



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Cenizas de cáscara de arroz como producto sostenible**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE**

**Bachiller en Ingeniería Civil**

**AUTORES:**

Quispe Taipe, Daniel Roberto ([orcid.org/0000-0002-3180-2087](https://orcid.org/0000-0002-3180-2087))

Rojas Vidaurre, Victor Alberto ([orcid.org/0000-0002-5761-7736](https://orcid.org/0000-0002-5761-7736))

**ASESOR:**

Dr. Bendezu Romero, Lenin Miguel ([orcid.org/0000-0002-4650-260X](https://orcid.org/0000-0002-4650-260X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA – PERÚ**

**2024**

# DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

## **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, BENDEZU ROMERO LENIN MIGUEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "Cenizas de cáscara de arroz como producto sostenible", cuyos autores son ROJAS VIDAURRE VICTOR ALBERTO, QUISPE TAPE DANIEL ROBERTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13%, 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 el Trabajo de Investigación 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.

LIMA, 30 de Julio del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
BENDEZU ROMERO LENIN MIGUEL <b>DNI:</b> 10749998 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4650-260X	Firmado electrónicamente por: LBENDEZUR el 30- 07-2024 21:15:30

Código documento Trilce: TRI - 0839460



# DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

## **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, QUISPE TAIPE DANIEL ROBERTO, ROJAS VIDAURRE VICTOR ALBERTO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Cenizas de cáscara de arroz como producto sostenible", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado, ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
ROJAS VIDAURRE VICTOR ALBERTO <b>DNI:</b> 46489419 <b>ORCID:</b> 0000-0002-5761-7736	Firmado electrónicamente por: VAROJASVID el 31-07- 2024 09:27:37
QUISPE TAIPE DANIEL ROBERTO <b>DNI:</b> 72490239 <b>ORCID:</b> 0000-0002-3180-2087	Firmado electrónicamente por: DQUISPETA el 31-07- 2024 16:52:16

Código documento Trilce: INV - 1667402

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	ii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	4
III. RESULTADOS .....	5
IV. CONCLUSIONES .....	11
REFERENCIAS.....	12
ANEXOS .....	15

## RESUMEN

Este artículo presenta una revisión de la literatura sobre el uso de cenizas de cáscara de arroz (CCA) como sustituto parcial del cemento, destacando sus beneficios ambientales, económicos y sociales. La investigación examina cómo la incorporación de CCA, un residuo agroindustrial con alto contenido de propiedades puzolánicas, puede contribuir a la sostenibilidad en la construcción. La producción mundial de arroz genera grandes cantidades de cáscara de arroz, la cual, al quemarse, produce cenizas con potencial para reemplazar el cemento. Este uso no solo ayuda a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N° 13, sino que también ofrece ventajas económicas al disminuir los costos de producción de concreto. Además, el empleo de CCA promueve la sostenibilidad social mediante la generación de empleo y el apoyo a la economía rural. La metodología de esta revisión se basó en un enfoque narrativo, recopilando y analizando datos de diversas bases de datos académicas. Los resultados indican que la CCA es una alternativa viable y eficiente en la industria de la construcción, proporcionando beneficios significativos en términos de sostenibilidad ambiental, económica y social.

**Palabras clave:** Cenizas de cáscara de arroz, sostenibilidad, cemento, emisiones de CO<sub>2</sub>, industria de la construcción.

## ABSTRACT

This article presents a literature review on the use of rice husk ash (RHA) as a partial replacement for cement, highlighting its environmental, economic, and social benefits. The research examines how the incorporation of RHA, an agro-industrial waste with high pozzolanic properties, can contribute to sustainability in construction. The global rice production generates large quantities of rice husk, which, when burned, produces ash with the potential to replace cement. This use not only helps reduce CO<sub>2</sub> emissions, aligning with Sustainable Development Goal (SDG) No. 13, but also offers economic advantages by lowering concrete production costs. Additionally, the employment of RHA promotes social sustainability by generating jobs and supporting the rural economy. The methodology of this review was based on a narrative approach, collecting and analyzing data from various academic databases. The results indicate that RHA is a viable and efficient alternative in the construction industry, providing significant benefits in terms of environmental, economic, and social sustainability.

**Keywords:** Rice husk ash, sustainability, cement, CO<sub>2</sub> emissions, construction industry.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, diversos estudios informan sobre la utilización de residuos agroindustriales con alto contenido de  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  como reemplazos del cemento. En 2020, el arroz alcanzó cifras de producción de 499,3 millones de toneladas métricas. La cáscara de arroz, un residuo derivado de la industria arrocera, al quemarse entre 600 y 800 °C, produce cenizas que representan entre el 17 % y el 23 % de su peso. Diariamente, se generan grandes cantidades de estos residuos, acumulándose en vertederos a la espera de usos alternativos (Rúa, Carbajal, Lasso y Arbeláez, 2022, p. 103.).

Las cenizas de cáscara de arroz (CCA) tienen una importancia significativa debido a su alto contenido de propiedades puzolánicas, esto la convierte en un material potencial para ser utilizado como alternativa de reemplazo parcial del cemento (Camargo, Abellán y Fuentes, 2023, p. 6168). Considerando que anualmente se producen más de 4.13 mil millones de toneladas de cemento y se prevé que esta cifra aumente con el pasar del tiempo, el proceso de fabricación de cemento tiene un impacto negativo sobre el clima, ya que los 4 mil millones de toneladas de producción representan alrededor del 8% de las emisiones de  $\text{CO}_2$  (Endale, Taffese, Vo y Yehualaw, 2022, p. 1).

En este contexto, utilizar CCA se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N° 13, cuya meta es promover la implementación de acciones inmediatas para mitigar el cambio climático y sus efectos. Por ello el uso de CCA como sustituto parcial del cemento es capaz de contribuir significativamente a la reducción de emisiones de  $\text{CO}_2$  (Muleya, Muwila, Tembo y Lungu 2021) promoviendo prácticas más sostenibles dentro del sector de la construcción.

Considerando lo descrito anteriormente, se plantea el siguiente problema general: ¿Cuáles son los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz como producto sostenible? y los siguientes problemas específicos:

PE1: ¿Cuáles son los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad ambiental?

PE2: ¿Cuáles son los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad económica?

PE3: ¿Cuáles son los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad social?

La variable de interés principal en esta investigación es las cenizas de cáscara de arroz como producto sostenible, mientras que las variables dependientes incluyen la sostenibilidad ambiental, económica y social. En términos de sostenibilidad ambiental, esta variable se enfoca en la gestión responsable de los recursos naturales durante las actividades de producción, asegurando su disponibilidad para las futuras generaciones. La sostenibilidad económica implica aplicar prácticas que sean económicamente viables y, al mismo tiempo, social y ambientalmente responsables. La sostenibilidad social busca mejorar la cohesión y estabilidad de las comunidades, promoviendo su desarrollo integral (Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA), 2021, párr. 4).

Los antecedentes internacionales, según Camargo et al. (2023), Endale et al. (2022), Muleya et al. (2021), entre otros, demuestran que en países como Colombia, Etiopía y La India, respectivamente, la investigación sobre el uso de CCA ha avanzado considerablemente, evidenciando que el uso de las CCA puede reemplazar parcialmente al cemento en porcentajes de 10 a 20% siendo una alternativa de sostenibilidad ambiental, económica y social, contribuyendo a disminuir la contaminación, reduciendo costos de producción, promoviendo el desarrollo agrícola y generando empleo.

De igual modo, en el Perú se han llevado a cabo varios estudios que indican el potencial de las CCA para reemplazar parcialmente al cemento en la construcción. Estos estudios destacan a la CCA como un producto sostenible que mejora las propiedades mecánicas del concreto y reduce los costos de producción, siendo beneficioso para las zonas donde se produce dicho insumo.

La justificación del presente estudio se desarrolla en base a la necesidad de encontrar alternativas sostenibles que ayuden a reducir el impacto ambiental con el empleo de



materiales ecológicos. Utilizar ceniza de cáscara de arroz (CCA) no solo aborda la problemática de la contaminación ambiental, sino que también tiene el potencial de ofrecer soluciones sostenibles en diversas industrias. Esto se alinea con los esfuerzos para combatir el cambio climático y promover la sostenibilidad económica y social.

Los objetivos de esta investigación están directamente vinculados a estos problemas de interés. El objetivo general planteado es: O.G: Determinar los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz como producto sostenible, y los objetivos específicos los siguientes:

OE1: Determinar los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad ambiental.

OE2: Determinar los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad económica.

OE3: Determinar los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad social.

## **II. METODOLOGÍA**

Este capítulo detalla la metodología utilizada para realizar la revisión de la literatura sobre el uso de las cenizas de cáscara de arroz como producto sostenible. La investigación se basó en un enfoque narrativo, permitiendo una exploración exhaustiva e integrada de los temas relevantes.

Para la selección de fuentes, se priorizaron bases de datos de prestigio como Scopus, Web of Science, ScienceDirect y SciELO. Para realizar la búsqueda se consideraron palabras clave como cenizas de cáscara de arroz, cemento, rice husk ash, sostenibilidad, sostenibilidad ambiental, priorizando artículos en inglés y español publicados entre 2019 y 2024. Estas bases de datos, junto con repositorios académicos de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas y Universidad Científica del Perú, proporcionaron un total de 20 documentos, divididos equitativamente entre artículos científicos y tesis. Se descartaron fuentes que no cumplieron con los criterios temáticos establecidos.

El volumen de publicaciones consultadas incluyó un total de 16 documentos, compuestos por 10 artículos científicos y 4 tesis. Cada una de estas fuentes contribuyó de manera significativa para abordar los objetivos específicos del estudio, proporcionando una base sólida de información para el análisis.

En cuanto a las consideraciones éticas y de integridad científica, esta investigación se realizó siguiendo las indicaciones estipuladas en la guía de elaboración de trabajos conducentes a grados y títulos de la UCV (N°081-2024-VI-UCV), adoptando prácticas rigurosas para asegurar la integridad de la investigación. Así mismo se implementaron procedimientos meticulosos para la recopilación de información, el uso del Turnitin como herramienta antiplagio y el estricto cumplimiento de las normas de citación y referencia de la American Psychological Association (APA).

### III. RESULTADOS

En referencia al primer objetivo específico, para determinar los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad ambiental, la investigación realizada por Álvarez y Orado (2023), reveló importantes beneficios ambientales. Este insumo aporta material puzolánico, lo que contribuye significativamente a mitigar el impacto ambiental asociado con la producción de cemento. Los resultados indicaron que la sustitución del 5%, 10%, 15% y 20% del cemento por CCA no afectó negativamente las propiedades físico-mecánicas del concreto. Sin embargo, se observó que con un 5% de inclusión de cemento por CCA, la resistencia mejoró, lo cual es significativo porque permite mantener la calidad del concreto mientras se reduce la dependencia del cemento Portland. Así mismo el empleo de CCA como reemplazo parcial del aglomerado no solo fue viable desde un punto de vista técnico, sino que también ofrece significativos beneficios ambientales, reduciendo los desechos de residuos agroindustriales y la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que contribuye a una construcción más sostenible y ambientalmente responsable.

Otro estudio realizado por Padoin, Zydeck, Kostascki y Marangon (2022), ha demostrado que reemplazar cemento Portland con sílice procedente de la quema de cáscara de arroz reduce significativamente el efecto ambiental asociado con su producción. La inclusión de CCA disminuye la cantidad de cemento necesario, lo que a su vez reduce las emisiones de CO<sub>2</sub>. Encontraron que reemplazar CCA en un 30% no comprometió las características mecánicas del concreto, sugiriendo que es una alternativa viable para mitigar la huella de CO<sub>2</sub> en la construcción, además de que su uso promueve la gestión sostenible de residuos agrícolas. La cáscara de arroz, un subproducto generalmente desechado o quemado, contribuye a la contaminación ambiental. Sin embargo, su utilización como material puzolánico en la producción de concreto no solo reduce los residuos, sino que también convierte el desecho en un recurso valioso, apoyando la sostenibilidad ambiental.

El estudio llevado a cabo por Rúa et al. (2022) evidenció varios beneficios económicos derivados de emplear la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) en la mezcla de concreto. Primero, se observó que reemplazar el cemento por CCA y residuos de vidrio permitió

una reducción significativa de costos. La CCA y los residuos de vidrio son materiales de bajo costo en comparación con el cemento Portland, lo que se traduce en ahorros en la producción de concreto. La reducción de costos se debió a la disponibilidad y bajo precio de estos residuos agroindustriales y de vidrio post-consumo. Además, la incorporación de estos materiales también resulta en una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a una construcción más sostenible. Este aspecto fue económicamente beneficioso ya que se alineó con las tendencias actuales y futuras de regulaciones ambientales que pueden imponer costos adicionales a las empresas que no reducen sus emisiones de carbono. Estas ventajas incluyen la reducción de costos de materiales y mantenimiento, así como la alineación con políticas de sostenibilidad que pueden prevenir sanciones económicas por emisiones de CO<sub>2</sub>.

Respecto a la investigación de Julon y Marcañaupa (2021), los resultados indicaron que sustituir parcialmente el cemento con estos residuos reduce notablemente las emisiones de CO<sub>2</sub>, al disminuir la necesidad de clinker y la energía requerida para su producción. Además, se promovió la gestión sostenible de residuos agrícolas, evitando su acumulación en vertederos. Los ensayos mostraron que mejoró las propiedades físicas del concreto. Estos resultados confirman que la CCA y el CBCA son alternativas viables y sostenibles para la construcción, mejorando tanto la resistencia del concreto a altas temperaturas como la sostenibilidad ambiental al reducir emisiones y gestionar eficientemente los residuos agrícolas.

En cuanto al segundo objetivo específico, para determinar los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz (CCA) en la sostenibilidad económica, se tiene el estudio elaborado por Badua, Espiritu, Gaudia, Mazano y Santiago (2024), sobre el aporte de la (CCA) como reemplazo porcentual del cemento en las mezclas de concreto expuesto a condiciones costeras proporciona resultados significativos desde una perspectiva económica. La investigación evaluó la viabilidad económica del uso de CCA al 5%, 10% y 15% como suplemento del cemento en diversas mezclas de concreto. Los hallazgos indicaron que la inclusión del cemento por CCA puede resultar en la economización del costo de producción. Por ejemplo, se observó que el reemplazo del cemento con CCA en un 10% genera un ahorro del 1,80% en

comparación con el concreto sin sustitución. Asimismo, los reemplazos del 20% y 30% de CCA en el cemento redujeron los costos en un 3,61% y 5,41%, respectivamente, en relación con el concreto de referencia. Además, el estudio destaca que estos ahorros se vuelven más significativos cuando se produce concreto en mayores volúmenes. En construcciones grandes, como edificios con paredes de concreto, donde el concreto representa entre el 10% y el 13% del valor total de la obra, la reducción de costos debido al uso de CCA puede ser considerable. Por ejemplo, el uso de concreto con un 20% de sustitución de cemento por CCA podría traducirse en una disminución de entre el 0,36% y el 0,47% del costo total de la obra, dependiendo del volumen de concreto empleado. Estos resultados sugieren que el uso de CCA no solo es económicamente viable, sino que también presenta beneficios económicos directos para la industria de la construcción.

El estudio realizado por Panta (2024) sobre la mejora de las propiedades del hormigón la adición de ceniza de cáscara de arroz (CCA) reveló varios beneficios económicos significativos. La incorporación de CCA como reemplazo parcial del cemento Portland demostró ser una estrategia en la disminución de costos de producción de concreto. Primero, la CCA, al ser un subproducto agrícola, es considerablemente más barata que el cemento Portland. Este ahorro en costos de materiales es especialmente significativo en proyectos de construcción a gran escala, donde el precio del cemento representa una parte importante del presupuesto total. El estudio también destacó que la incorporación de CCA puede ser una estrategia efectiva para incrementar la calidad y durabilidad del concreto. Esto proporciona resultados importantes para la industria de la construcción, ya que puede ayudar a reducir los costos y a fomentar la sostenibilidad ambiental mediante la reutilización de residuos agrícolas. Además, los resultados mostraron que el concreto con ceniza de cáscara de arroz puede ser una alternativa viable para aplicaciones que demandan mayor resistencia y durabilidad, como en la construcción de infraestructuras y edificaciones.

El estudio de Amasifuen y Romero (2021) sobre la inclusión parcial del cemento por ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz demostró beneficios económicos

significativos. Se realizó una comparación de costos entre el concreto  $f'c=350\text{kg/cm}^2$  y el concreto con sustitución parcial del cemento. Los resultados mostraron que el costo del concreto óptimo con la adición de estos insumos es ligeramente mayor que el del concreto patrón, con un incremento de S/. 4.47 por  $\text{m}^3$ . El precio del concreto patrón fue de S/. 578.66 por  $\text{m}^3$ , mientras que el concreto con sustitución parcial tuvo un costo de S/. 583.13 por  $\text{m}^3$ . Además, se concluyó que, aunque los costos de producción con ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz son más económicos y amigables con el medio ambiente, no se logra superar la resistencia del patrón. A pesar de esto, el uso de estas cenizas sigue siendo viable económicamente debido a la reducción de costos de materiales y a los beneficios ambientales que estas pueden proporcionar.

La investigación realizada por Martínez y Oyanguren (2019), ha demostrado los beneficios económicos de utilizar cenizas de cáscara de arroz (CCA) como sustituto parcial del cemento. Los resultados mostraron que la incorporación de CCA hasta un 15% puede reducir significativamente costos en la producción del concreto. En particular, el concreto con un 5% de CCA mostró una reducción del 2.96% en el costo por  $\text{m}^3$  o en comparación con el concreto de control. Este ahorro es especialmente relevante en proyectos de gran envergadura, donde cada metro cúbico de concreto representa un costo significativo. Además, el uso de CCA ayuda a disminuir la dependencia de materiales vírgenes, reduciendo los gastos asociados con la extracción y procesamiento de cemento Portland. En términos de resistencia, la adición de CCA en un 5% no sólo mantuvo la resistencia del concreto, sino que incluso se optimizó. Este hallazgo es crucial, ya que garantiza que el uso de CCA no compromete la calidad del concreto, permitiendo obtener un material más económico sin sacrificar rendimiento estructural. La durabilidad mejorada del concreto con CCA también implica menos costos a largo plazo en términos de mantenimiento y reparaciones, lo que refuerza aún más su viabilidad económica.

El tercer objetivo busca determinar los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz (CCA) en la sostenibilidad social. Así tenemos la investigación de Vargas (2023) quien demostró que la inclusión de CCA en la producción de concreto tiene importantes beneficios en términos de sostenibilidad social, especialmente para

proyectos de infraestructura en el norte del Perú. La CCA mejora considerablemente los resultados a compresión en un tiempo de curado de 28 días para diseños de concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup> y 350 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque los concretos con adición del 9%, 15%, y 20% de CCA no superan al concreto patrón en resistencia a la compresión, los costos de producción son significativamente menores. Cabe resaltar que, mientras mayor sea el porcentaje de CCA en la mezcla, la resistencia a la compresión disminuirá proporcionalmente. La reducción de costos hace que los concretos con reemplazo de ceniza sean más económicos y ambientalmente amigables en comparación con los concretos sin reemplazo. Esto es crucial para la viabilidad de proyectos que requieren altas resistencias para elementos estructurales, como puentes, en el norte del Perú. La disminución de costos de materiales permite realizar más proyectos de infraestructura con el mismo presupuesto, beneficiando así a las comunidades locales.

El estudio realizado por Robinson, Torres y Vilchez (2022) sobre la utilización de cenizas de cáscara de arroz (CCA) muestra varios beneficios significativos. En primer lugar, se destaca la conversión de CCA en bioenergía y productos de valor añadido, lo que proporciona una operación ambientalmente benigna y el uso eficiente de recursos de biomasa abundante. Esta conversión no solo mejora la economía en sectores rurales mediante la generación de empleo, sino que también promueve prácticas agrícolas más sostenibles al ofrecer alternativas a la quema de rastrojos, una práctica común pero perjudicial en regiones rurales debido a las limitaciones financieras y la falta de opciones sostenibles. Así mismo indican que la utilización de CCA en la fabricación de productos sostenibles, demuestra un potencial significativo para aportar a la sostenibilidad económica y social, contribuyendo a mejorar la economía en poblaciones rurales, generación de empleo, y a promover prácticas agrícolas más sostenibles.

La investigación realizada por Muleya et al. (2021) ha demostrado los beneficios sociales del uso de cenizas de cáscara de arroz (CCA) como reemplazo porcentual del cemento en la producción de concreto. Este estudio se centró en comunidades de bajos ingresos en Zambia, donde el costo del cemento convencional es elevado para muchas familias rurales. Los resultados indicaron que la inclusión parcial del cemento

por CCA no solo reduce los costos de producción de concreto, sino que también mejora la calidad de vida de la población del sector rural. La utilización de un 20% de CCA en la mezcla de concreto resultó en una reducción de costos del 12.5%, haciendo el concreto más accesible para las familias de bajos ingresos. Este ahorro es significativo, permitiendo la construcción de infraestructuras básicas como con cargas ligeras, como cimientos, pisos y pasarelas beneficiando a las comunidades de bajos ingresos. Al aprovechar la cáscara de arroz, un subproducto agrícola abundante en Zambia, se promueve la economía local y se crean oportunidades de empleo en el procesamiento y producción de CCA. Esto contribuye al desarrollo económico y social de las comunidades rurales, fortaleciendo su capacidad para mejorar su infraestructura con recursos accesibles y sostenibles.

El estudio de Botchway, Afrifa y Henaku (2020) sobre el reemplazo parcial del cemento Portland ordinario (OPC) con ceniza de cáscara de arroz (RHA) en Ghana reveló beneficios significativos en términos de sostenibilidad social. El uso de RHA como sustituto del cemento reduce los costos de fabricación de concreto, lo que puede contribuir a la construcción de viviendas más asequibles. En países en desarrollo como Ghana, donde existe un déficit significativo para la construcción de viviendas, esta reducción de costos es crucial para mejorar la calidad de vida de los pobladores. Demostró también que la sustitución del cemento por RHA no compromete la resistencia del concreto, especialmente con un reemplazo óptimo del 5%, lo que permite mantener la calidad de las construcciones a un costo menor. Además, indicó que el uso de RHA reducirá mucho más la contaminación por la fabricación de concreto.



#### **IV. CONCLUSIONES**

1. El uso de CCA, es viable cuando se usa en proporciones de 10% a 20% como producto sostenible en reemplazo del cemento, ofreciendo múltiples beneficios en términos ambientales, económicos y sociales, consolidándose como una alternativa viable y eficiente en la industria de la construcción.
2. La incorporación de CCA en el concreto reduce significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la producción de cemento, promoviendo la gestión sostenible de residuos agrícolas, además, las propiedades puzolánicas de la CCA mejoran las propiedades del concreto, contribuyendo a la reducción de CO<sub>2</sub>.
3. El uso de CCA en la producción de concreto resultó en una reducción notable de los costos de producción. Los estudios demostraron que reemplazar el cemento por CCA en diferentes porcentajes puede generar ahorros significativos, especialmente en proyectos de construcción a gran escala. Estos ahorros se deben a la disponibilidad y bajo costo de la CCA en comparación con el cemento Portland, permitiendo la construcción de infraestructuras a un costo menor sin comprometer la calidad del concreto.
4. La utilización de CCA en la producción de concreto genera beneficios sociales, especialmente en áreas rurales donde la cáscara de arroz es abundante. Esta práctica crea nuevas oportunidades económicas y de empleo, mejorando la calidad de vida en estas comunidades, fortaleciendo el desarrollo integral.

## REFERENCIAS

- RÚA, Andrés, CARVAJAL, Jeferson, LASSO, Cristian y ARBELÁEZ, Oscar. Producción de hormigón verde a partir de ceniza de cascarilla de arroz y residuos de vidrio como sustitutos del cemento. Revista ION, 35(2): 101–109, noviembre 2022. Disponible en <https://doi.org/10.18273/revion.v35n2-2022008>
- CAMARGO-PÉREZ, Nelson, ABELLÁN-GARCÍA, Joaquín, y FUENTES, Luis. Use of rice husk ash as a supplementary cementitious material in concrete mix for road pavements. Journal Of Materials Research And Technology/Journal Of Materials Research And Technology, 25: 6167-6182, julio 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.07.033>
- ENDALE, Salomon, TAFSESE, Woubishet, VO, Duy-Hay y YEHUALAW, Mitiku. Rice Husk Ash in Concrete. Sustainability, 15(1): 137, diciembre 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su15010137>
- MULEYA, Franco, MUWILA, Natasha, TEMBO, Chipozya y LUNGU, Alice. Partial replacement of cement with rice husk ash in concrete production: an exploratory cost-benefit análisis for low-income communities, 13(3): 127-141, agosto 2021. Disponible en <https://doi.org/110.2478/emj-2021-0026>
- OBJETIVO de desarrollo sostenible. [en línea]. [s.l.]: BBVA. [Fecha de consulta: 17 de junio del 2024]. Disponible en <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-sostenibilidad-un-camino-urgente-y-sin-marcha-atras/>
- ALVAREZ, Cesar y ORADO, Ali. Influencia de la Sustitución Porcentual del Cemento por Ceniza de Cáscara de Arroz en Propiedades Físico–Mecánicas del Concreto -2023. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(4): 6246-6261, agosto 2023. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i4.7409](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7409)

- PADOIN, Daniela, ZYDECK, Raquel, KOSTESKI, Luis y MARANGON, Ederli. Sílica Proveniente da Queima da Casca de Arroz utilizada como Substituto Parcial Do Cimento No Concreto Autoadensável. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, 11(3): 195-214, setiembre 2022. Disponible en <https://doi.org/10.59306/rgsa.v11e32022195-214>
- JULON, Neiser y MARCAÑAUOA, Quispe. Mejoramiento de la resistencia a compresión y flexión de concreto sostenible a elevadas temperaturas, con adición de cenizas puzolánicas. Trabajo de investigación (para optar el grado de bachiller en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2021. Disponible en <http://hdl.handle.net/10757/657263>
- BADUA, Dean, ESPIRITU, Raffy, GAUDIA, Nicole, MAZANO, Ryan y SANTIAGO Karen. Effectiveness of Rice (Oryza sativa) Hull Ash (RHA) as Partial Replacement of Cement in Concrete Exposed in Coastal Conditions. PaperASIA, 40(2b): 105–112, abril 2024. Disponible en <https://doi.org/10.59953/paperasia.v40i2b.78>
- PANTA, Hebert. Revisión sistemática de la literatura sobre la mejora de las propiedades físico-mecánicas del concreto con adición de ceniza de cáscara de arroz. LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades, 5(3): 2055 – 2062, junio 2024. Disponible en <https://doi.org/10.56712/latam.v5i3.2178>
- AMASIFUEN, Romer y ROMERO, Jesabel. 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 Martín – 2020. Tesis (para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Tarapoto: Universidad Científica del Perú, 2021. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.14503/1649>
- MARTINEZ, Francisco y OYANGUREN, Luis. Diseño y evaluación de concreto especial con cenizas de cáscara de arroz (RHA) para aumentar la durabilidad

de las estructuras frente a la exposición al ambiente marino. Tesis (para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019. Disponible en <http://hdl.handle.net/10757/628220>

- VARGAS, Sebastián y CARRASCO, Cesar. Propuesta de mejora de la durabilidad del concreto de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  con ceniza de cáscara de arroz en las superestructuras de puentes en zonas tropicales del Perú. Tesis (para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2023. Disponible en <http://hdl.handle.net/10757/671107>
- ROBINSON, Dannette, TORRES, Derling y VÍLCHEZ Henry. Uso sostenible de la cascarilla de arroz para productos de valor añadido. Revista Ciencia Y Tecnología El Higo, 12(1): 2–27, junio del 2022. Disponible en <https://doi.org/10.5377/elhigo.v12i1.14516>
- BOTCHWAY, Derrick, AFRIFA, Russell y HENAKU Charles. Effect of Partial Replacement of Ordinary Portland Cement (OPC) with Ghanaian Rice Husk Ash (RHA) on the Compressive Strength of Concrete. Open Journal of Civil Engineering, 10: 353-363. Disponible en <https://doi.org/10.4236/ojce.2020.104027>

## ANEXOS. Matriz de consistencia

Cenizas de cáscara de arroz como producto sostenible					
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
P.G: ¿Cuáles son los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz como producto sostenible?	O.G: Determinar los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz como producto sostenible	-----	-----	-----	<p><b>Tipo de investigación:</b> Básica</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Descriptiva</p> <p><b>Enfoque:</b> Cualitativo</p> <p><b>Diseño:</b> No Experimental</p>
PE1: ¿Cuáles son los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad ambiental?	OE1: Determinar los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad ambiental	<p><b>Variable:</b>  Cenizas de cáscara de arroz como producto sostenible</p>	Sostenibilidad ambiental		<p><b>Población:</b> Artículos científicos y Tesis</p> <p><b>Muestra:</b> 10 Artículos científicos y 4 Tesis</p> <p><b>Técnicas:</b> Revisión de la literatura y Análisis de contenido</p> <p><b>Instrumentos:</b> Bases de datos y repositorios académicos</p>
PE2: ¿Cuáles son los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad económica?	OE2: Determinar los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad económica		Sostenibilidad económica		
PE3: ¿Cuáles son los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad social?	OE3: Determinar los beneficios de utilizar las cenizas de cáscara de arroz en la sostenibilidad social		Sostenibilidad social		