punto de vista de sus propiedades mecánicas, en los diseños de concreto.

Esta ceniza fue obtenida en las ladrilleras de la ciudad de Jaén, producto de la quema de la cáscara de arroz utilizada en la cocción de los ladrillos artesanales que allí se fabrican (quemada en hornos). La materia prima (cáscara de arroz) para la obtención de la esta ceniza, es abundante en esta ciudad, por ser una zona arrocera.

**B. El concreto:** La Norma E.060 de Concreto Armado (2009), dice que resulta de mezclar: **cemento hidráulico, agua, agregado fino y agregado grueso**, al que se le puede agregar o no aditivos. Por su parte, “Ortega, J. (2015)”, con el libro “Diseño de estructuras de Concreto Armado”, hace mención que el concreto se

parece mucho a la piedra, que deriva de mezclar una cantidad idónea de **cemento, arena, piedra, agua y aire**, su trabajabilidad es muy variable ya que puede ser vaciado en diferentes dimensiones esto debido al encofrado.

Los componentes de un concreto simple son: **el cemento**, que según ASOCEM (2012), es un material artificial, obteniéndose del procesamiento de materias primas, como las calizas, arcillas u otros minerales, que luego de pasar por un proceso de molienda y homogenización, y llevada a altas temperaturas, resulta un producto intermedio llamado clínker, del cual, al triturarse con un porcentaje del 5% en peso de yeso dihidrato, da como resultado final, el cemento. En su procesamiento se pueden adicionar otros minerales para obtener diferentes tipos de cementos especiales requeridos en obras; **el agua** es otro componente y ésta debe ser limpia, es decir, libre de impurezas tales como aceites, ácidos, óxidos, sales y materias orgánicas, en la E0.60 se recomienda que sea de preferencia agua potable. Su principal función es permitir desarrollar en el cemento su capacidad ligante, además de hidratarlo, ésta a su vez permite una mejor trabajabilidad de la mezcla (E. Harmsen, 2005), algo que siempre debemos tener presente es que el volumen de agua utilizado en el diseño de concreto, junto con la cantidad de cemento, determinan la denominación agua-cemento ( $a/c$ ), que es un parámetro importante para el diseño de mezclas del concreto, y su influencia varía de manera inversa con la resistencia del concreto a diseñar, esto lo evidencia la ley de Abrams ( $f'_{cr}$  vs  $a/c$ ) donde manifiesta que mientras la relación  $a/c$  sea mayor, menor es la resistencia obtenida; **los agregados** representan el mayor volumen del concreto (entre un 60% y 75%), influyendo en las propiedades del concreto, son compuestos de material geológico (piedra, arena y grava). Estos a su vez se dividen en: agregado grueso (material retenido en el tamiz N4 (4.75 mm) y agregado fino (fragmentos pasantes del tamiz N°4). Generalmente los métodos de diseño de concreto requieren determinar algunas características de los agregados, como son la granulometría, los pesos volumétricos (tanto sueltos como compactados), peso específico, el módulo de finura de la arena, el tamaño máximo del agregado grueso (TM), la absorción y la humedad; estos valores se obtienen mediante pruebas de laboratorio que están estandarizadas, y finalmente tenemos a

**los aditivos**, que de acuerdo a como lo define el ACI, son sustancias distintas al cemento, adiciones minerales, agregados y fibras, que se adicionan en el concreto con un volumen inferior al 05% del peso del cementante, (Hermida, 20123). Existen diferentes clasificaciones para los aditivos, pero la mas utilizada es la norma ASTM C 494, los cuales se distinguen en diferentes tipos de aditivo: Tipo A - Plastificantes (Reductores de agua), Tipo B – Retardantes, Tipo C – Acelerantes, Tipo D - Reductores de agua y retardantes, Tipo E - Reductores de agua y acelerantes, Tipo F-Reductores de agua de alto rango o superfluidificantes y los del Tipo G- Reductores de agua de alto rango y retardantes o superfluidificantes y retardantes.

Existen diversos ensayos que se realizan en el concreto y los podemos clasificar como aquellos ensayos que se realizan al concreto en estado fresco y endurecido.

- J) **Ensayos en el concreto fresco:** Tenemos el ensayo con el cono de Abrams: que se emplea para medir el asentamiento del hormigón norma (NTP 339.035), ensayo para determinar el peso por m<sup>3</sup>, ensayo de rendimiento y contenido de aire del concreto fresco norma (NTP 339.046) y ensayo para determinar la exudación norma (NTP 330.077).
  
- J) **Ensayos en el concreto endurecido:** Cuando el concreto se encuentra endurecido, se suelen realizar los siguientes: ensayo de esfuerzo a la compresión: se realizan en nucleos de concreto norma (NTP 339.034), ensayo para determinar la resistencia a la flexion del hormigón en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro del tramo norma (NTP 339.084). Además de los anteriores, cuando se sospecha que el concreto de una estructura ha tenido alguna anomalía (fallas de curado, aplicación temprana de cargas en la estructura, ha sufrido incendios, etc.) que de alguna manera pueda reducir su resistencia de diseño, se debe evaluar su condición de resistencia, para ello existen diversos ensayos que permiten evaluar dicha estructura, tenemos los llamados ensayos no destructivos (estos no afectan la estructura al evaluarla) como son los ensayos: esclerométrico, de penetración,

de madurez y de extracción por deslizamiento; y, lo ensayos destructivos como lo es el ensayo de diamantina.

Este último ensayo se realiza cuando el concreto adquiere la resistencia suficiente es así que al momento del corte, los agregados no pierdan adherencia con la pasta (generalmente a los 14 días como mínimo de colocado). En la **NTP 339.059-2017** (Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas seccionadas de concreto) , se dan las especificaciones técnicas de este ensayo. Algunas recomendaciones para realizar este ensayo son:

- Las muestras extraídas deben cumplir preferentemente con la relación longitud/diámetro (L/D) de 1,9 – 2,1 (después del pulido o capeado). Si dicha relación no se cumple, se debe de aplicar factores de corrección las cuales se muestran en la siguiente tabla. Si en caso  $L/D \in (1,75; 2,10)$  no se aplica el factor de corrección, pero si  $L/D > 2,10$  se debe de rectificar el núcleo diamantino.

**Cuadro 4.** Tabla 4. Relación longitud/diámetro (L/D) de 1,9 – 2,1  
(después del pulido o capeado)

Relación L/D	Factor de Corrección
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

**Fuente:** NTP 339.059-2017

- Las muestras se deben de extraer a una distancia no menor a los 15 cm de las juntas, y extraídas de forma perpendicular a la superficie de la losa vaciada.
- Para determinar la resistencia a compresión, los núcleos extraídos deben de tener un diámetro al menos el doble al tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso.

- Las muestras, una vez extraídas, se deben secar la superficie y permitir que la humedad (producto del ensayo realizado) se evapore, sin exceder una hora de ser extraídas. Luego de ello colocarlos en bolsas selladas y separadas.
- Se deben conservar los núcleos sellados por al menos 5 días, antes de realizar el ensayo, pero no pasar los 7 días, salvo indicaciones del profesional responsable.

**C. Diseño de mezclas de concreto:** Se trata de la elección de los componentes adecuados del concreto, estableciendo sus proporciones relativas con la finalidad de elaborar un concreto relativamente económico, con ciertas propiedades mínimas de resistencia, conveniente trabajabilidad, y durabilidad. (González Días, Cano Licona, & Rocha Chui, 2004). Diseñar un concreto es determinar las proporciones o dosificaciones que ocuparán los elementos que la componen, para ello existen varios métodos, como son el Método ACI 211, Método de Füller, Método del módulo de fineza (MF) de la combinación de agregados, entre otros. Para la elaboración del diseño de mezclas se utiliza la siguiente información: del cemento (tipo, marca del cemento y peso específico), de los agregados ( perfil y textura superficial, análisis granulométrico, peso unitario seco y compactado, peso específico, contenido de humedad y porcentaje de absorción, pérdida por abrasión del agregado grueso – si se emplea en concretos para pavimentos).

**D. Pavimento rígido:** está constituido por una plataforma de concreto simple o armado, respaldada en una base o una capa de subbase. La plataforma gracias a su gran endurecimiento y su alto módulo de elasticidad, absorbe, resiste y disipa la mayor parte de los esfuerzos transmitidos sobre el pavimento, produciéndose así una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones mínimas en la subrasante. (ALICARESP, 2022), su costo inicial es más elevado que el de un pavimento flexible, pero tiene por lo general una duración mucho mayor que el pavimento flexible, y los mantenimientos que se requieren son menos frecuentes que en los flexibles. El pavimento rígido esta conformado por los siguientes elementos:

- ) **Sub Rasante**, es el soporte natural, listo y compactado, es decir viene ha ser la capa de terreno destinada a resistir la carga transmitida por el pavimento, en otras palabras hace la función una cimentación del pavimento, según la geometría lo requiera se puede conformar de relleno o corte y, luego de compactarse, ésta debe tener las secciones transversales y pendientes descritas en el diseño final del pavimento. (ALICARESP, 2022).
- ) **Sub Base**, ubicada en medio de la subrasante y la plataforma rígida, constituida por una ó varias capas compactadas con material granular; cuya principal función es evitar el bombeo de los suelos de granos finos. Esta capa es obligatoria en el diseño del pavimento cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico juntos, pueden originar el bombeo.
- ) **Losa:** Es la capa superior del pavimento rígido y constituye la superficie por donde circulan los vehículos y peatones, está diseñada para ser construida con concreto hidráulico, debido al alto módulo de elasticidad y gran rigidez del concreto, esta capa del pavimento logra una gran capacidad portante.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Enfoque de investigación**

Se decidió por utilizar un enfoque cuantitativo, debido a que la investigación se orientó en la de recolección de datos, obtenidos de parámetros medibles y cuantificables numéricamente, siendo estos los ensayos de laboratorio en muestras representativas, para luego verificar y validar con objetividad la certeza de las hipótesis planteadas a partir de la realidad problemática existente, dicha validación utilizó el análisis estadístico y métodos numéricos para procesar e interpretar los resultados, que permitieron establecer patrones de comportamiento de las adiciones de CCA en el concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , aportando así evidencia relevante que pueden ser replicadas, para predecir futuros resultados en investigaciones posteriores. (Hernández S., 2003).

##### **3.1.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación está sujeta a las realidades locales, distinguiéndose por extenderse a la solución de problemas concretos, buscando nuevos conocimientos técnicos que puedan ser aplicados de manera inmediata a un problema específico. Por lo tanto, en este trabajo de investigación se utilizan los siguientes tipos de investigación:

###### **3.1.2.1. Tipo de investigación por el propósito**

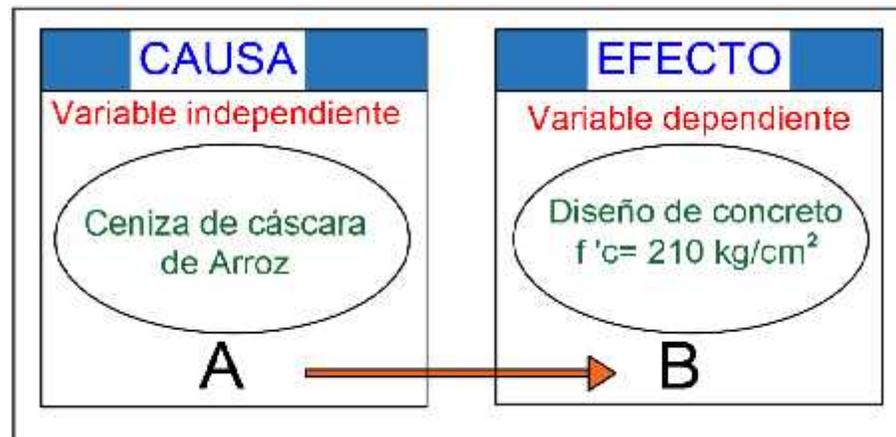
Por la finalidad, se clasifica esta investigación como de tipo aplicada o práctica, ya que los resultados adquiridos serán aplicados a la realidad problemática para resolver los problemas identificados en la investigación,

abordando el propósito de proponer e implementar alternativas que permitirán mejorar y optimizar el diseño de un concreto adicionando CCA para aplicarlo a un pavimento rígido. (Nieto, 2018)

### 3.1.2.2. Tipo de investigación por el diseño

Es de tipo experimental, porque se creó un ambiente de control donde se manipuló de manera intencional la variable independiente (CCA), para medir algún cambio o variación que pueda suscitarse, por la influencia del material adicionado en la variable dependiente que es el diseño de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aplicado sobre el pavimento rígido del sector Magllanal (Caballero Romero, 2013). Finalmente este tipo de investigación queda sujeta a la relación causa- efecto de las variables que intervienen, así pues se expone en la Figura 1.

**Figura 1.** Representación del experimento y relación de sus variables.



Fuente:(Hernández y et al, 2014)

### 3.1.2.3. Tipo de investigación por el nivel de investigación

El nivel de investigación fue correlacional, porque se tuvo como objetivo cuantificar la relación que tienen dos o más variables, en una situación o contexto dado. (Caballero Romero, 2013). Para el caso de esta

investigación se buscó cuantificar la relación que existe entre el aditamento de CCA y su efecto sobre el diseño de un concreto aplicado en un pavimento rígido.

### 3.1.3. Diseño de investigación

Esta investigación de carácter experimental, se ha estructurado en dos principales fases de trabajo, las cuales se complementan mediante la observación, medición numérica, cuantificación, registro, interpretación de datos y validación objetiva de resultados que sirven a la veracidad de las hipótesis. La investigación se enmarca esencialmente en la fase de campo y la fase de gabinete:

Ñ **Fase de campo:** Aquí se plantea la estructura del proceso preliminar de la investigación, donde se ejecuta la relación del factor independiente, sobre el factor dependiente, para corroborar la incidencia de la CCA sobre el concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en base a ensayos físicos controlados de los materiales que intervienen. Se plasma el proceso a seguir en el cuadro 5, donde se plantea las dosificaciones, número de unidades de muestras y tiempos de curado que se necesitaran alcanzar, según sea el ambiente de prueba.

**Tabla 5.** Estructura del proceso preliminar de la investigación para muestras de laboratorio y de obra.

PROCESO DE DISEÑO	LABORATORIO		OBRA
FACTOR INDEPENDIENTE	CCA		CCA
PORCENTAJES (CCA) D: dosificación	D1:0%; D2:5%; D3:10%; D4: 15%		D5:0%, D6:5%
EDAD DE CURADO	7 , 14, 28 días		60 días
RÉPLICAS DE DISEÑO	3 muestras por cada edad de curado, 3 muestras por porcentaje de adición de CCA al 5 %, 10%, 15% y 3 muestras patrón por cada edad de curado.		3 muestras al 0 % y 3 muestras al 5 %
TOTAL DE PROBETAS	Probetas patrón: 9	Probetas con adición: 27	Probetas núcleos diamantino: 6
FACTOR DEPENDIENTE VARIABLE DE RESPUESTA	Resistencia a la compresion concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$		$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

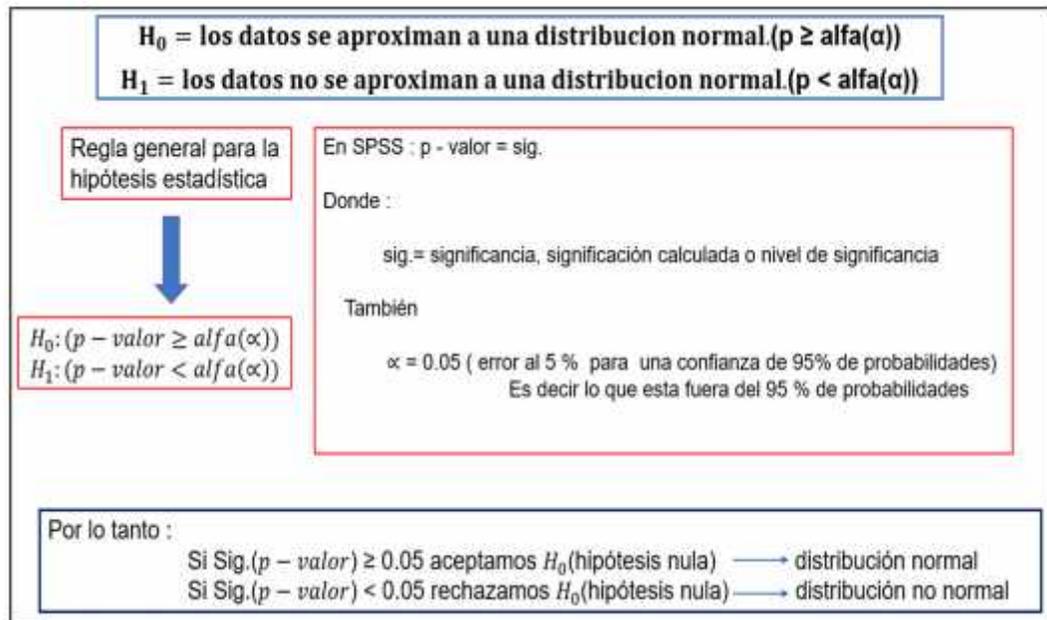
Fuente: *Elaboracion propia*

**Nota:** El porcentaje de adición de CCA, a ser aplicado al pavimento rígido del sector Magllanal dependió de los resultados de laboratorio, de manera que se utilizó el porcentaje que más influyo a mejorar la resistencia.

Ñ **Fase de gabinete:** aquí se analiza e interpreta los resultados obtenidos en los ensayos de compresión, hechos a las probetas control y experimental a los 7, 14 y 28 días, de muestras controladas en laboratorio y a los 60 días de muestras extraídas por ensayos diamantinos, utilizándose métodos numéricos y análisis estadístico como herramientas principales en su desarrollo, es así que se crea la necesidad de utilizar al Excel y el programa IBM(SPSS), este último para generar pruebas estadísticas de normalidad de Shapiro-Wilk a las variables de estudio,

dato que se tendrá muestras pequeñas menores o iguales a 50, asumiendo un máximo margen de error del 5% , para un nivel de confianza de 95%. Dentro de la prueba estadística intervendrán la hipótesis nula  $H_0$ : Los datos siguen una distribución normal y una hipótesis alternativa  $H_1$ : Los datos no siguen una distribución normal; definidas según el tipo de distribución que se origine. Generándose la siguiente regla de la prueba de normalidad expuesta:

**Figura 2.** Prueba de normalidad para datos de resistencia a la compresión Utilizando el programa estadístico IBM SPSS Statistics.



**Fuente:** Prueba de normalidad (Augusto Zavala)

La Figura 2, permitirá constatar si se sigue o no una distribución normal, de acuerdo al programa (sig.) es igual a (p-valor), por tanto, para que haya una distribución normal debe cumplirse que sig. (p-valor) debe ser igual o mayor a 0.05 que representa al alfa ( ) en un margen de error del 5%, para un nivel de confianza del 95%, caso contrario se tendrá una distribución no normal.

Por último, una vez definido qué tipo de distribución que se tiene, se plantea las correlaciones de las variables de la investigación como sigue:

- **Coefficiente de correlación:**

  - A: porcentaje de ceniza de cascara de arroz (CCA).

  - B: resistencia a la compresión de un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

- **Planteamiento de la correlación**

  - $H_0$ : No existe correlación entre las variables "A" y "B".

  - $H_1$ : Existe correlación entre las variables "A" y "B".

- **Nivel de significancia (NC)**

  - NC= 0.95.

    - = 0.05 (margen de error).

- **Prueba de correlación a utilizar según lo siguiente:**

  - Paramétrica    coeficiente Pearson (distribución normal).

  - No Paramétrica    Spearman (distribución lineal, exponencial, Logarítmica, etc.).

## 3.2. Variables y operacionalización

### 3.2.1. Variables

#### 3.2.1.1. Variable independiente

    - Ceniza de cáscara de arroz (CCA).

#### 3.2.1.2. Variable dependiente

    - Diseño de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### 3.2.2. Matriz de clasificación de variables

**Tabla 6.** Matriz experimental para clasificación de variables

VARIABLE	CLASIFICACIÓN				
	RELACIÓN	NATURALEZA	ESCALA / MEDICIÓN	DIMENSIÓN	FORMA DE MEDICIÓN
Ceniza de cáscara de arroz	Independiente	Cuantitativa	Porcentual	Unidimensional	Directa
Diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Dependiente	Cuantitativa	Razón	Multidimensional	Directa

Fuente: *Elaboración propia*

### 3.2.3. Matriz de operacionalización de variables (Ver anexo 01)

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

#### **3.3.1. Población**

La población de estudio para la presente investigación está conformada por el conjunto de concretos patrones con 0% de adición CCA y por el conjunto de concretos con adición de ceniza de cáscara de arroz (CCA) al 5%, 10% y 15% en peso del cemento, diseñadas ambas para una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

La población de estudio estuvo sujeta a ambientes controlados de diseño y fue moldeada en probetas cilíndricas en condiciones de laboratorio y en condiciones de obra mediante testigos extraídos a través del ensayo de núcleos diamantinos (ASTM C42), aplicados en el pavimento rígido ubicado en el Sector Magllanal de la ciudad de Jaén.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra se constituye de 42 especímenes en total, de los cuales 36 fueron núcleos (probetas) cilíndricos de concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , donde 9 de las cuales en su diseño no tienen la CCA y los 27 restantes poseen en su diseño porcentajes del: 5%, 10% y 15% de CCA (9 para cada porcentaje, respectivamente). Mientras que para medir la resistencia alcanzada por el concreto aplicado en el pavimento rígido, la muestra en obra, está conformada por 6 núcleos (probetas) cilíndricos de concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , 3 de las cuales son especímenes de concreto patrón con 0% de adición, y los 3 restantes fueron especímenes de concreto con 5% de adición CCA, las que se obtuvieron mediante el ensayo ASTM C42, núcleos diamantinos a los 60 días edad del concreto en estudio. Por tanto, se exponen en el Tabla 7, la distribución de los especímenes según Dosificación (D).

**Tabla 7.** Distribución de especímenes para Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos.

Días de curado	Dosificación en Porcentajes de CCA del peso de cemento			
	Mezcla Patrón	Mezcla experimental		
	D1: 0 %	D2: 5%	D3: 10%	D4: 15%
	Unidades experimentales en laboratorio			
	Nº probetas	Nº probetas		
7	3	3	3	3
14	3	3	3	3
28	3	3	3	3
<b>subtotal</b>	36			
	Unidades experimentales en obra			
60	D5: 0 %	D6: 5%		
	Nº probetas : 3	Nº probetas : 3		
<b>Subtotal</b>	6			
<b>Muestra total</b>	42			

Fuente: *Elaboración propia*

### 3.3.3. Muestreo

El muestreo en la investigación, estuvo caracterizada por ser no probabilístico. Dado que se realizó un conjunto de operaciones para estudiar las características de la población en un marco experimental intencionado, generándose así un criterio de selección muestral basado en el criterio de los investigadores y según la necesidad del proyecto, donde se relacionaron parámetros medibles que pueden ser validados o descartados por métodos numéricos no estadísticos, por lo que no fue necesario utilizar métodos de selección aleatorios. Por lo tanto, la muestra tuvo la misma amplitud que la población.

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

#### **3.4.1. Técnica**

En este proyecto se utilizó la técnica de análisis documentario, porque se investigó información de estudios realizados acerca de concretos diseñados con aditivos naturales aplicados en pavimentos rígidos.

#### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos para recopilar la información fueron los establecidos en formatos dados por las diferentes pruebas que se realizaron a las muestras, las cuales están estandarizadas, tales como los formatos de: ensayo de resistencia a la compresión. (NTP 339. 034) y extracciones de diamantinas (NTP 339.0.059 – 2017), y los formatos de ensayos de laboratorio para los agregados proporcionados por el laboratorio LABSUC, acorde con las normas técnicas peruanas vigentes.

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento siguió los lineamientos del diseño de investigación, donde se especifica dos etapas de trabajo, que permitirán obtener la información y resultados buscados; por consiguiente, se procedió como sigue:

- Ñ **Etapas de campo:** En esta etapa se hace el reconocimiento de la problemática de los pavimentos en el sector Magllanal-ciudad de jaén, justificando así la necesidad de desarrollar la investigación experimental, seguidamente se buscó las alternativas solución, indagando en fuentes de información sobre estudios con problemáticas similares, pudiendo así estructurar el proceso preliminar a seguir. Una vez definidos los elementos que intervendrán se continuo con la inspección de los recursos disponibles para su acopio y posterior uso; siendo estas la ceniza de cáscara de arroz (CCA) de las ladrilleras existentes la cual fue cernida para desechar

cualquier residuo orgánico que pueda afectar al concreto(ver anexo 2, fotografías del 1 al 4) , el tipo de cemento a ser usado, el agregado fino (AF) y agregado Grueso (AG); ya con los materiales reunidos se procedió con los ensayos de laboratorio a los agregados para verificar sus propiedades y características, que derivaron en el diseño de mezclas de concreto hidráulico patrón sin adición y con adiciones de CCA al 0%, 5%, 10% y 15% para una resistencia general de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  (ver anexo 2, fotografías de 5 al 12).

Dichos datos se encuentran plasmados en formatos (dado por el laboratorio LABSUC) estandarizados y acordes a la normativa vigente. Seguido a ello, se procedieron a elaborar 36 probetas, 9 sin CCA (probetas patrón) y 27 con CCA (probetas experimentales) tal como se muestra en anexo 2 (fotografías del 13 al 20), para luego programar sus roturas en la prensa con el fin de evaluar su resistencia a la compresión según (ASTM C 873), a edades de 7, 14 y 28 días de curado en condiciones de laboratorio, y los resultados se expusieron en formatos proporcionados por el laboratorio donde se realizaron dichos ensayos LABSUC (ver anexo 02, fotografías del 21 al 44).

Finalmente con el permiso del ingeniero residente y supervisor a cargo de la pavimentación realizado en el sector Magllanal, Jaén, se vació dos paños, donde uno tuvo concreto diseñado con 5% de CCA y el otro tuvo 0% de adición (ver anexo 02 , fotografías 45,46,47 y 48), y a los 60 días de edad, se procedieron a extraer 6 núcleos de concreto diamantinos acorde a la NTP 339.0.059 – 2017(ver Anexo 2, fotografías del 49 al 58), los cuales se conformaron por 3 especímenes sin CCA y 3 especímenes con CCA; que luego serán tratados y rectificadas en su forma, para ensayarlas en la prensa hidráulica con el fin de medir y comparar sus resistencias, estos datos se plasmaron en formatos proporcionados en el laboratorio donde se realizaron dichos ensayos (LABSUC) ( ver Anexo 2, fotografías del 59 al 64).

Ñ **Etapa de gabinete:** Aquí se realizó el análisis de la información recolectada del resultado de los ensayos, procesados mediante programas estadísticos y de modelamiento numérico por computadora como son Excel y IBM SPSS Statistics, para verificar si existe o no una distribución normal bien modelada de los datos recolectados, el cual nos permitirá seleccionar los métodos de correlación, que validarán las hipótesis y que servirán para la toma de decisiones en cumplimiento de los reglamentos.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Debido a que se tiene una población pequeña, será posible obtener información de todos los elementos de la misma, por lo que se realizara un análisis descriptivo de las características de la población, desarrollando así la estadística descriptiva, que permitirá recolectar los datos de las pruebas realizadas, ordenándolas según sea su diseño, y tabulando los resultados para graficarlas e interpretarlas mediante herramientas de medida como el coeficiente de Pearson. También se utilizará la estadística inferencial dado que permitirá predecir sobre la muestra, el comportamiento de los fenómenos originados en el concreto al adicionar la CCA, para así poder inferir conclusiones y tomar previsiones. Esta estadística se apoya en la estadística descriptiva, en la probabilidad y en herramientas como el contraste de hipótesis, intervalos característicos, etc.

### **3.7. Aspectos éticos**

Los resultados que obtuvimos de los diferentes ensayos de laboratorio estuvieron debidamente documentados, por ello los resultados obtenidos fueron reales y no se manipularon o distorsionaron. Además de ello, la información utilizada en el marco teórico que procede de diferentes fuentes de información está debidamente citada, dando así reconocimiento a los autores intelectuales de la información empleada.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Diseño de concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

#### a. Análisis granulométrico del agregado fino.

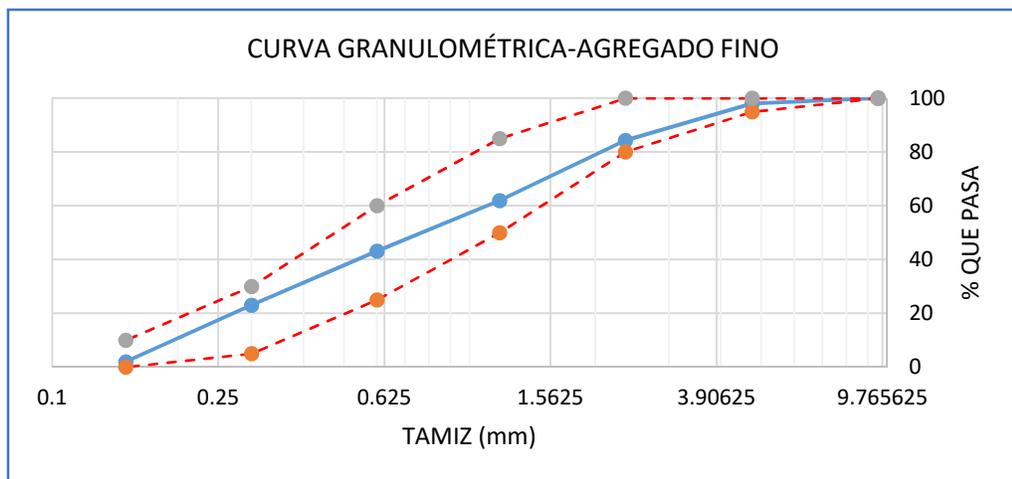
**Tabla 8.** Granulometría del agregado fino.

AGREGADO FINO						
TAMIZ		% RET.	% ACUM.	% PASA	% PASA ASTM C 33	
(N°)	(mm)				MÍN.	MÁX.
3/8"	9,50	0,00	0,00	100,00	100	100
# 4	4,75	1,98	1,98	98,02	95	100
# 8	2,36	13,67	15,65	84,35	80	100
# 16	1,18	22,38	38,03	61,97	50	85
# 30	0,60	18,88	56,91	43,09	25	60
# 50	0,30	20,13	77,04	22,96	5	30
# 100	0,15	21,02	98,06	1,94	0	10
FONDO	-	1,94	100,00	0,00	0	0

**Fuente:** Análisis granulométrico-Laboratorio LABSUC-Jaén.

$$M = \sum \%R \cdot A \cdot (6"; 3"; 1 1/2"; 3/4"; 3/8"; N°4; N°8; N°16; N°30; N°50; N°100)/100 = 2,88$$

**Gráfica 1.** Curva granulométrica del agregado fino



**Fuente:** Análisis granulométrico-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Análisis e interpretación:** Luego de obtener una muestra significativa del agregado fino, se procedió a tamizarlo por las mallas estandarizadas según la NTP 400.012 (AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global), se obtuvo la gráfica de la curva granulométrica del agregado fino, y como se muestra, ésta cumplió con los requerimientos granulométricos requeridos para el agregado fino, con un módulo de fineza (MF) de 2.88, la cual se determina sumando los porcentajes retenidos acumulados desde la malla 3/8" hasta la malla N° 100, y dividirla entre 100.

**b. Análisis granulométrico del agregado grueso.**

**Tabla 9.** Granulometría del agregado grueso.

AGREGADO GRUESO						
TAMIZ		% RET.	% ACUM.	% PASA	% PASA ASTM C 33 HUSO 56	
(N°)	(mm)				MÍN.	MÁX.
1 1/2"	37,50	0,00	0,00	100,00	100	100
1"	25,00	0,00	0,00	100,00	90	100
3/4"	19,00	33,06	33,06	66,94	40	85
1/2"	12,50	50,57	83,63	16,37	10	40
3/8"	9,50	8,81	92,44	7,56	0	15
# 4	4,75	7,10	99,54	0,46	0	5
FONDO	0,00	0,46	100,00	0,00	0	0

**Fuente:** Análisis granulométrico-Laboratorio LABSUC-Jaén.

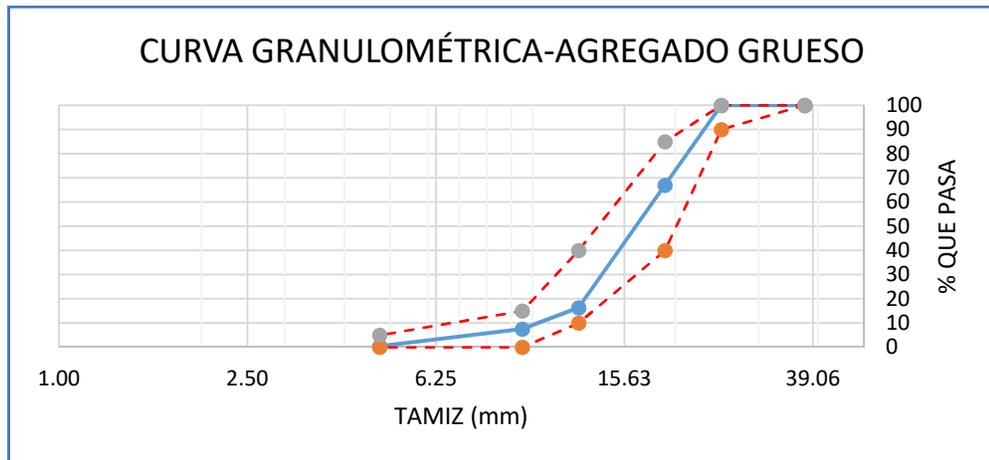
**Módulo de Fineza:**

$$M = \sum \%R \cdot A \cdot (6"; 3"; 1 1/2"; 3/4"; 3/8"; N°4; N°8; N°16; N°30; N°50; N°100)/100 = 7,25$$

**Tamaño Máximo Nominal (TMN)**

TMN = 3/4" Teniendo consideraciones la norma E.060. Concreto Armado

**Gráfica 2.** Curva granulométrica del agregado grueso



(Fuente: Análisis granulométrico-Laboratorio LABSUC-Jaén.)

**Análisis e interpretación:** Luego de obtener una muestra significativa del agregado grueso, se procedió a tamizarlo por las mallas estandarizadas según la NTP 400.012 (AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global), se obtuvo la gráfica de la curva granulométrica del agregado grueso, según ello, la gráfica de la curva granulométrica del agregado grueso, se ajustó al uso 57 de los requeridos para este tipo de agregado, con un módulo de fineza (MF) de 7.25, el cual se determinó dividiendo entre 100 a la suma de los porcentajes retenidos acumulados de las mallas  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", malla N° 04 hasta la N° 100, además se determinó un tamaño máximo nominal (TMN) de  $\frac{3}{4}$ ", que es la primera malla que retiene al agregado.

### c. Contenidos de humedad de los agregados

**Tabla 10.** Contenido de humedad del agregado grueso.

DESCRIPCIÓN	DATOS	UND.
Peso del recipiente	120,0	g
Peso del recipiente + muestra húmeda	1120,0	g
Peso del recipiente + muestra seca	1112,5	g
Peso de muestra húmeda	1000,0	g
Peso de muestra seca	992,5	g

**Fuente:** Ensayo de contenido de humedad-Laboratorio LABSUC-Jaén.

$$\text{CONTENIDO DE HUMEDAD} = (1000 - 992.5)/(992.5) = 0,76\%$$

**Tabla 11.** Contenido de humedad del agregado fino.

DESCRIPCIÓN	DATOS	UND.
Peso del recipiente	132,0	g
Peso del recipiente + muestra húmeda	632,0	g
Peso del recipiente + muestra seca	619,2	g
Peso de muestra húmeda	500,0	g
Peso de muestra seca	487,2	g

**Fuente:** Ensayo de contenido de humedad-Laboratorio LABSUC-Jaén.

$$\text{CONTENIDO DE HUMEDAD} = (500 - 487.5)/(487.2) = 2,63\%$$

**Análisis e interpretación:** De las tablas 3 y 4 obtenemos los contenidos de humedad para el agregado grueso y fino, y fueron de 0.76% y 2.63% respectivamente, éstos se obtuvieron según la norma ASTM C566-19, dividiendo con el peso seco de la muestra del agregado, la diferencia del peso húmedo y seco de la misma, este valor obtenido se utilizó en el diseño de la mezcla de concreto.

d. **Peso específico y absorción de los agregados.**

**Tabla 12.** *Peso específico y absorción del agregado fino*

ID	DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	UND.
<b>A</b>	Masa secada al horno	491,2	490,3	g.
<b>B</b>	Masa saturada con superficie seca (SSS)	500,0	500,0	g.
<b>C</b>	Masa de picnómetro con agua hasta la marca	900,5	901,1	g.
<b>D</b>	Masa de picnómetro con agua + muestra SSS	1206,2	1205,1	g.

**Fuente:** *Prueba de densidad relativa y absorción-Laboratorio LABSUC-Jaén.*

$$\text{Peso específico} = B / (B + C - D)$$

Peso específico	2,57	2,55	g/cm <sup>3</sup>
<b>Promedio de peso específico</b>	<b>2562</b>		<b>kg/m<sup>3</sup></b>

$$\% \text{Absorción} = (B - A) / A$$

% Absorción	1,79	1,98	%
<b>Promedio de % Absorción</b>	<b>1,88</b>		<b>%</b>

**Tabla 13.** *Peso específico y absorción del agregado grueso*

ID	DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	UND.
<b>A</b>	Masa secada al horno	4988,0	5000,0	g.
<b>B</b>	Masa saturada con superficie seca (SSS)	5036,0	5039,0	g.
<b>C</b>	Masa de la muestra sumergida	3178,0	3181,0	g.

**Fuente:** *Prueba de densidad relativa y absorción-Laboratorio LABSUC-Jaén.*

$$\text{Peso específico} = B / (B - C)$$

Peso específico	2,71	2,71	g/cm <sup>3</sup>
<b>Promedio de peso específico</b>	<b>2711</b>		<b>kg/m<sup>3</sup></b>

$$\% \text{Absorción} = (B - A) / A$$

% Absorción	0,96	0,78	%
<b>Promedio de % Absorción</b>	<b>0,87</b>		<b>%</b>

**Análisis e interpretación:** Según las normas ASTM C128-15 (AF) y ASTM C127-15 (AG) para obtener el peso específico y absorción promedio de los agregados, se obtuvieron dos muestras representativas ambos agregados (técnica del cuarteo), se realizó el siguiente cálculo  $[B/(B+C-D)]$  según ítems de la tabla 5 (agregado fino), y para el porcentaje de absorción, éste se obtuvo operando  $[(B-A)/A]$ ; mientras que para el agregado grueso, su peso específico se determinó realizando  $[B/(B-C)]$ , según ítems de la tabla 6, y para el porcentaje de absorción se calculó con  $[(B-A) / A]$ ; los resultados que se obtuvieron para los pesos específicos (SSD) del agregado fino y grueso fueron: 2.56 y 2.71 respectivamente; y sus respectivas absorciones fueron de: 1.88% y 0.87%.

**e. Pesos unitarios del agregado grueso**

**Tabla 14.** *Peso unitario suelto del agregado grueso.*

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3	UND.
Peso del material + molde	18952	18942	19006	g.
Peso del molde	5334	5334	5334	g.
Peso del material suelto	13618	13608	13672	g.
Volumen del molde	9268	9268	9268	cm <sup>3</sup>

**Fuente:** *Prueba de peso unitario suelto-Laboratorio LABSUC-Jaén.*

$$\text{Peso unitario suelto} = \text{peso del material suelto} / \text{volumen del molde}$$

Peso unitario suelto	1469	1468	1475	kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso unitario suelto promedio</b>	1471			kg/m <sup>3</sup>

**Tabla 15.** *Peso unitario compactado del agregado grueso.*

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3	UND.
Peso del material + molde	19781	19796	19763	g.
Peso del molde	5334	5334	5334	g.
Peso del material compactado	14447	14462	14429	g.
Volumen del molde	9268	9268	9268	cm <sup>3</sup>

**Fuente:** *Prueba de peso unitario compactado-Laboratorio LABSUC-Jaén.*

***Peso unitario compactado = peso del material compactado/volumen del molde***

Peso unitario compactado	1559	1560	1557	kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso unitario compactado promedio</b>	1559			kg/m <sup>3</sup>

**Análisis e interpretación:** Según la norma NTP 400.017.2011 (ASTM C29-97), para determinar el peso unitario (suelto y compactado) del agregado grueso, se procedió a obtener tres muestras de la misma, y de éstas se obtuvieron sus pesos secos y compactados, con cada uno de estos resultados se obtuvo el cociente con el volumen del molde, determinado así los pesos unitarios mencionados. En las tablas 7 y 8 se muestran los pesos unitarios secos y compactados del agregado grueso, que fueron de 1471 kg/m<sup>3</sup> y 1559 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, estos datos son importantes para el diseño del concreto según el método ACI 211 que se utilizó.

**f. Pesos unitarios del agregado fino**

***Tabla 16. Peso unitario suelto del agregado fino***

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3	UND.
Peso del material + molde	7102	7158	7163	g.
Peso del molde	2334	2334	2334	g.
Peso del material suelto	4768	4824	4829	g.
Volumen del molde	2697	2697	2697	cm <sup>3</sup>

**Fuente:** Prueba de peso unitario suelto-Laboratorio LABSUC-Jaén.

***Peso unitario suelto = peso del material suelto/volumen del molde***

Peso unitario suelto	1768	1789	1791	kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso unitario suelto promedio</b>	1782			kg/m <sup>3</sup>

**Tabla 17.** *Peso unitario compactado del agregado fino.*

DESCRIPCIÓN	M-1	M-2	M-3	UND.
Peso del material + molde	7493	7441	7454	g.
Peso del molde	2334	2334	2334	g.
Peso del material compactado	5159	5107	5120	g.
Volumen del molde	2697	2697	2697	cm <sup>3</sup>

**Fuente:** Prueba de peso unitario compactado-Laboratorio LABSUC-

*Peso unitario compactado = peso del material compactado/volumen del molde*

Peso unitario compactado	1913	1894	1898	kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso unitario compactado promedio</b>	1902			kg/m <sup>3</sup>

**Análisis e interpretación:** Según la norma NTP 400.017.2011 (ASTM C29-97), para determinar el peso unitario (suelto y compactado) del agregado fino, se procedió a obtener tres muestras de la misma, y de éstas se obtuvieron sus pesos secos y compactados, con cada uno de estos resultados se obtuvo el cociente con el volumen del molde, determinado así los pesos unitarios mencionados. En las tablas 9 y 10 se muestran los pesos unitarios secos y compactados del agregado fino, los cuales de 1782 kg/m<sup>3</sup> y 1902 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, estos datos resultan importantes para el diseño del concreto según el método ACI 211 que se utilizó.

### **g.1) Diseño de mezcla de concreto**

$$\begin{aligned}
 f'c &= 210 \text{ kg/cm}^2 \\
 f'cr &= 295 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots \text{ Según E.060 (Tabla 18)} \\
 \text{Slump} &= 4 \text{ ''} \\
 \text{TMN} &= 3/4 \text{ ''} \\
 X \text{ (cem.)} &= 3140 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

**Tabla 18.** Rangos de resistencia especificada y promedio requerida a la compresión en MPa.

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c < 21$	$f'c = f'c + 7$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'c = f'c + 8.5$
$f'c > 35$	$f'c = 1.1 * f'c + 5$

Fuente: E.060. Tabla 5.3.

### g.2) Determinación del agua y aire

**agua (a)** = 205 Lt. ... Según ACI 211. (Figura 3)

**aire** = 2,0 % ... Según ACI 211. (Figura 4)

**Figura 3.** Agua en (l/m<sup>3</sup>), para cada tamaño máximo nominal (TMN) de agregados y consistencia indicadas.

Asentamiento	Agua en l/m <sup>3</sup> , para TMN agregados y consistencia indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	--

(Fuente: ACI 211. Tabla 6.3.3)

**Figura 4.** Porcentajes de aire atrapado del concreto según TMN del AG

TMN del agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

(Fuente: ACI 211. Tabla 6.3.3)

### g.3) Determinación de la cantidad de cemento

$$a/c = 0,557 \quad \dots \text{ Interpolando (ACI – Figura 5)}$$

$$\text{cemento (c)} = 359 \text{ kg} \quad \dots c = a/(a/c) = 200/0,557$$

**Figura 5.** Resistencia a la compresión a los 28 días vs Relación agua cemento (a/c).

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'cr) (kg/cm2)*	RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

(Fuente: ACI 211. Tabla 6.3.4.)

### g.4) Determinación del peso de los agregados

**Tabla 19.** Propiedades físicas (datos obtenidos de los ensayos de laboratorio)

Propiedad	AF	AG
Tamaño Máximo Nominal	-	3/4"
Módulo de fineza	2,88	7,25
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1782	1471
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1902	1559
Peso Especifico (kg/m <sup>3</sup> )	2562	2711
Contenido de Humedad (%)	2,63	0,76
Porcentaje de Absorción (%)	1,88	0,87

Fuente: Elaboración propia

### J) Peso del agregado grueso (por m<sup>3</sup>)

$$b/b_o = 0,612 \quad \dots \text{ Interpolando (Según ACI – Figura 6)}$$

$$\text{peso AG} = 954 \text{ kg} \quad \dots W_{AG} = (b/b_o) \times PUC_{AG} = 0,612 \times 1559$$

**Figura 6.** Volumen de AG por unidad de volumen según módulo de fineza del AF

TAMANO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO		Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
		MODULO DE FINEZA DEL AGREG. FINO			
mm.	Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
10	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211. Tabla 6.3.6.

**) Peso del agregado fino (por m<sup>3</sup>)**

**Vol. (cem.) = 0,114 m<sup>3</sup>**

**Vol. (agua) = 0,205 m<sup>3</sup>** ...  $V = \frac{W}{\gamma} = 205/1000$

**Vol. (AG) = 0,352 m<sup>3</sup>**

**Vol. (aire) = 0,020 m<sup>3</sup>**

**Vol. (AF) = 0,309 m<sup>3</sup>** ... Vol. (AF) = 1 - (0,114+0,205+0,352+0,02)

**peso (AF) = 791 kg** ...  $W_{AF} = 0,314 \times 2562$

**g.5) Pesos de los materiales del diseño en estado seco (por m<sup>3</sup>)**

- cemento = 359 kg**
- ag. fino = 791 Kg ... W<sub>AF</sub>**
- ag. grueso = 954 Kg ... W<sub>AG</sub>**
- agua = 205 Lt.**
- aire = 2%**

## g.6) Diseño en obra (pesos corregidos por humedad y absorción)

### ) Humedad y absorción de los agregados

$\% H_{AF} = 2,63 \%$  .... Contenido de humedad del agregado fino

$\% H_{AG} = 0,76 \%$  .... Contenido de humedad del agregado grueso

$\% A_{AF} = 1,88 \%$  .... Porcentaje de absorción del agregado fino

$\% A_{AG} = 0,87 \%$  .... Porcentaje de absorción del agregado grueso

### ) Determinamos el agua aportada por los agregados y el agua efectiva a utilizar

**agua**  $_{AG} = -1,10$  Lt. ...  $W_{AG} (\%H_{AG} - \%A_{AG})$

**agua a**  $_{AF} = 5,87$  Lt. ...  $W_{AF} (\%H_{AF} - \%A_{AF})$

**Agua aport.** = 4,77 Lt. ...  $W_{AG} (\%H_{AG} - \%A_{AG}) + W_{AF} (\%H_{AF} - \%A_{AF})$

**Agua efect.** = 200 Lt. ...  $\text{agua efectiva} = \text{agua diseño} - \text{agua aporte}$

### ) Determinamos los pesos corregidos por humedad de los agregados.

**ag. fino** = 812 kg ...  $W_{AF} (1 + \%H_{AF})$

**ag. grueso** = 961 kg ...  $W_{AG} (1 + \%H_{AG})$

**Tabla 20.** Materiales de diseño por m<sup>3</sup> (corregidos por humedad)

<u>En Peso (por m<sup>3</sup>)</u>		<u>En volumen</u>	
<b>cemento</b> =	359 kg	<b>cemento</b> =	0,114 m <sup>3</sup>
<b>ag. fino</b> =	812 kg	<b>ag. fino</b> =	0,456 m <sup>3</sup>
<b>ag. grueso</b> =	961 kg	<b>ag. grueso</b> =	0,653 m <sup>3</sup>
<b>agua</b> =	200 Lt.	<b>agua</b> =	0,200 m <sup>3</sup>
<b>aire</b> =	2%	<b>aire</b> =	2%

**Fuente:** Diseño de mezcla con corrección de humedad-Laboratorio

**Tabla 21.** Proporciónamiento de los materiales por m<sup>3</sup>.

	<b>C</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>A</b>
<b>En peso</b>	1,0	2,3	2,7	23,7
<b>En volumen</b>	1,0	4,0	5,7	23,7

Fuente: *Elaboración propia.*

**Análisis e interpretación:** La tabla 11 muestra el diseño final del concreto, se utilizaron para ello las propiedades de los agregados obtenidos en laboratorio, se consideró un asentamiento de 3" a 4", un f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> propuesto y el procedimiento utilizado para el diseño del concreto fue el Método ACI 211, donde se determinaron las proporciones de los materiales a utilizar en el diseño final, donde la cantidad de cemento a utilizar por metro cúbico fue de 359 kg, el cual se sustituyó por ceniza de cáscara de arroz en diferentes porcentajes (5%, 10% y 15%) de su peso. En la tabla 12, se determinaron las proporciones de los materiales tanto en peso como en volumen, dividiendo para ello el peso o volumen de los materiales entre el correspondiente valor del cemento.

#### 4.2. Determinación de los pesos de CCA al 05%, 10% y 15 % del peso del cemento.

##### a. Proporciones de los materiales por metro cúbico.

**Tabla 22.** Pesos de CCA al 5, 10 y 15 % del peso de cemento por m<sup>3</sup>

CONDICIÓN	MATERIALES (Kg)	DISEÑO DE CONCRETO			
		0% CCA	5% CCA	10% CCA	15% CCA
SECO	CEMENTO	359	341,05	323,10	305,15
	CCA	---	17,95	35,90	53,85
	AGREGADO GRUESO	954			
	AGREGADO FINO	791			
	AGUA (Lt.)	205			
HÚMEDO	CEMENTO	359	341,05	323,10	305,15
	CCA	---	17,95	35,90	53,85
	AGREGADO GRUESO	961			
	AGREGADO FINO	812			
	AGUA (Lt.)	200			

Fuente: *Diseño propio.*

**b. Proporciones de los materiales por volumen de probeta.**

**Tabla 23.** Pesos de CCA al 5, 10 y 15 % del peso de cemento por vol. probeta

MATERIAL	DISEÑO CON % DE CCA				UND.
	0%	5%	10%	15%	
Cemento	1,79	1,70	1,61	1,52	kg
CCA	0,00	90,00	180,00	270,00	g.
A. fino	4,81				kg
A. grueso	4,06				kg
agua	1,00				Lt.

**Fuente:** Diseño propio.

**Análisis e Interpretación:** En las tablas 22 y 23, se determinaron las proporciones de la ceniza, por m<sup>3</sup> y por volumen de probeta, respectivamente; para el primer caso, se calculó el porcentaje respectivo del peso de cemento por m<sup>3</sup>, y para determinar la CCA utilizada en cada probeta, se multiplicó el volumen de la probeta (0,005 m<sup>3</sup>) con las respectivas proporciones de cemento (Tabla 22); la CCA por probeta es la diferencia entre la cantidad de cemento sin CCA y los productos anteriores. La cantidad de CCA utilizada considerando un 10% de desperdicio fue de 5,7 kg.

**4.3. Medición de las resistencias a la compresión de los núcleos de concreto elaborados en laboratorio.**

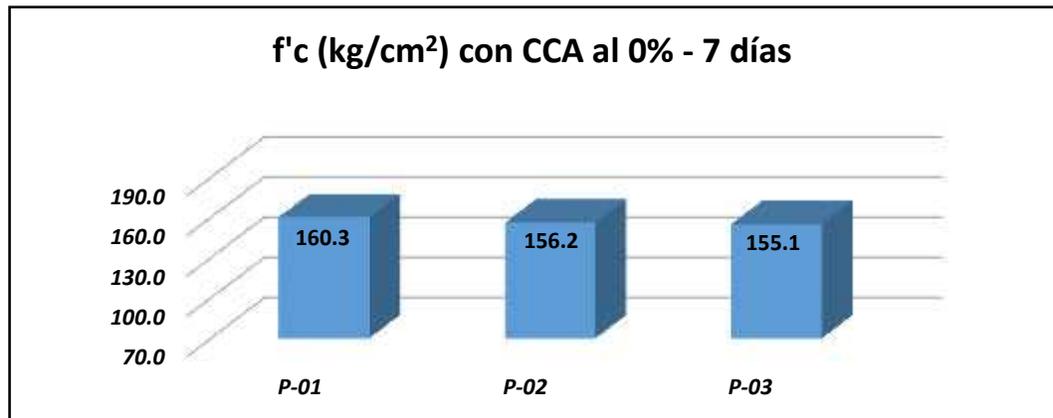
**a. Resultados de la resistencia a la compresión de núcleos de concreto a 07 días de edad.**

**Tabla 24.** Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto patrón.

CCA	PROBETA	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
		[A]	[B]	[C= 4B/fA <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]
0%	P-01	14,80	27580	160,3	210,00	76,34%
	P-02	15,00	27600	156,2		74,37%
	P-03	15,00	27400	155,1		73,83%

**Fuente:** Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 3.** Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto patrón.



(Fuente: Diseño propio, Tabla 24.)

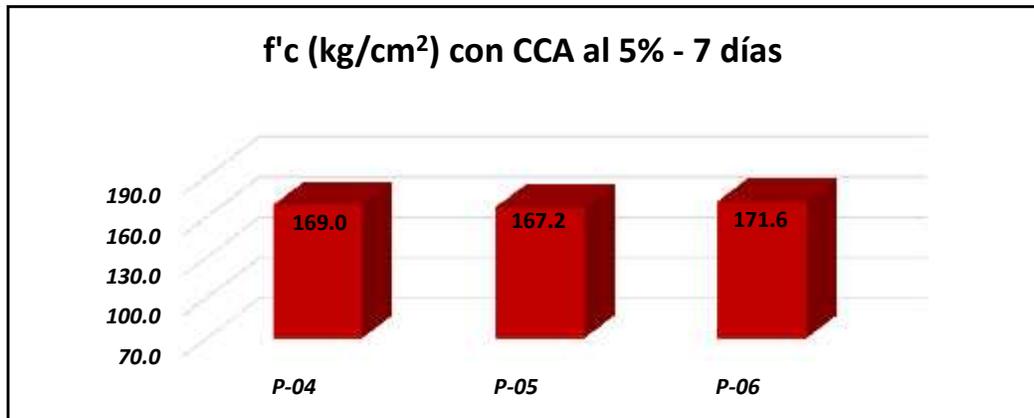
**Interpretación:** En el gráfico 03, se aprecia que la  $f'c$  de las tres probetas ensayadas (diseñadas sin adición de CCA al concreto original), el mayor valor obtenido en la rotura de probetas a 07 días, fue de 160.30 kg/cm<sup>2</sup> representando el 76.33% de la resistencia de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>). Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 24.

**Tabla 25.** Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto experimental con 05% de CCA.

CCA	PROBETA	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
		[A]	[B]	[C= 4B/fA <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]
5%	P-04	15,00	29870	169,0	210,00	80,49%
	P-05	15,00	29540	167,2		79,60%
	P-06	14,96	30170	171,6		81,73%

Fuente: Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 4.** Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto experimental con 05% de CCA.



(Fuente: Diseño propio, Tabla 25.)

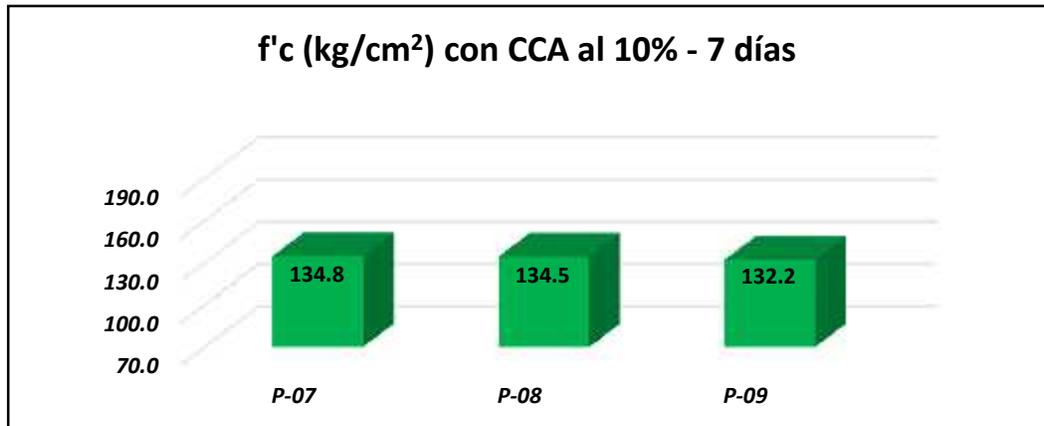
**Interpretación:** En el gráfico 04, se observa la  $f'c$  de las tres probetas ensayadas (diseñadas con 05% de CCA adicionado al concreto), el mayor valor obtenido en la rotura a 7 días de probetas fue de 171.60 kg/cm<sup>2</sup> representando el 81.73% de la resistencia de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>). Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 25. Se puede notar que en comparación con las probetas anteriores (diseñadas sin CCA) presenta una mejora en la resistencia a la compresión.

**Tabla 26.** Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto experimental con 10% de CCA.

CCA	PROBETA	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
		[A]	[B]	[C= 4B/f A <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]
10%	P-07	14,95	23660	134,8	210,00	64,18%
	P-08	14,98	23700	134,5		64,03%
	P-09	15,00	23370	132,2		62,97%

**Fuente:** Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 5.** Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto experimental con 10% de CCA.



(Fuente: Diseño propio, Tabla 26.)

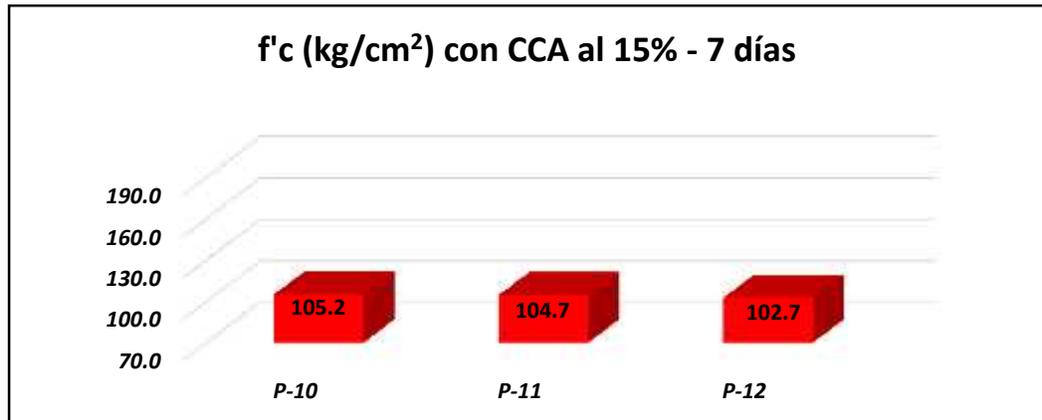
**Interpretación:** En el gráfico 05, se muestra la resistencia a la compresión  $f'c$  de las tres probetas ensayadas (diseñadas con 10% de CCA adicionado al concreto), donde el mayor valor obtenido en la rotura a 07 días para estas probetas fue de 134.80 kg/cm<sup>2</sup> representando el 64.19% de la resistencia de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>). Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 26, comparando con las resistencias obtenidas con el 5% de CCA, muestran una disminución en su  $f'c$ .

**Tabla 27.** Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto experimental con 15% de CCA.

CCA	PROBETA	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
		[A]	[B]	[C= 4B/fA <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]
15%	P-10	15,00	18590	105,2	210,00	50,09%
	P-11	14,99	18480	104,7		49,86%
	P-12	15,00	18140	102,7		48,88%

Fuente: Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 6.** Resistencia a la compresión a 07 días de edad del concreto experimental con 15% de CCA.



(Fuente: Diseño propio, Tabla 27.)

**Interpretación:** En el gráfico 06, se muestra las resistencias a la compresión  $f'c$  de las tres probetas ensayadas en el laboratorio (diseñadas con 15% de CCA adicionado al concreto), el mayor valor obtenido en la rotura a 07 días para estas probetas fue de 105.20 kg/cm<sup>2</sup> representando el casi la mitad (50.10%) de la resistencia de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>). Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 27, se evidencia en este gráfico que la resistencia en estudio baja comparándolo con las roturas anteriores cuyos diseños tenían menos porcentaje de CCA en si diseño.

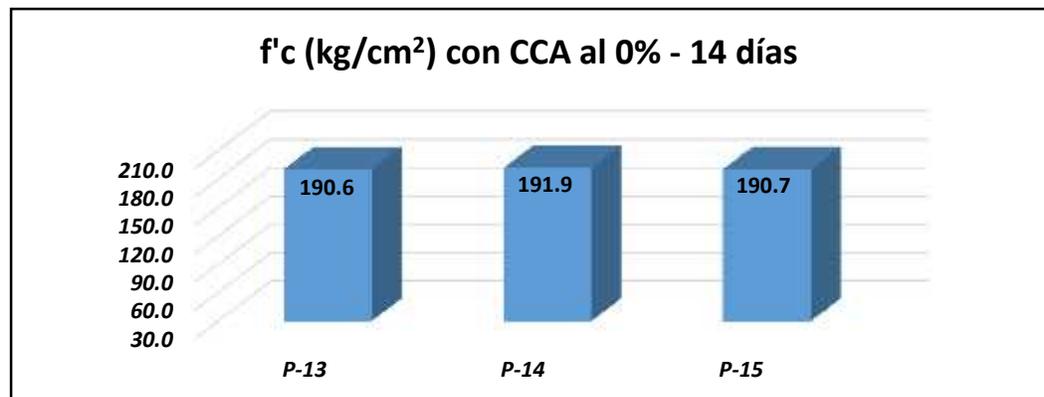
**b. Resultados de la resistencia a la compresión de núcleos de concreto a 14 días de edad.**

**Tabla 28.** Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto patrón.

CCA	PROBETA	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
		[A]	[B]	[C= 4B/fA <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]
0%	P-13	15,00	33680	190,6	210,00	90,76%
	P-14	15,00	33920	191,9		91,40%
	P-15	14,97	33560	190,7		90,80%

Fuente: Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 7.** Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto patrón.



(Fuente: Diseño propio, Tabla 28.)

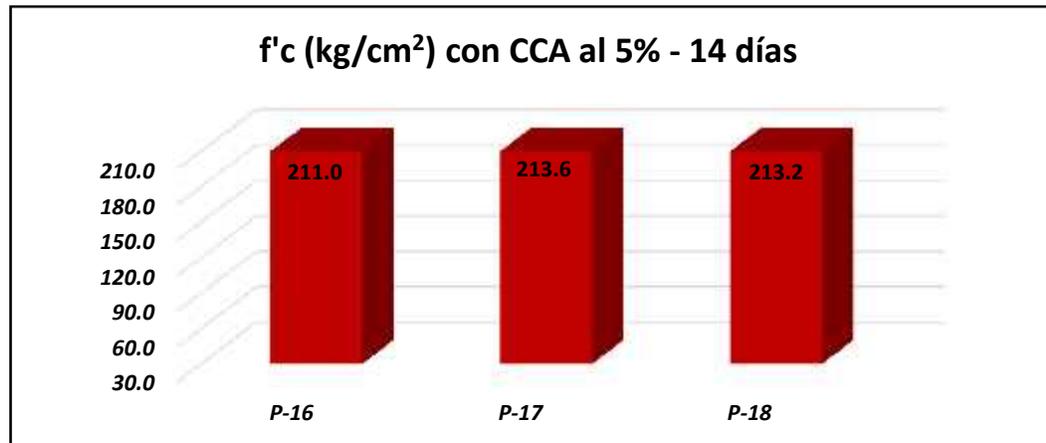
**Interpretación:** En el gráfico 07, se aprecia que las f'c obtenidas a los 14 días de las tres probetas de control ensayadas (diseñadas sin adición de CCA), el mayor valor obtenido fue de 191.90 kg/cm<sup>2</sup> representando el 91.38% de la resistencia de diseño. Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 28. En este ensayo se puede observar que las resistencias encontradas se acercan al f'c de diseño.

**Tabla 29.** Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto experimenta con 05% de CCA.

CCA	PROBETA	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
		[A]	[B]	[C= 4B/f A <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]
5%	P-16	15,00	37290	211,0	210,00	100,48%
	P-17	14,98	37640	213,6		101,70%
	P-18	15,00	37670	213,2		101,51%

**Fuente:** Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 8.** Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto experimenta con 05% de CCA.



**(Fuente:** Diseño propio, Tabla 29.)

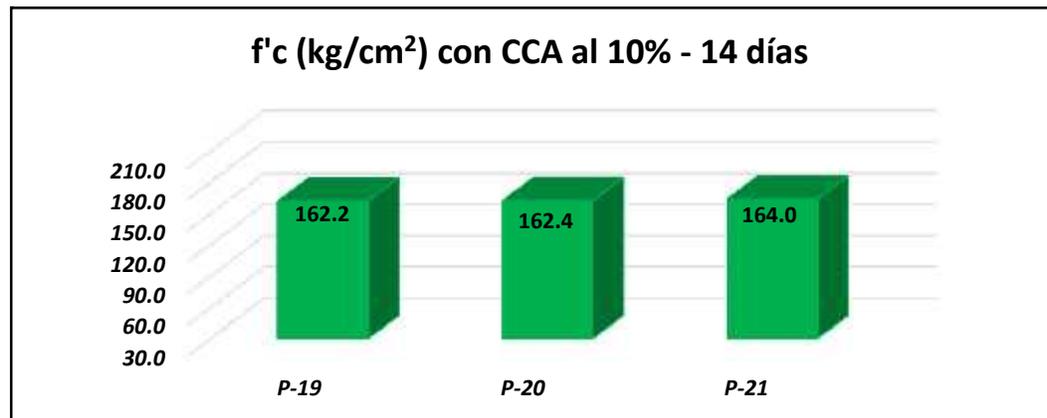
**Interpretación:** En el gráfico 08, se aprecia que la f'c de las tres probetas ensayadas (diseñadas con el 05% de adición de CCA), el mayor valor obtenido en la rotura de probetas a 14 días, fue de 213.60 kg/cm<sup>2</sup> superando ya el 100% del f'c de diseño y representando un 101.71% de la resistencia de diseño patrón. Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 29. Comparando con los resultados de la Tabla 28, se obtuvieron mejores resultados en el f'c de las probetas diseñados con 5% de CCA.

**Tabla 30.** Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto experimenta con 10% de CCA.

CCA	PROBETA	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
		[A]	[B]	[C= 4B/f A <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]
10%	P-19	14,99	28620	162,2	210,00	77,22%
	P-20	15	28690	162,4		77,31%
	P-21	15,00	28980	164,0		78,09%

**Fuente:** Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Grafica 9.** Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto experimenta con 10% de CCA.



(Fuente: Diseño propio, Tabla 30.)

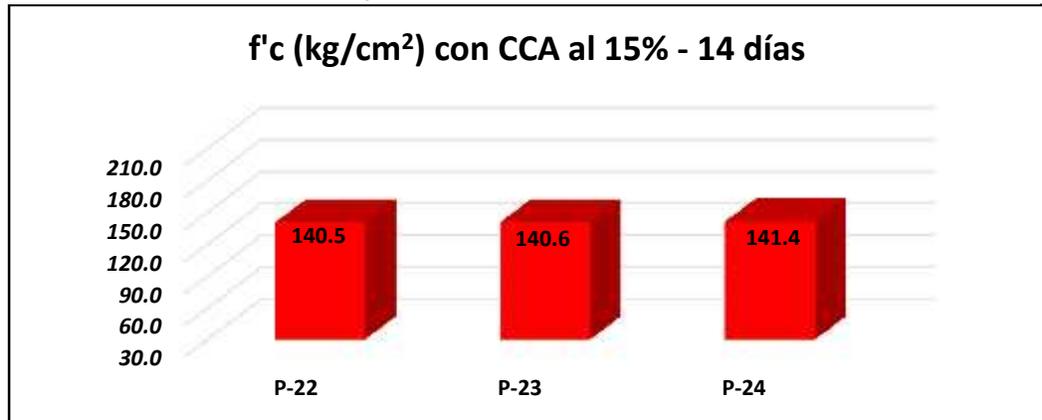
**Interpretación:** El gráfico 09, muestra las resistencias f'c de las tres probetas ensayadas (diseñadas con el 10% de adición de CCA), donde el mayor valor obtenido en la rotura de probetas a los 14 días, fue de 164.00 kg/cm<sup>2</sup> representando apenas 78.10% de la resistencia de diseño patrón. Comparando con los resultados de la Tabla 29, se obtuvieron resultados menores al f'c de las probetas diseñados con 5% de CCA. Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 30.

**Tabla 31.** Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto experimenta con 15% de CCA.

CCA	PROBETA	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
		[A]	[B]	[C= 4B/fA <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]
15%	P-22	14,99	24790	140,5	210,00	66,89%
	P-23	15,00	24840	140,6		66,94%
	P-24	14,93	24760	141,4		67,35%

**Fuente:** Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 10.** Resistencia a la compresión a 14 días de edad del concreto experimenta con 15% de CCA.



**(Fuente:** Diseño propio, Tabla 31.)

**Interpretación:** En el gráfico 10, se observa las resistencias a la compresión de las tres probetas ensayadas (diseñadas con el 15% de adición de CCA), el mayor valor obtenido en la rotura de probetas a 14 días, fue de 141.40 kg/cm<sup>2</sup> representando apenas 67.33% de la resistencia de diseño patrón. Esto representa casi un 14% menos de la resistencia obtenida a los 7 días con un 5% de CCA. Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 31.

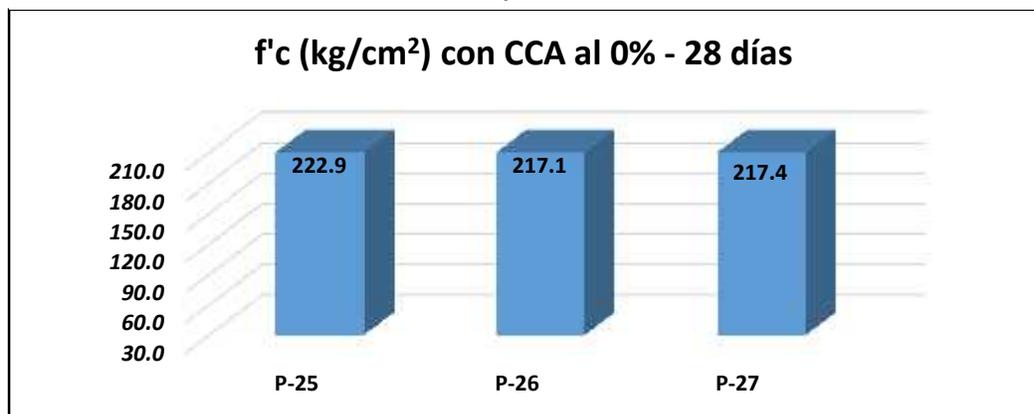
c. Resultados de la resistencia a la compresión de núcleos de concreto a 28 días de edad.

**Tabla 32.** Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto patrón.

CCA	PROBETA	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
		[A]	[B]	[C= 4B/fA <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]
0%	P-25	14,98	39280	222,9	210,00	106,13%
	P-26	15,00	38370	217,1		103,40%
	P-27	14,97	38260	217,4		103,51%

Fuente: Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 11.** Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto patrón.



(Fuente: Diseño propio, Tabla 32.)

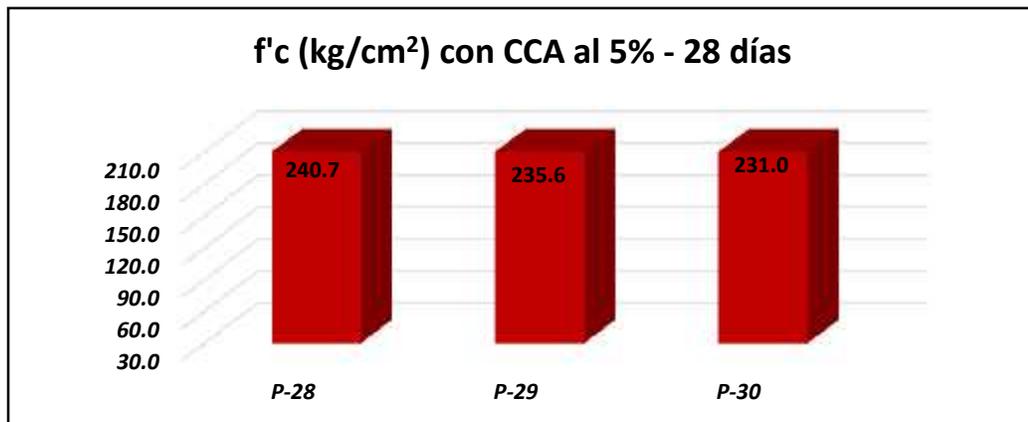
**Interpretación:** En el gráfico 11, se aprecia que las f'c de las tres probetas de control ensayadas, el mayor valor obtenido en la rotura de probetas a 28 días, fue de 222.90 kg/cm<sup>2</sup> representando el 106.14% de la resistencia de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>). Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 32. En este gráfico se observa que se a logrado alcanzar y superar la resistencia de diseño.

**Tabla 33.** Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto experimental.

CCA	PROBETA	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
		[A]	[B]	[C= 4B/f A <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]
5%	P-28	15,00	42530	240,7	210,00	114,61%
	P-29	14,96	41420	235,6		112,21%
	P-30	14,99	40760	231,0		109,98%

Fuente: Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 12.** Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto experimental.



(Fuente: Diseño propio, Tabla 33.)

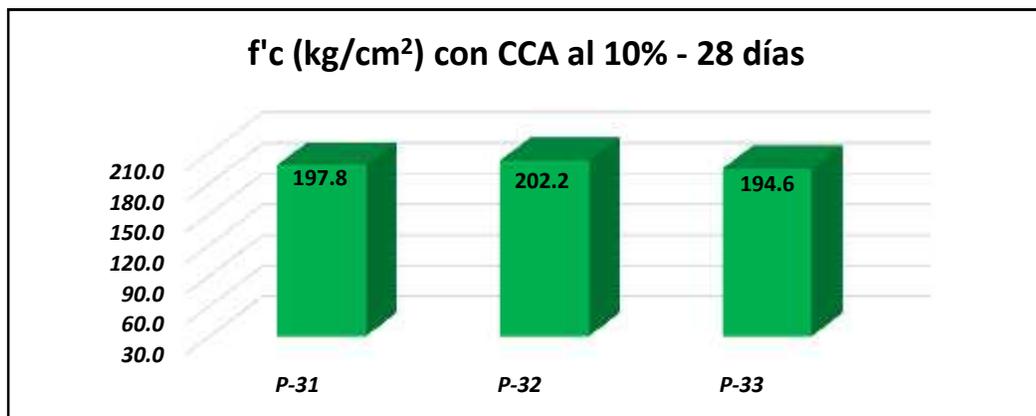
**Interpretación:** En el gráfico 12, se aprecia que las resistencias a compresión de las tres probetas ensayadas (diseñadas con adición al 05% de CCA), superaron ampliamente el f'c de diseño, obtenido en la rotura de probetas a 28 días un valor de hasta 240.70 kg/cm<sup>2</sup> representando el 114.62% de la resistencia de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>) y superior también al máximo f'c obtenido en las probetas de control (Tabla 32). Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 33.

**Tabla 34.** Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto experimental.

CCA	PROBETA	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
		[A]	[B]	[C= 4B/f A <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]
10%	P-31	14,96	34760	197,8	210,00	94,17%
	P-32	14,94	35450	202,2		96,30%
	P-33	15,00	34390	194,6		92,67%

**Fuente:** Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 13.** Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto experimental.



**(Fuente:** Diseño propio, Tabla 34.)

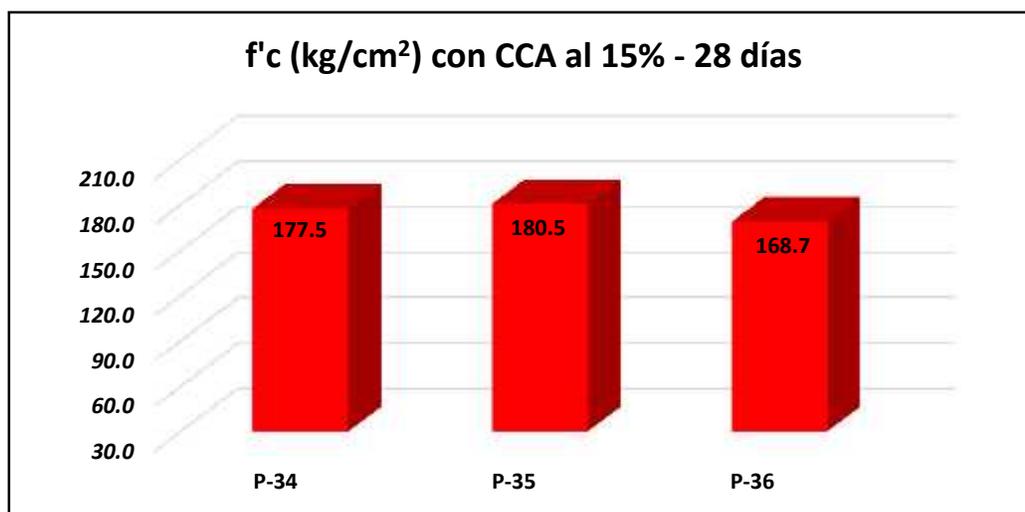
**Interpretación:** En el gráfico 13, se evidencia que las f'c de las tres probetas ensayadas (diseñadas con adición al 10% de CCA), el mayor valor obtenido en la rotura de probetas a 28 días, fue de 202.20 kg/cm<sup>2</sup> representando el 96.29%, es decir que no superaron la resistencia de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>). En comparación con los resultados de las Tablas 32 y 33, éstas son menores para la misma edad de rotura. Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 34.

**Tabla 35.** Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto experimental.

CCA	PROBETA	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
		[A]	[B]	[C= 4B/f A <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]
15%	P-34	15,00	31360	177,5	210,00	84,51%
	P-35	14,94	31650	180,5		85,97%
	P-36	14,89	29370	168,7		80,32%

Fuente: Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 14.** Resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto experimental.



(Fuente: Diseño propio, Tabla 35.)

**Interpretación:** Del gráfico 14, se aprecia que la f'c de las tres probetas ensayadas (diseñadas con adición al 15% de CCA al concreto original), tampoco superaron la resistencia de diseño, siendo el mayor valor obtenido en la rotura de probetas a 28 días, de 180.50 kg/cm<sup>2</sup> representando el 85.95% de la resistencia de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>). Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 35.

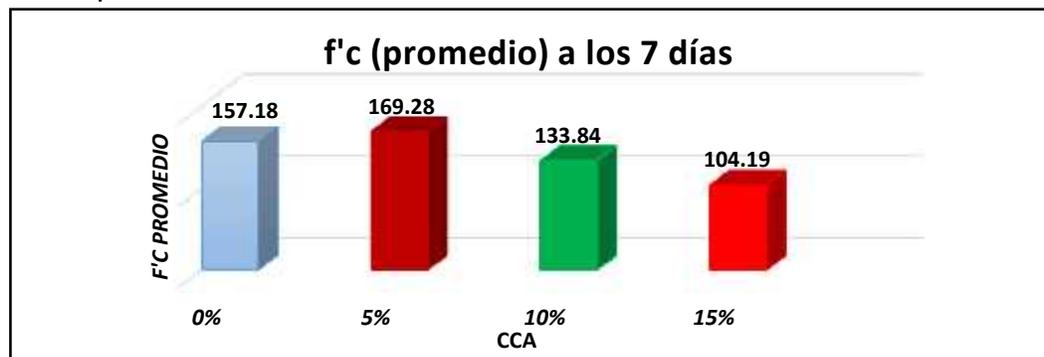
**d. Resultados comparativos de la resistencia a la compresión de núcleos de concreto a 07 días de edad.**

**Tabla 36.** Resistencias a la compresión de probetas patrones y experimentales a 07 días de edad.

CCA	Probeta	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (promedio)	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
0%	P-01	14,80	27580	160,3	157,18	210,00	74,85%
	P-02	15,00	27600	156,2			
	P-03	15,00	27400	155,1			
5%	P-04	15,00	29870	169,0	169,28	210,00	80,61%
	P-05	15,00	29540	167,2			
	P-06	14,96	30170	171,6			
10%	P-07	14,95	23660	134,8	133,84	210,00	63,73%
	P-08	14,98	23700	134,5			
	P-09	15,00	23370	132,2			
15%	P-10	15,00	18590	105,2	104,19	210,00	49,61%
	P-11	14,99	18480	104,7			
	P-12	15,00	18140	102,7			

**Fuente:** Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 15.** Resistencias a la compresión de probetas patrones y experimentales a 07 días de edad.



**(Fuente:** Diseño propio, Tabla 36.)

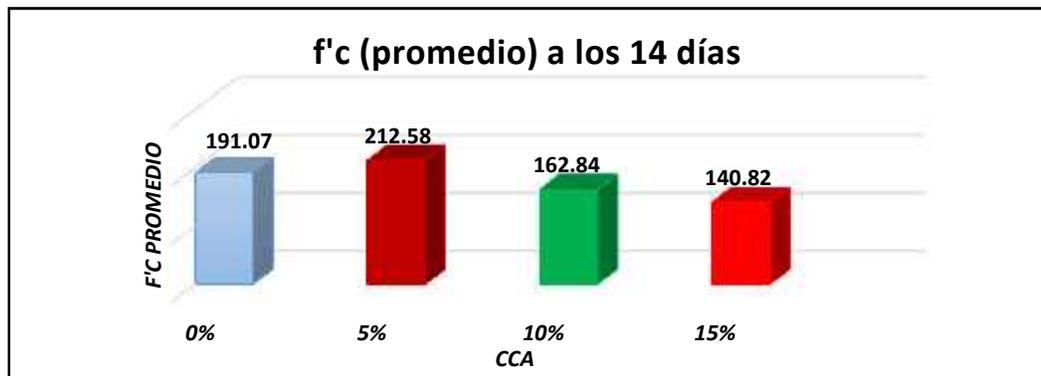
**Interpretación:** En el gráfico 15, se comparó los promedios de las diferentes f'c de probetas patrones y experimentales a 07 días de curado, obteniendo que a esta edad el diseño con 5% de CCA, experimenta mayor resistencia (169.27 kg/cm<sup>2</sup>) en comparación a las demás, representando un 80,61% del f'c de diseño (210 kg/cm<sup>2</sup>). Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 36.

**Tabla 37.** Resistencias a la compresión de probetas patrones y experimentales a 14 días de edad.

CCA	Probeta	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (promedio)	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
0%	P-13	15,00	33680	190,6	191,07	210,00	90,99%
	P-14	15,00	33920	191,9			
	P-15	14,97	33560	190,7			
5%	P-16	15,00	37290	211,0	212,58	210,00	101,23%
	P-17	14,98	37640	213,6			
	P-18	15,00	37670	213,2			
10%	P-19	14,99	28620	162,2	168,84	210,00	77,54%
	P-20	15	28690	162,4			
	P-21	15,00	28980	164,0			
15%	P-22	14,99	24790	140,5	140,82	210,00	67,06%
	P-23	15,00	24840	140,6			
	P-24	14,93	24760	141,4			

Fuente: Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 16.** Resistencias a la compresión de probetas patrones y experimentales a 14 días de edad.



(Fuente: Diseño propio, Tabla 37.)

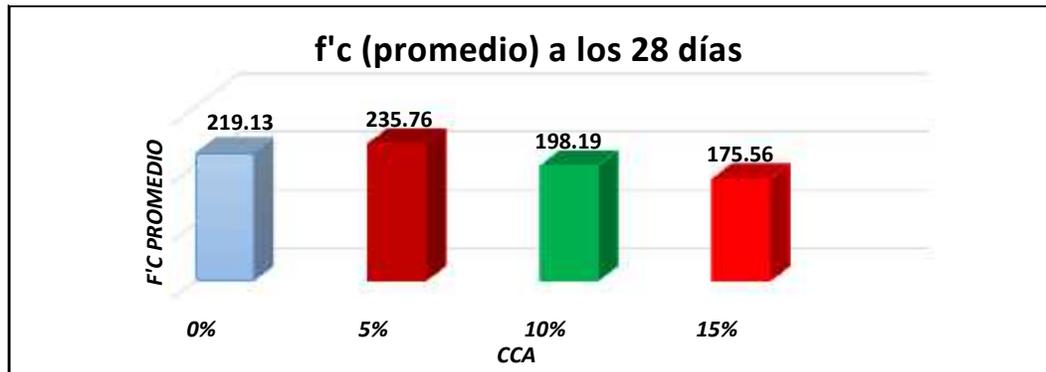
**Interpretación:** En el gráfico 16, se comparó los promedios de las diferentes resistencias f'c de probetas patrones y experimentales a los 14 días de curado, obteniendo que a esta edad el diseño con 5% de CCA, obtuvo mayor resistencia (212.60 kg/cm<sup>2</sup>) en comparación a las demás, superando los 210 kg/cm<sup>2</sup> que fue la resistencia de diseño, evidenciando una mejora significativa respecto a su resistencia a compresión. Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 37.

**Tabla 38.** Resistencias a la compresión de probetas patrones y experimentales a 28 días de edad.

CCA	Probeta	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (promedio)	f'c (diseño)	% f'c (diseño)
0%	P-25	14,98	39280	222,9	219,13	210,00	104,35%
	P-26	15,00	38370	217,1			
	P-27	14,97	38260	217,4			
5%	P-28	15,00	42530	240,7	235,76	210,00	112,27%
	P-29	14,96	41420	235,6			
	P-30	14,99	40760	231,0			
10%	P-31	14,96	34760	197,8	198,19	210,00	94,38%
	P-32	14,94	35450	202,2			
	P-33	15,00	34390	194,6			
15%	P-34	15,00	31360	177,5	175,56	210,00	83,60%
	P-35	14,94	31650	180,5			
	P-36	14,89	29370	168,7			

Fuente: Ensayo a la compresión-Laboratorio LABSUC-Jaén.

**Gráfica 17.** Resistencias a la compresión de probetas patrones y experimentales a 28 días de edad.



(Fuente: Diseño propio, Tabla 38.)

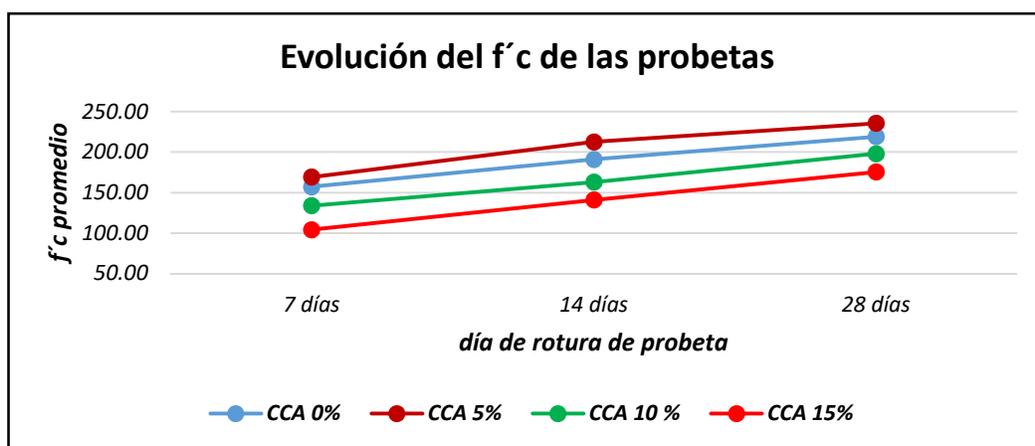
**Interpretación:** En el gráfico 17, se comparó los promedios de las diferentes f'c de probetas patrones y experimentales a 28 días de curado, obteniendo que a esta edad el diseño con 5% de CCA, experimenta mayor resistencia (235.77 kg/cm<sup>2</sup>) en comparación a las demás, superando en más del 12% a la resistencia de diseño. Ello evidencia que reemplazando un 5% de CCA con el peso del cemento, aumenta la resistencia (f'c) del concreto. Los cálculos de las resistencias se establecen en la Tabla 38.

**Tabla 39.** Estadísticos descriptivos de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión realizados a las probetas de control y experimental a los 7, 14 y 28 días.

%CCA	PROMEDIO DE $f_c$			DESVIACIÓN ESTÁNDAR			COEFICIENTE DE VARIACIÓN		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
0	157,18	191,07	219,13	2,74	0,72	3,27	1,74	0,38	1,49
5	169,28	212,58	235,76	2,21	1,40	4,85	1,31	0,66	2,06
10	133,84	162,84	198,19	1,42	0,99	3,82	1,06	0,61	1,93
15	104,19	140,82	175,56	1,32	0,49	6,13	1,27	0,35	3,49

Fuente: *Elaboración propia.*

**Gráfica 18.** Evolución de la resistencia de las probetas a los 7, 14 y 28 días.



(Fuente: Diseño propio, Tabla 39.)

**Análisis e interpretación:** En el gráfico 18, se muestra los promedios de las resistencias a compresión obtenidas en las roturas de las probetas experimentales y de control, en diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días), se evidencia que el diseño con el 5% de CCA obtuvo mejores resultados, mientras que el diseño con el 15% de CCA, obtuvo los menores valores de resistencia a la compresión. Asimismo, en la Tabla 39 se aprecia que los coeficientes de variación son todos menores al 5%, esto quiere decir que los datos obtenidos son homogéneos entre sí.

**Tabla 40.** Pruebas de normalidad de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión realizados a las probetas de control y experimental a los 7, 14 y 28 días.

Prueba de normalidad				
Ensayo	% de CCA	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	0	0,871	9	0,127
	5	0,859	9	0,093
	10	0,868	9	0,116
	15	0,872	9	0,131

**Fuente:** Diseño propio obtenido con ayuda del programa SPSS.

**Análisis e interpretación:** Del análisis realizado con el programa SPSS a los resultados obtenidos en los ensayos de compresión hechos a las probetas de control y experimental a los 7, 14 y 28 días, se realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, dado que los datos analizados son menores a 50, asumiendo un máximo margen de error del 5% y la hipótesis nula  $H_0$ : Los datos siguen una distribución normal y una hipótesis alternativa  $H_1$ : Los datos no siguen una distribución normal. Se acepta  $H_0$  si p-valor es mayor al 5%, caso contrario se acepta  $H_1$ . Respecto al p-valor (Sig.) para cada porcentaje de CCA, fue mayor al 0,05 (margen de error del 5%) como se observa en la tabla 29 (para 0% de CCA su p-valor es  $0,127 > 0,05$ ; al 5% de CCA su p-valor es  $0,093 > 0,05$ ; al 10% de CCA su Sig. es  $0,116 > 0,05$  y para un 15% de CCA su p-valor fue de  $0,131 > 0,05$ ), esto indica que los resultados obtenidos en las pruebas de compresión realizados a las probetas siguen una distribución normal.

**Tabla 41.** Prueba de correlación de Pearson de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión realizados a las probetas de control y experimental a los 7, 14 y 28 días.

Correlaciones			
		% de CCA	Resistencia a la compresión
% de CCA	Correlación de Pearson	1	-,570
	Sig. (bilateral)		<,001
	N	36	36
Resistencia a la compresión	Correlación de Pearson	-,570	1
	Sig. (bilateral)	<,001	
	N	36	36

**Fuente:** Diseño propio obtenido con ayuda del programa SPSS.

**Interpretación:** Sabiendo que los datos obtenidos en las roturas de probetas de control y experimentales siguen una distribución normal, se realizó una prueba de correlación de Pearson entre la variable independiente (porcentaje de CCA al 0, 5, 10 y 15%) y la variable dependiente (f'c obtenido a los 7, 14 y 28 días), utilizando para ello el programa SPSS, se obtuvo como resultado una correlación de -0,57 siendo esta una correlación moderada e inversa, es decir a menor aplicación de CCA (5%) se obtuvieron mayores valores de resistencia a la compresión en los diferentes días del ensayo, esto se confirma con los resultados analizados en la Tabla 39. Por otra parte, se planteó la  $H_0$ : No existe relación entre la adición de CCA al diseño de concreto y su resistencia a la compresión, se obtuvo un grado de significancia menor al 0,001, (menor al 0,05) ello implica rechazar la  $H_0$  e indica que sí existe relación entre la aplicación de ceniza de cáscara de arroz al diseño de concreto y la resistencia obtenida en los ensayos a compresión.

**4.4. Resultados de la resistencia a la compresión de un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  diseñado con CCA al 05%, aplicado en un pavimento rígido del Sector Magllanal.**

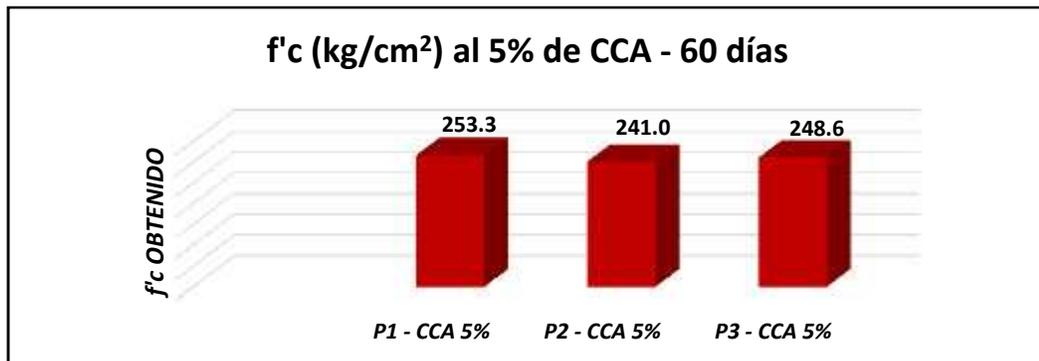
- a. Medición de la resistencia a la compresión de los testigos diamantinos con concreto al 05% de CCA extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal.**

**Tabla 42.** Resistencia a la compresión de testigos de concreto al 5% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal.

NÚCLEO	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'c$ de diseño	% $f'c$ de diseño	Aceptación al 75%
	[A]	[B]	[C= 4B/pA <sup>2</sup> ]	[D]	[(C/D) * 100]	
P1 - CCA 5%	7,45	11040	253,3	210	120,6%	CUMPLE
P2 - CCA 5%	7,42	10420	241,0		114,7%	CUMPLE
P3 - CCA 5%	7,42	10750	248,6		118,4%	CUMPLE

**Fuente:** Ensayo a la compresión de testigos diamantinos-Laboratorio

**Gráfica 19.** Resistencia a la compresión de testigos de concreto al 05% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal.



**(Fuente:** Diseño propio, Tabla 42.)

**Interpretación:** Del gráfico 19 se aprecia que las resistencias a compresión de los tres testigos diamantinos (con 5% de CCA) extraídos

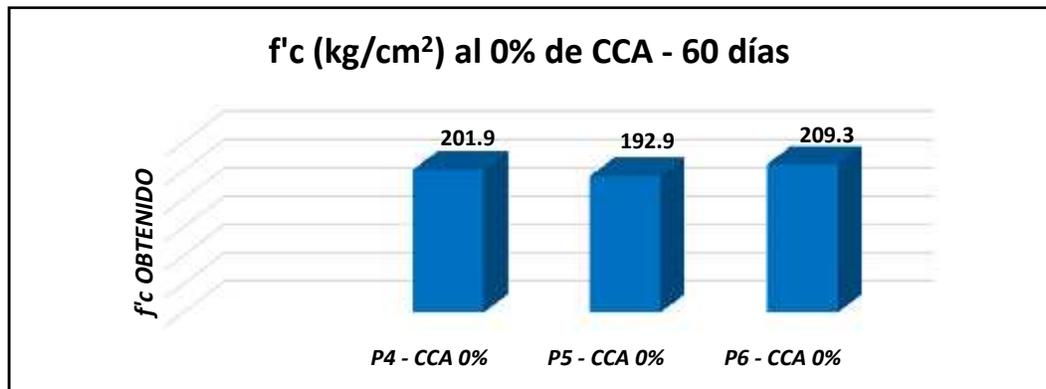
del pavimento rígido (a los 60 días), superan ampliamente la  $f'c$  de diseño ( $210 \text{ kg/cm}^2$ ), alcanzando un máximo de  $253.30 \text{ kg/cm}^2$ ; el cual representa un 120.62% del  $f'c$  de diseño.

**Tabla 43.** Resistencia a la compresión de testigos de concreto al 0% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal.

NÚCLEO	Diámetro de la base (cm)	Fuerza máxima (kg)	$f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	$f'c$ de diseño	% $f'c$ de diseño	Aceptación al 75%
	[A]	[B]	$[C= 4B/pA^2]$	[D]	$[(C/D) * 100]$	
P4 - CCA 0%	7,47	8850	201,9	210	96,2%	CUMPLE
P5 - CCA 0%	7,45	8410	192,9		91,9%	CUMPLE
P6 - CCA 0%	7,42	9050	209,3		99,7%	CUMPLE

**Fuente:** Ensayo a la compresión de testigos diamantinos-Laboratorio

**Gráfica 20.** Resistencia a la compresión de testigos de concreto al 0% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal.



**(Fuente:** Diseño propio, Tabla 43.)

**Interpretación:** Del gráfico 20 se aprecia que las resistencias a compresión de los tres testigos diamantinos (con 0% de CCA) extraídos no superan la  $f'c$  de diseño ( $210 \text{ kg/cm}^2$ ), alcanzando un máximo de  $209.30 \text{ kg/cm}^2$ ; el cual representa un 99.67% del  $f'c$  de diseño, sin embargo, estas resistencias superan al 75% de  $f'c$  de diseño, cumpliendo con los parámetros mencionados en la E.060.

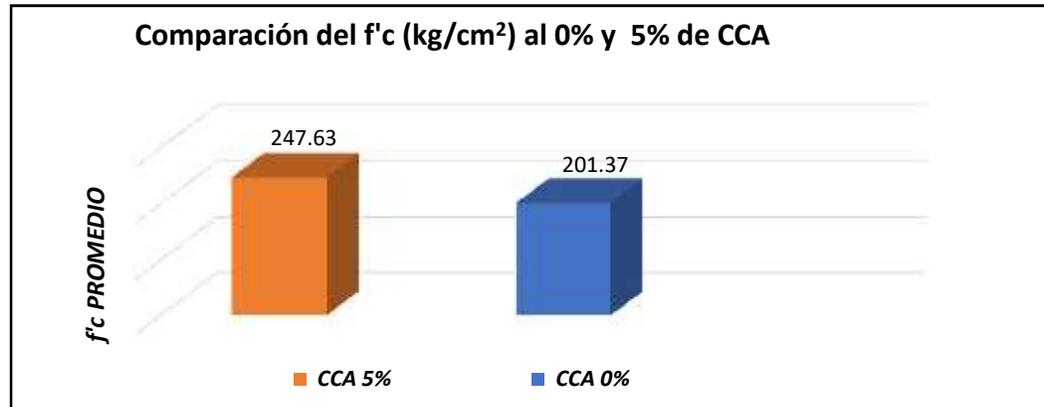
- b. Comparación de las resistencias a la compresión promedio de los testigos diamantinos con concreto al 0% y 05% de CCA extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal.

**Tabla 44.** Promedio de la resistencia a la compresión de testigos de concreto al 0% y 05% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal.

IDENTIFICACIÓN	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c (promedio)	f'c de diseño	% f'c de diseño	ACEPTACIÓN AL 85%
CCA 5%	253,30	247,63	210	117,92%	CUMPLE
	241,00				
	248,60				
CCA 0%	201,90	201,37	210	95,89%	CUMPLE
	192,90				
	209,30				

**Fuente:** Ensayo a la compresión de testigos diamantinos-Laboratorio

**Gráfica 21.** Promedio de la resistencia a la compresión de testigos de concreto al 0% y 5% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal.



**(Fuente:** Diseño propio, Tabla 44.)

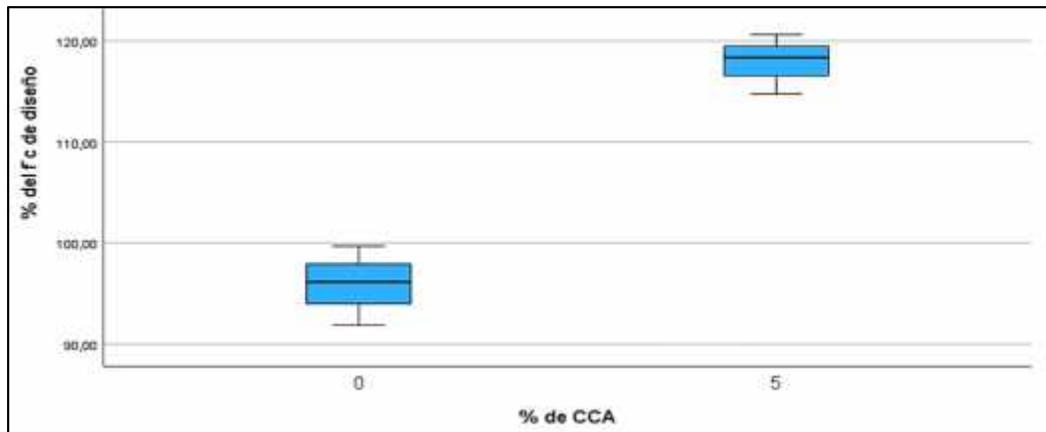
**Interpretación:** En el gráfico 21, se comparó las resistencias f'c de los núcleos diamantinos obtenidos del pavimento rígido en estudio (Sector Magllanal, Jaén), observando que donde se aplicó CCA al 5%, se obtuvieron mejores resultados que donde no se aplicó la CCA, llegando incluso a superar en más del 17% del f'c de diseño.

**Tabla 45.** Pruebas de normalidad de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión realizados a los testigos de concreto al 0% y 5% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal.

Prueba de normalidad				
Ensayo	% de CCA	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión	0	0,871	3	0,893
	5	0,859	3	0,742

**Fuente:** Diseño propio obtenido con ayuda del programa SPSS.

**Gráfica 22.** Dispersión de resultados obtenidos en las roturas de compresión de los testigos de concreto al 0% y 5% de CCA, extraídos a 60 días, del pavimento rígido del sector Magllanal.



**(Fuente:** Diseño propio obtenido con ayuda del programa SPSS.)

**Interpretación:** Del análisis realizado con el programa SPSS a los resultados obtenidos en los ensayos de compresión hechos los testigos de concreto al 0% y 05% de CCA, respecto al p-valor para cada porcentaje de CCA, fue mayor al 0,05, indicando que los resultados obtenidos en las pruebas de compresión realizados a las probetas siguen una distribución normal. Asimismo, del gráfico 21, se aprecia que el promedio del  $f'c$  obtenido con 5% de CCA es superior al obtenido en las diamantinas de control, superando los 240 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando además menos dispersión.

**Tabla 46.** Prueba de correlación de Pearson de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión realizados a los testigos de concreto al 0% y 05% de CCA, extraídos a 60 días del pavimento rígido del sector Magllanal.

Correlaciones			
		f'c obtenido	% de CCA
f'c obtenido	Correlación de Pearson	1	,969
	Sig. (bilateral)		,001
	N	6	6
% de CCA	Correlación de Pearson	,969	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	6	6

**Fuente:** Diseño propio obtenido con ayuda del programa SPSS.

**Interpretación:** Sabiendo que los datos obtenidos en las roturas de probetas de control y experimentales siguen una distribución normal, se realizó una prueba de correlación de Pearson entre la variable independiente (porcentaje de CCA al 0 y 5%) y la variable dependiente (f'c obtenido a los 60 días), utilizando para ello el programa SPSS, y se obtuvo como resultado una correlación de 0,969 siendo esta una correlación muy fuerte (cercana a 1, siendo ésta la máxima). Por otra parte, se obtuvo un grado de significancia menor al 0,001, ello indica que sí existe relación entre la aplicación de ceniza de cáscara de arroz al diseño de concreto y la resistencia obtenida en los ensayos a compresión realizados a los testigos de concreto al 0% y 5% de CCA, extraídos a los 60 días del pavimento rígido del sector Magllanal.

## V. DISCUSIÓN

La búsqueda de nuevos materiales cementantes que reemplacen total o parcial el cemento convencional es en la actualidad un hito importante para la industria de la construcción a nivel internacional, nacional y local, y su desarrollo es de suma importancia, porque eliminaría en gran medida la dependencia de los cementos portland y sus efectos perjudiciales en el medio ambiente de todo el mundo, ayudando a reducir costos, ahorrar energía y recursos naturales no renovables. Con base en lo anterior se probaron materiales puzolánicos de origen vegetal amigables con el medio ambiente, como la ceniza de cascara de arroz (CCA), para investigar su efecto sobre las propiedades físico-mecánicas de resistencia de un concreto con  $f' c = 210 \text{ kg/cm}^2$  que se aplica a pavimentos rígidos, y cuyos resultados se compararon con otros estudios relevantes, con el objetivo de llegar a puntos de convergencia o divergencia de los resultados, que permitirá visualizar puntos de interés comunes, que ayudará a alcanzar los objetivos planteados.

Los hallazgos de esta investigación evidenciaron que según los ensayos a compresión regida por la norma ASTM C 39, las resistencias a la compresión para los testigos de concreto patrón sin adición CCA, para edades de 07 días, alcanzaron en promedio un 74.86% de la resistencia de diseño  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , esto indica que la evolución de la resistencia cumple con norma ASTM C 39, mientras que las probetas con adición de CCA, alcanzaron un promedio de 80.60%, 63.73% y 49% (de la resistencia patrón –  $210 \text{ kg/cm}^2$ ) para adiciones del 05%, 10% y 15%, respectivamente. A su vez las resistencias a edades de 14 días, para testigos patrón alcanzaron en promedio de 90.98% (respecto al  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ), en tanto que el concreto adicionado alcanzó resistencias promedio de 101.23%, 77.54%, 67.06 para CCA al 5%, 10% y 15% respectivamente. Por último, los resultados a compresión obtenidos a los 28 días, para las probetas de control fueron en promedio de 104.35% respecto al diseño patrón, mientras que las probetas diseñadas con adición de CCA al 5%, 10% y 15%, obtuvieron en

promedio 112.27%, 94.38% y 83.60%. Finalmente, de las pruebas a la compresión realizados a los testigos diamantinos extraídos del pavimento rígido donde se aplicó el concreto diseñado con el 5% de CCA, se puede valorar que aplicando este porcentaje se obtuvo un aumento porcentual promedio del 18% aproximadamente (el 117.92 % de la resistencia de diseño).

Por lo tanto, para las edades de curado de 7,14 y 28 se evidencia que la resistencia promedio más favorable u óptima estará sujeta a la proporción de 5% de CCA en sustitución del peso de cemento, dado que tal porcentaje de adición eleva la resistencia a la compresión del concreto hasta en 12% aproximadamente en condiciones de laboratorio, en tanto que para condiciones de obra la adición al 5 % para la edad de 60 días, la resistencia alcanza a elevarse en promedio de 18%, mientras que adiciones de CCA superiores (10% y 15%), en cambio, afectan a su resistencia, haciendo que el concreto disminuya su capacidad hasta en un 16% de la resistencia a compresión del concreto patrón.

Estos resultados divergen de los resultados obtenido por otros investigadores quienes han concluido que porcentajes superiores al 5% de adición de CCA, han mejorado la resistencia a la compresión, tal es el caso del trabajo realizado en Colombia por Rodríguez Sánchez & Tibabuzo Jiménez (2019), quienes realizaron una investigación sobre la Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezclas de concreto hidráulico. En la metodología aplicaron cuatro dosificaciones al 3%,5%,10% y 15% de CCA, y probetas patrón sin adición, para edades de 7, 14 y 28 días, donde se obtuvo que las probetas suplementadas del 3% y 5% por CCA, presentan resistencia inferior a la muestra patrón con una diferencia del 2% y el 1% respectivamente, permite la trabajabilidad y no hay inclusión de aire; Las probetas con 10% de CCA , generan un aumento del 10% de resistencia a la compresión con respecto a la mezcla patrón, no presentan inclusión de aire y permite la trabajabilidad; las probetas con 15% de CCA presentan menor resistencia que la mezcla patrón, presenta una alta inclusión de aire y se dificulta la trabajabilidad; De la misma manera converge la

investigación de ámbito nacional realizado por Córdova y Valverde (2019), quienes realizaron una mezcla patrón de concreto y tres porcentajes diferentes de CCA (05%, 10% y 15%), con el objetivo de estudiar los beneficios de este sobre el concreto aplicado al pavimento de la Av. Chulucanas, es así que sus resultados de las resistencias para tres días de curado (a los 7, a los 14, y a los 28 días), arrojaron que para un 10% de CCA, se supera con una resistencia de 457 kg/cm<sup>2</sup> a la resistencia requerida de 350 kg/cm<sup>2</sup>, así mismo también supera a los diseños con 5% y 15 % de CCA.

En contraposición a los resultados que divergen con nuestra investigación, se puede citar a los datos del trabajo de investigación realizado por Arévalo Torres y López del Águila (2020), quienes realizaron una tesis de tipo experimental, cuyo objetivo principal fue aumentar las propiedades de resistencia del concreto al adicionar CCA. Para ello se diseñaron concretos con  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$ , después de analizar los datos de los ensayos de resistencia efectuados a las probetas con y sin CCA, se pudo verificar que el porcentaje óptimo para mejorar la resistencia a la flexión y compresión fue del 02%, porcentaje cercano al 05% propuesto en nuestra investigación. No obstante es evidente que el rango de adición de CCA, que más influye en la resistencia del concreto no siempre serán los mismos en todos los casos, esto a razón de diferentes deficiencias que puedan ocurrir durante el diseño de mezclas, citando algunos ejemplos se asume que puede ocurrir por la falta del control de calidad de los materiales, durante la realización de los ensayos o análisis estos, ya que en ocasiones presentan altas composiciones de agentes dañinos que se pasaron por alto o también puede ser que durante el diseño se haya utilizado una cantidad de agua excesiva, etc.

Así mismo, se realizaron pruebas de normalidad a los datos obtenidos de los ensayos de rotura en los días establecidos (7, 14, 28), con el programa IBM SPSS, donde se estableció que dichos resultados obtenidos tienen una distribución normal, la importancia de este análisis de normalidad radica en que, si los datos obtenidos tienen dicha tendencia, se les puede aplicar métodos estadísticos

paramétricos (correlación de Pearson) para verificar la dependencia de las variables analizadas (Risk, 2003). Comprobado la distribución normal de los datos, se analizó la dependencia de las variables mediante la correlación de Pearson, encontrándose una correlación de -0,57 siendo esta una correlación moderada e inversa, es decir a menor aplicación de CCA (5%) se obtuvieron mayores valores de resistencia a la compresión en los diferentes días del ensayo, esto se confirma con los resultados analizados en la Tabla 30. Por otra parte, se planteó la  $H_0$ : No existe relación entre la adición de CCA al diseño de concreto y su resistencia a la compresión, se obtuvo un grado de significancia menor al 0,001, (menor al 0,05) ello implica rechazar la  $H_0$  e indica que sí existe relación entre la aplicación de ceniza de cáscara de arroz al diseño de concreto y la resistencia obtenida en los ensayos a compresión. (Juárez, Villatoro & López, 2011).

El análisis anterior permitió verificar y aceptar estadísticamente nuestras hipótesis específicas propuestas:

- A.** Reemplazando las proporciones del peso del cemento considerando el 5%, 10% y 15% de CCA, influirá en su resistencia a la compresión de un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- B.** La ruptura de las probetas indicará en qué porcentaje variará la resistencia a la compresión de un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  considerando el 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de arroz en el peso de cemento.

Para comprobar nuestra hipótesis general: La inclusión de ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  influye en su resistencia a la compresión al aplicarlo en un pavimento rígido del sector Magllanal, Jaén, 2022, se realizó primeramente una prueba de normalidad a datos obtenidos de los ensayos realizados a los núcleos diamantinos con y sin CCA al 5%, arrojado un valor de significancia de 0,893 y 0,742 mayores al 0,05 indicando ello que los resultados obtenidos en las pruebas de compresión realizados a las probetas siguen una distribución normal. Del análisis de correlación de Pearson se obtuvo

una correlación positiva de 0,969 siendo esta una correlación muy fuerte (cercana a 1). Por otra parte, se obtuvo un grado de significancia menor al 0,001, ello indica que sí existe relación entre la aplicación de ceniza de cáscara de arroz al diseño de concreto y la resistencia obtenida en los ensayos a compresión realizados a los testigos de concreto al 0% y 5% de CCA, extraídos a los 60 días del pavimento rígido del sector Magllanal.

La metodología utilizada ayudó a alcanzar los objetivos trazados, por lo que en lo que respecta al **objetivo general**: Medir la influencia de la ceniza de cáscara de arroz en pavimento rígido diseñado con concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Magllanal, Jaén, 2022. Se verifica que, si existe una influencia positiva en la resistencia al adicionar CCA, siendo la adición del 5% la más favorable para el pavimento rígido.

En lo que respecta a los **objetivos específicos** se logró su desarrollo en los resultados de la investigación donde están plasmados.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se elaboró un diseño para un concreto con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> sin adicionar CCA, cumpliendo las especificaciones mínimas necesarias de los agregados estipulados en la NTP400.037.
2. Se determinaron los pesos de CCA a utilizar en el diseño de concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , siendo éstos de 17.95kg, 35.90kg y 53.85kg por metro cúbico, para adiciones del 5%, 10% y 15%, respectivamente.
3. La resistencia promedio a la compresión de las probetas experimentales diseñados con concretos al 5%, 10% y 15% de adición de CCA, fueron respectivamente: 80.60%, 63.73% y 49% (de la resistencia patrón – 210 kg/cm<sup>2</sup>) a los 07 días de edad; 101.24%, 77.56% y 67.06%, a los 14 días de edad; y, a los 28 días alcanzaron un 112.27%, 94.38% y 83.60%; esto evidencia que el porcentaje óptimo para elaborar concretos con mejor resistencia a la compresión es del 5% de adición de CCA en reemplazo parcial del peso de cemento.
4. Se determinó que la adición del 05% de CCA a un concreto con diseño inicial de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , aplicado a un pavimento rígido del Sector Magllanal, mejora su resistencia a la compresión, llegando en promedio a superar en un 18% a la resistencia de diseño.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 1.** Si el concreto está destinado a utilizarse como concreto armado, se recomienda analizar químicamente el pH de las muestras de ceniza a utilizar, debido a que el pH de las cenizas puede afectar al acero, producto de posibles efectos de carbonatación en el concreto.
- 2.** Se recomienda realizar ensayos de resistencia a la tracción diametral de las probetas de concreto, con la finalidad de evaluar su uso en estructuras destinadas a trabajar en tracción, como son las vigas.
- 3.** Se advierte que si los agregados no cumplen con los requerimientos mínimos estipulados en la NTP400.037, se debe optar por diferentes métodos de diseño de mezclas, diferentes al utilizado en esta tesis (Método ACI 211).
- 4.** Se recomienda que luego de seleccionar la ceniza de cáscara de arroz, ésta debe tener un proceso de molido previo para mejorar su fineza, y luego realizar un colado, esto para evitar impurezas que se puedan adherir en el proceso de recolección y molido.

## REFERENCIAS

- Aceros, A. (2021). <http://www.acerosarequipa.com/>. (J. Segura, Editor) Recuperado el 2021
- Alicaresp. (24 de Junio de 2022). Ingeniería Civil. Obtenido de <http://alicaresp.com/2019/01/14/conceptos-basicos-de-pavimentos/>
- ALICARESP. (01 de Julio de 2022). Ingeniería Civil. Obtenido de <http://alicaresp.com/2019/01/14/conceptos-basicos-de-pavimentos/>
- Arévalo Torres Andy Fabián, L. d. (2020). Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Tarapoto.
- Arévalo Torres, A. F., & López del Águila, L. (2020). Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín. Tarapoto: LIMUSA.
- Argos 360. (26 de Setiembre de 2021). Diseño de Mezclas de Concreto: Conceptos Básicos. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/calidad-y-aspectos-tecnicos/disenio-de-mezclas-de-concreto>
- Caballero Romero, A. (2013). Metodología integral innovadora para planes y tesis. México, DF: Orozco.
- Cabrera Arenas, J. C. (2015). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de biocemento a partir de ceniza de cascarilla de arroz. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad De Ingeniería, Chiclayo.

- CARLOS, R. S. (2017). Diseño de concreto  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup> reforzado con cascarilla de café en la ciudad de Jaén. Universidad Nacional De Cajamarca, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, Jaén.
- Castro, J. (26 de Setiembre de 2021). Método de separación de mezclas. Obtenido de <https://metodosdeseparaciondemezclas.win/>
- CEMEX Perú. (26 de Setiembre de 2021). Artículos de construcción. Obtenido de <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->
- Dávila Tantalean , J. S., & Tirado Teatino, J. M. (2020). Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas de un concreto hidráulico para un pavimento rígido. Trujillo: UPN.
- Devia Guevara, A., & Valencia Pabón, E. (2019). Evaluación de la resistencia del concreto con reemplazo del agregado fino por ceniza de cascarilla de arroz. Magdalena: Girardot.
- E.060. (2009). E.060 Concreto Armado. Lima.
- EDWIN, R. V. (2017). Diseño de concreto fibroreforzado de  $f'c= 250$  kg/cm<sup>2</sup> con fibra vegetal en la ciudad de Jaén. Universidad Nacional De Cajamarca, Facultad de Ingeniería, Jaén.
- G., C. P. (2014). Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Ingeniería Civil, Guatemala.
- García Díaz, P. (26 de Setiembre de 2021). Bloquesando. Obtenido de <https://bloquesando.com/cemento-portland-usos>

- Giga, R. (25 de Setiembre de 2021). Motor Giga. Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/alcalino-definicion-significado/gmx-niv15-con112.htm>
- González Días, F., Cano Licon, J., & Rocha Chui, L. (2004). Programa para diseño de concreto normal DM 1.0. Ciudad de México: Nopase.
- Hermida, G. (20123). Aditivos para concreto, una visión actual. Sika, informaciones técnicas, 3.
- Hernández, & Gil. (2007). Diseño de concreto armado. México.
- Hernández, S. (2003). Metodología de la Investigación. D. F. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Heydelbert. (26 de Setiembre de 2021). Heydelbert Cement Group. Obtenido de <https://www.fym.es/es/clinker>
- HUERTAS ALARCÓN, L. Y., & MARTINEZ CELIS, P. A. (2019). Análisis de las propiedades estructurales del concreto. Universidad Católica De Colombia, Programa De Ingeniería Civil, Bogotá D.C.
- kosmatka, S. H. (2004). Concreto armado. México.
- Laura Huanca, S. (2006). Diseño de mezclas de concreto. Puno: UNAL.
- Liyen, P. Q. (2021). Disponibilidad de SiO<sub>2</sub> a partir de la quema controlada de cáscara de arroz de Mayabeque. Ciencia y construcción, 11.
- Mario, J. (20 de agosto de 2022). Ingeniería Civil. Obtenido de <http://ingevil.blogspot.com/2008/10/determinacin-de-la-humedad-natural-de.html>
- Molina Salinas, J. E. (2002). Adición de Ceniza de Cascarilla de Arroz en Hormigón Compactado con Rodillo. Guayaquil: EPSOL.

- Montero Flores , S. Y. (2019). 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. Universidad Señor De Sipán, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Pimentel.
- Montero Trujillo, D. A. (2017). Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador. Quito: USFQ.
- Mundo, B. N. (23 de Agosto de 2021). El mostrador. Obtenido de <https://www.elmostrador.cl/agenda-pais/2018/12/17/el-poderoso-emisor-de-co2-que-esta-por-todas-partes-y-cuyo-impacto-quizas-no-conozcas/>
- Nieto, N. T. (2018). Tipos de investigación. Lima: CORE.
- Ortega, J. (2015). Diseño de estructura de concreto armado. Mexico.
- PUCP. (2020). Emisiones de carbono por parte de la industria del cemento vs cemento verde. Civilizate, 2.
- Ramal Montejó, R., Raymundo Juárez, J., & Chávez Ancajina , J. (2019). Materiales alternativos para estabilizar suelos: el uso de ceniza de cáscara de arroz en vías de bajo tránsito de Piura. Piura.
- Real Academia Española. (26 de Setiembre de 2021). Diccionario de la lengua española. Obtenido de <https://dle.rae.es/polimerizaci%C3%B3n>
- Reyna Pari, C. (2016). Reutilización de plásticos pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la construcción de viviendas de bajo costo. Universidad Nacional de Trujillo, Escuela de Ingeniería Civil, Trujillo.
- Rosaura Vásquez A., P. G. (2019). Las cenizas de cáscara de arroz; adición punzolánica en cemento y concreto. Tecnología del Concreto 8, 20.

- Santivañez Tomas, I. J. (2021). Influencia de la ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de conchas de abanico sobre la resistencia a la compresión en bloques de concreto estructural, Lima 2021. Lima: UPN.
- SUELOS, F. -L. (2022). Guía de Laboratorio de Mecánica de Suelos - proctor modificado. Lima.
- TERREROS ROJAS LUIS EDUARDO, C. C. (2016). Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo. universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Bogotá D.C.
- VALVERDE, A., & SARRIA, B. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. Scientia Et Technica.
- Villegas Martínez, C. (2016). Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo. Universidad Nacional de Ingeniería:, Facultad de Ingeniería Civil, Lima.
- Krishnarao, R. V.; Subrahmanyam, J & Kumar, T. J. (2000). Studies on the formation of black particles in rice husk silica ash. Journal of the European Ceramic Society, Volumen 21, Número 1, Enero 2001, páginas 99-104.recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0955-2219\(00\)00170-9](https://doi.org/10.1016/S0955-2219(00)00170-9)
- Llanos Páez, O.; Ríos Navarro, A.; Jaramillo Páez, C. A.; Rodríguez Herrera, L. F.(2016). La cascarilla de arroz como una alternativa en procesos de descontaminación. Nov. 2016 <http://dx.doi.org/10.22507/pml.v11n2a12>
- Amasifuen Pashanasi, R. E., & Romero Lopez, J. (2021). Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, San Martin – 2020. 1–79. [http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1649/AMASIFUEN\\_PASHANASI\\_ROMER\\_ELDER\\_Y\\_ROMERO\\_LOPEZ\\_JESABEL\\_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1649/AMASIFUEN_PASHANASI_ROMER_ELDER_Y_ROMERO_LOPEZ_JESABEL_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Mafla, A. B. (2009). Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción. *Inventum*, 6, 74–78. <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/47/46>
- Mori Gonzales, N. U. (2019). “La actividad puzolánica y su impacto en las propiedades mecánicas del concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, al sustituir el cemento con 15% de ceniza de concha de abanico y 5% de ceniza de cascarilla de arroz, Chimbote, 2019” [Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46325>
- Pintado Gonzaga, J. H., & Siesquen Delgado, J. C. (2021). Caracterización física - mecánica de concreto adicionando aserrín de madera y ceniza de cascarilla de arroz en la ciudad de San Ignacio - Cajamarca. [Universidad Cesar Vallejo]. In Repositorio institucional CV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/75697>
- Quiroz Vilchez, A. V., & Urbina Baldera, L. B. (2021). Influencia del porcentaje, tamaño de partícula de ceniza de cascarilla de arroz y relación cemento: arena sobre compresión, fluidez, densidad, porosidad y durabilidad en morteros ecológicos para asentado, Trujillo 2021. [Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30534>
- Rodríguez Sánchez, A. M., & Tibabuzo Jiménez, M. P. (2019). Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezclas de concreto hidráulico [Universidad Santo Tomás]. <http://hdl.handle.net/11634/15589>

## ANEXOS

### ANEXO 01. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Ceniza de cáscara de arroz (CCA)	La CCA es el resto sólido de la descomposición termoquímica (pirolisis, gasificación o combustión) obtenida a partir de la cáscara de arroz. (Cabrera Arenas, 2015).	La CCA tiene un porcentaje de sílice de más del 94% de la ceniza, lo cual lo hace ideal como material cementante.	Diseño de concreto con diferentes porcentajes de CCA.	Diseño de concreto con 05% de CCA	Nominal
				Diseño de concreto con 10% de CCA	
				Diseño de concreto con 15% de CCA	

Diseño de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Proceso de elección de los componentes adecuados del concreto, estableciendo sus proporciones relativas con la finalidad de elaborar un concreto relativamente económico, con ciertas propiedades mínimas de resistencia, conveniente trabajabilidad, y durabilidad. (González Días, Cano Licona, & Rocha Chui, 2004)	Diseñar un concreto es determinar las proporciones que ocuparán los elementos que la componen, los ensayos que permiten medir la resistencia a la compresión es la estipulada en la NTP 339.034 y el ensayo de diamantina según la NTP 339.0.059 – 2017.	Diseño de concreto sin CCA	Dosificación de los componentes	Razón
			Diseño de concreto con CCA	Resistencia a la compresión a los 7 días	Razón
				Resistencia a la compresión a los 14 días	Razón
				Resistencia a la compresión a los 28 días	Razón
				Resistencia a la compresión a los 60 días, aplicado en pavimento rígido.	Razón

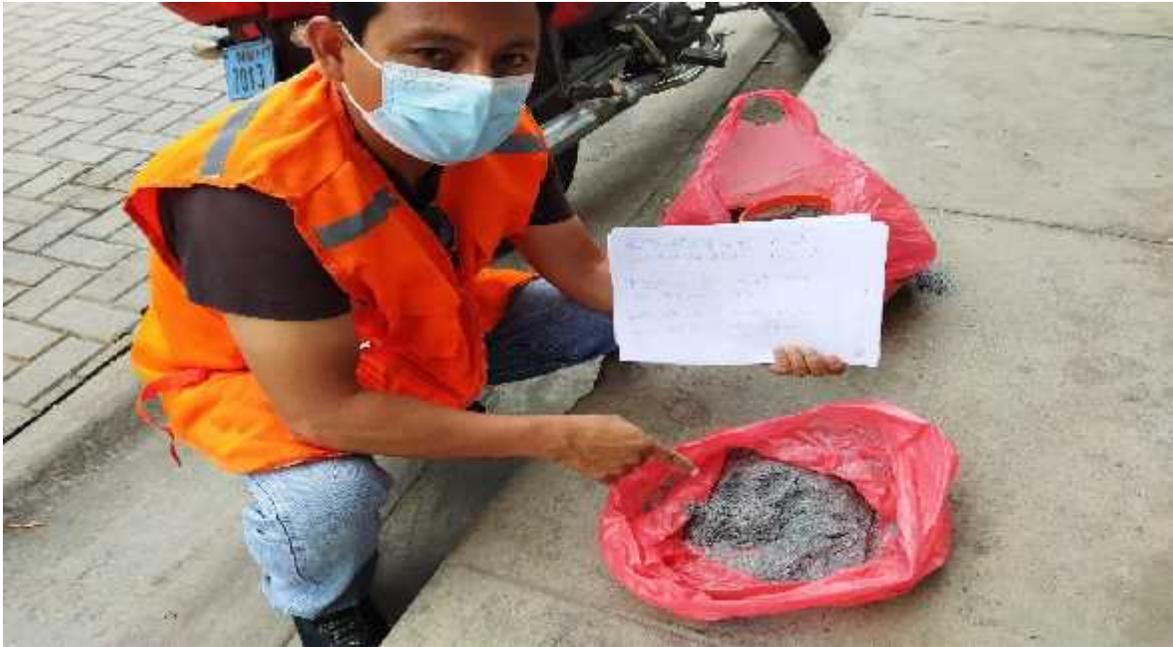
## ANEXO 02. Panel fotográfico



Foto N° 01: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS RECOLECTANDO CCA PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO.



Foto N° 02: PAJILLA DE ARROZ ANTES DE QUEMARSE EN EL HORNO.



**Foto N°03: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS REALIZANDO LA SELECCIÓN DE CCA.**



**Foto N° 04: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS REALIZANDO LA SELECCIÓN DE CCA.**



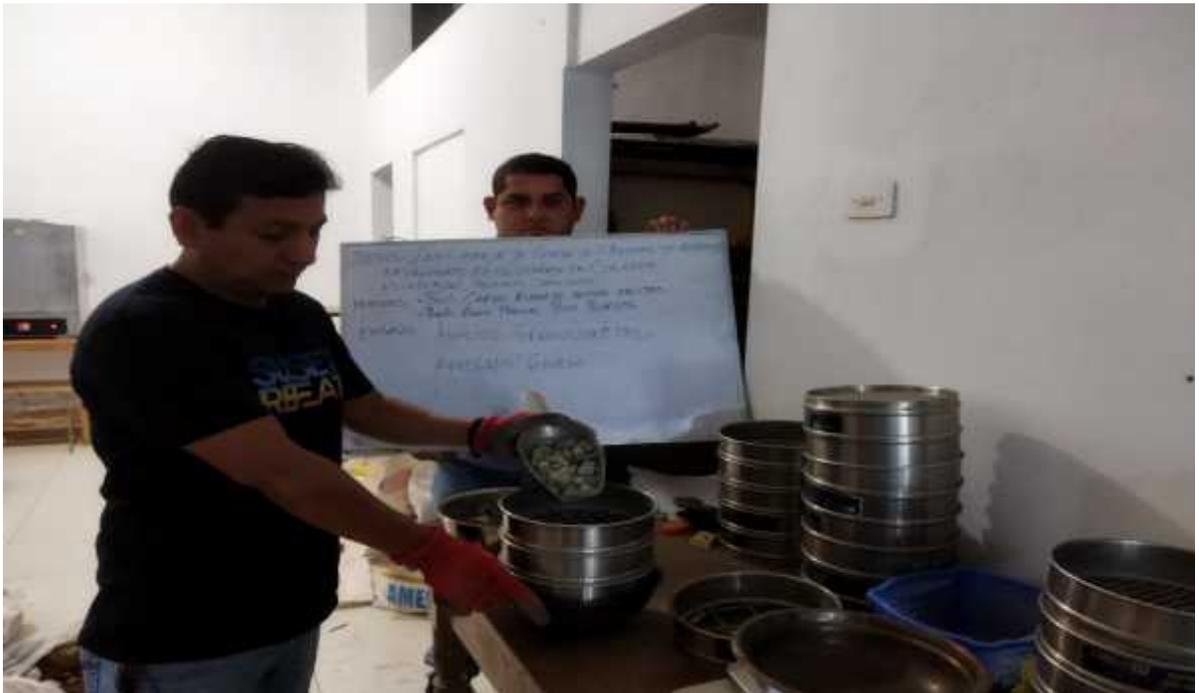
FOTO N° 05: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS REALIZANDO ENSAYOS A LOS MATERIALES.



Foto N° 06: ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO CON FINO.



**FOTO N° 07: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS REALIZANDO ENSAYOS A LOS MATERIALES.**



**Foto N° 08: ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO, AGREGADO GRUESO.**



FOTO N° 09: ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORSIÓN AGREGADO FINO.

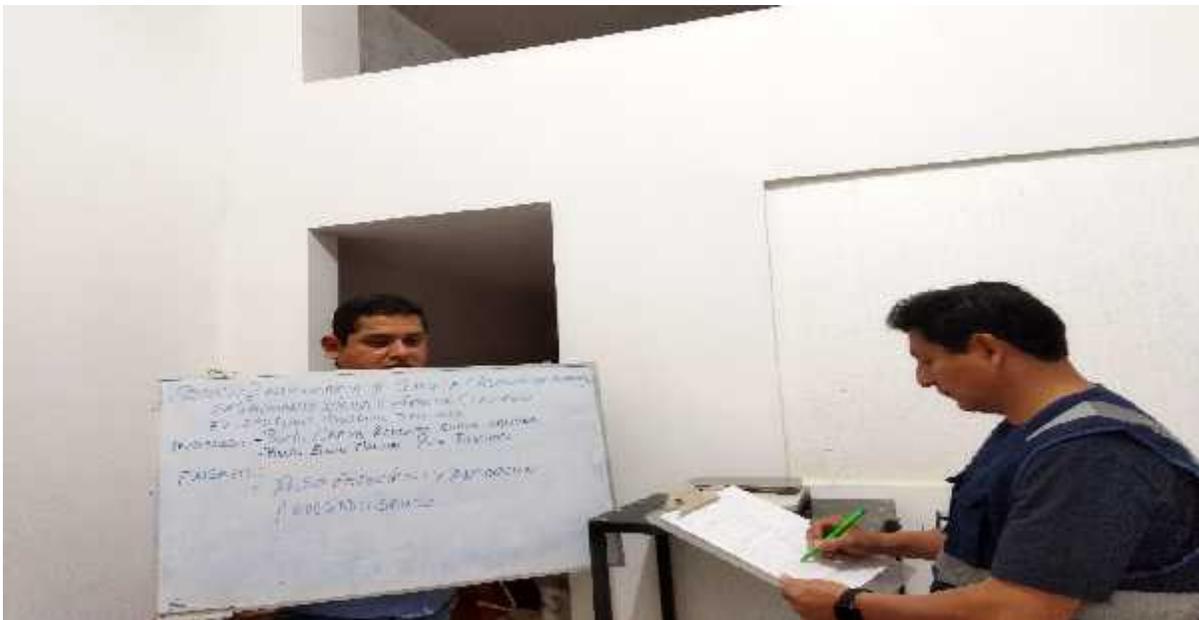


FOTO N° 10: ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORSIÓN AGREGADO GRUESO.



FOTO N° 11: ENSAYO PESO UNITARIO AGREGADO FINO.

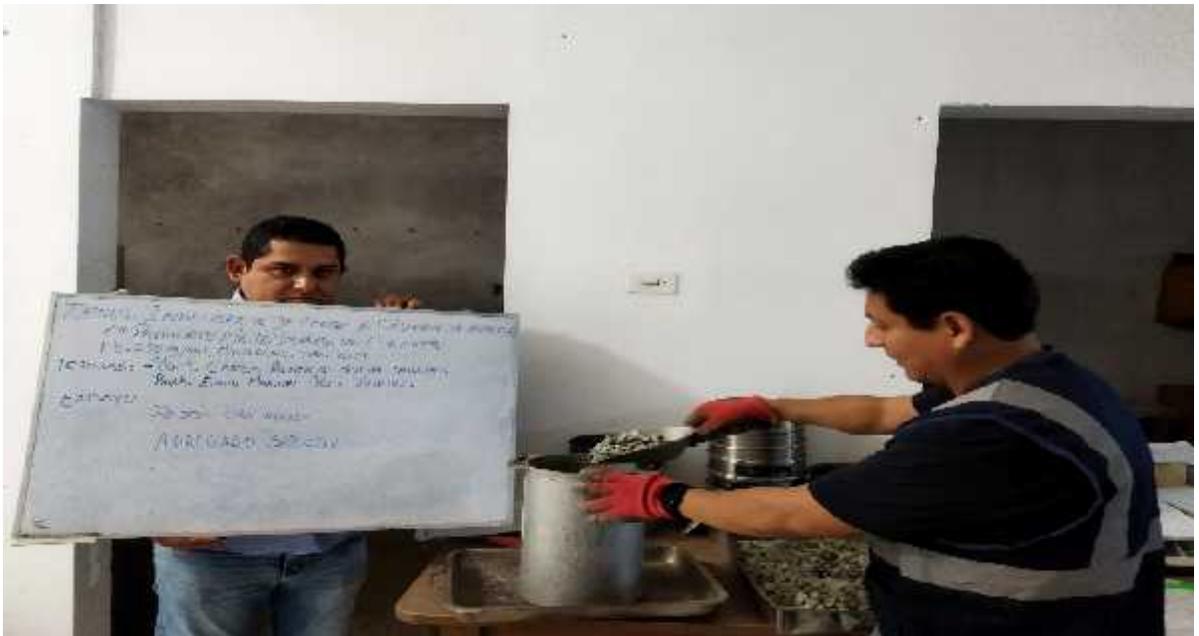


FOTO N° 12: ENSAYO PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO.



FOTO N° 13: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, REALIZANDO LA ELABORACIÓN DE LOS TESTIGOS CILINDRICOS CON Y SIN ADICIÓN DE CCA.



FOTO N° 14: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, REALIZANDO EL PESAJE DE LOS MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE LOS TESTIGOS CILINDRICOS.



**FOTO N° 15: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, REALIZANDO LA ADICIÓN DE CCA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS TESTIGOS CILINDRICOS.**



**FOTO N° 16: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, REALIZANDO EL ENSAYO DE SLUMP CON LA MEZCLA HECHA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS TESTIGOS CILINDRICOS.**



**FOTO N° 17: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, LLENANDO LOS TESTIGOS CILINDRICOS CON Y SIN ADICIÓN DE CCA.**



**FOTO N° 18: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS TESTIGOS CILINDRICOS CON Y SIN ADICIÓN DE CCA.**



FOTO N° 19: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, MOSTRANDO LOS TESTIGOS CILINDRICOS CON Y SIN ADICIÓN DE CCA.



FOTO N° 20: TESTIGOS CILINDRICOS CON Y SIN ADICIÓN DE CCA.



**FOTO N° 21: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS SIN ADICIÓN DE CCA A LOS 07 DIAS.**



**FOTO N° 22: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS SIN ADICIÓN DE CCA A LOS 07 DIAS.**



FOTO N° 23: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS SIN ADICIÓN DE CCA A LOS 14 DIAS.



FOTO N° 24: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS SIN ADICIÓN DE CCA A LOS 14 DIAS.



FOTO N° 25: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS SIN ADICIÓN DE CCA A LOS 28 DIAS.



FOTO N° 26: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS SIN ADICIÓN DE CCA A LOS 28 DIAS.



**FOTO N° 27: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 05% A LOS 07 DIAS.**



**FOTO N° 28: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 05% A LOS 07 DIAS.**



**FOTO N° 29: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 05% A LOS 14 DÍAS.**



**FOTO N° 30: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 05% A LOS 14 DÍAS.**



FOTO N° 31: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 05% A LOS 28 DÍAS.



FOTO N° 32: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 05% A LOS 28 DÍAS.



FOTO N° 33: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 10% A LOS 07 DIAS.



FOTO N° 34: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 10% A LOS 07 DIAS.



**FOTO N° 35: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 10% A LOS 14 DÍAS.**



**FOTO N° 36: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 10% A LOS 14 DÍAS.**



FOTO N° 37: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 10% A LOS 28 DÍAS.



FOTO N° 38: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 10% A LOS 28 DÍAS.



**FOTO N° 39: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 15% A LOS 07 DIAS.**



**FOTO N° 40: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 15% A LOS 07 DIAS.**



**FOTO N° 41: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 15% A LOS 14 DÍAS.**



**FOTO N° 42: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 15% A LOS 14 DÍAS.**



FOTO N° 43: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 15% A LOS 28 DÍAS.



FOTO N° 44: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE PROBETAS CON ADICIÓN DE CCA AL 15% A LOS 28 DÍAS.



**FOTO N° 45: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LOS PAÑOS VACEADOS CON Y SIN ADICIÓN DE CCA EN EL SECTOR MAGLLANAL.**



**FOTO N° 46: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, MOSTRANDO LOS PAÑOS VACEADOS CON Y SIN ADICIÓN DE CCA EN EL SECTOR MAGLLANAL.**



**FOTO N° 47: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS, MOSTRANDO LA CCA QUE SE ADICIONARA A LOS PAÑOS VACEADOS CON Y SIN ADICIÓN DE CCA EN EL SECTOR MAGLLANAL.**



**FOTO N° 48: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, MOSTRANDO LA CCA QUE SE ADICIONARA A LOS PAÑOS VACEADOS CON Y SIN ADICIÓN DE CCA EN EL SECTOR MAGLLANAL.**



**FOTO N° 49: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, REALIZANDO LA EXTRACCIÓN DE NUCLEOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CCA AL 05%, EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.**



**FOTO N° 50: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, REALIZANDO LA EXTRACCIÓN DE NUCLEOS DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE CCA (0%), EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.**



**FOTO N° 51: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS Y ING. RESIDENTE DE OBRA, REALIZANDO LA EXTRACCIÓN DE NUCLEOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CCA AL 05%, EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.**



**FOTO N° 52: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, REALIZANDO LA EXTRACCIÓN DE NUCLEOS DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE CCA (0%), EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.**



**FOTO N° 53: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, REALIZANDO LA EXTRACCIÓN DE NUCLEOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CCA AL 05%, EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.**



**FOTO N° 54: BACHILLER EDWIN M. RUIZ BURGOS, REALIZANDO LA EXTRACCIÓN DE NUCLEOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CCA AL 05%, EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.**



**FOTO N° 55: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, ING. RESIDENTE DE OBRA Y ING. SUPERVISOR DE OBRA, REALIZANDO LA EXTRACCIÓN DE NUCLEOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CCA AL 05% A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.**



**FOTO N° 56: BACHILLERES CARLOS A. QUISPE OBLITAS Y EDWIN M. RUIZ BURGOS, ING. RESIDENTE DE OBRA Y ING. SUPERVISOR DE OBRA, REALIZANDO LA EXTRACCIÓN DE NUCLEOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CCA AL 05% A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.**



FOTO N° 57: NUCLEOS DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CCA AL 05%, EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.



FOTO N° 58: NUCLEOS DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE CCA (0%), EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.



FOTO N° 59: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, REALIZANDO LA ROTURA DE NUCLEOS DE CONCRETO (P1) CON ADICIÓN DE CCA AL 05%, EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.



FOTO N° 60: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, REALIZANDO LA ROTURA DE NUCLEOS DE CONCRETO (P4) SIN ADICIÓN DE CCA (0%), EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.



FOTO N° 61: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, REALIZANDO LA ROTURA DE NUCLEOS DE CONCRETO (P2) CON ADICIÓN DE CCA AL 05%, EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.



FOTO N° 62: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, REALIZANDO LA ROTURA DE NUCLEOS DE CONCRETO (P5) SIN ADICIÓN DE CCA (0%), EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.



FOTO N° 63: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, REALIZANDO LA ROTURA DE NUCLEOS DE CONCRETO (P3) CON ADICIÓN DE CCA AL 05%, EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.



FOTO N° 64: BACHILLER CARLOS A. QUISPE OBLITAS, REALIZANDO LA ROTURA DE NUCLEOS DE CONCRETO (P6) SIN ADICIÓN DE CCA (0%), EXTRAIDOS A LOS 60 DÍAS EN EL SECTOR MAGLLANAL.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, HERRERA VILOCHE ALEX ARQUIMEDES, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis Completa titulada: "INFLUENCIA DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN PAVIMENTO RÍGIDO DISEÑADO CON CONCRETO F´C= 210 Kg/cm<sup>2</sup>, MAGLLANAL, JAÉN, 2022.

", cuyos autores son QUISPE OBLITAS CARLOS ALBERTO, RUIZ BURGOS EDWIN MANUEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 25.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 17 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
HERRERA VILOCHE ALEX ARQUIMEDES <b>DNI:</b> 18210638 <b>ORCID:</b> 0000-0001-9560-6846	Firmado electrónicamente por: AHERRERAV el 17- 11-2022 14:57:57

Código documento Trilce: TRI - 0443790