



Influencia de la ceniza de cáscara de arroz sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto

Influence of Rice Husk Ash on the Physical and Mechanical Properties of Concrete

Jerson De Paz Huaman^{1*}

Percy Paredes Zelaya¹

¹Universidad Cesar Vallejo, Chimbote, Perú.

Recibido: 28 Sep, 2023 | Aceptado: 10 May, 2024 | 20 Jul.2024

Autor: de correspondencia*: jrsn1310@gmail.com

Como citar este artículo: De Paz Huaman, J., & Paredes Zelaya, P. (2024). Influencia de la ceniza de cáscara de arroz sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto. *Aporte Santiaguino*, 17(1). <https://doi.org/10.32911/as.2024.v17.n1.1067>

RESUMEN

El objetivo fue optimizar la cantidad de cemento en una mezcla de concreto. El tipo de investigación fue aplicada con diseño experimental. Se planteó dosificaciones de 2, 4 y 6%. Las particularidades específicas del hormigón evaluadas fueron la resistencia a la compresión, cantidad de vacíos y slump. Los resultados mostraron que se logró optimizar la cantidad de cemento en 9.52k, 28.17, 55.02 kg/m³ y cumplir con la resistencia de diseño, de 310.19, 301.83 y 283.05 kg/cm² para dosificaciones del 2, 4 y 6%, respectivamente. Los resultados de la evaluación de concreto, específicamente en el contenido de aire, indican que la ceniza genera mayor vacío de aire en el concreto, con porcentaje de 2.7, 3.7 y 4.7%. Por otra parte, el slump evaluado disminuyó de 4" a 3.9", 3.8" y 3.4" para las dosificaciones trabajadas. Se concluye que la ceniza de cáscara de arroz, en las dosificaciones, cumplió con optimizar la cantidad de cemento en el diseño de concreto para que se pueda usar como aditivo incorporador de aire para la disminución del Slump.

Palabras Clave: optimización; cemento; resistencia; concreto.

ABSTRACT

The objective was to optimize the amount of cement in a concrete mix. The type of research was applied with experimental design. Dosages of 2, 4 and 6% were proposed. The specific characteristics of the concrete evaluated were the compressive strength, amount of voids and slump. The results showed that the amount of cement was optimized in 9.52k, 28.17, 55.02 kg/m³ and the design strength was met, of 310.19, 301.83 and 283.05 kg/cm² for dosages of 2, 4 and 6%, respectively. The results of the concrete evaluation, specifically in the air content, indicate that the ash generates greater air voids in the concrete, with a percentage of 2.7, 3.7 and 4.7%. On the other hand, the slump evaluated decreased from 4" to 3.9", 3.8" and 3.4" for the dosages worked. It is concluded that rice husk ash, in the dosages, fulfilled the goal of optimizing the amount of cement in the concrete design so that it can be used as an air-entraining admixture to reduce slump.

Keywords: optimization; cement; strength; concrete.



INTRODUCCIÓN

La demanda del concreto es cada vez más grande debido a que es necesario en la mayoría de estructuras: edificaciones, pavimentos, etc. La problemática de estas estructuras se centra únicamente en la calidad de producción del concreto y los adecuados procedimientos constructivos. A causa de factores climáticos y ambientales el concreto tiene diferentes patologías. Por eso, la industria de la construcción de hoy ofrece todo tipo de aditivos para las diversas patologías del concreto; sin embargo, estos productos elevan el costo de producción del concreto. Una alternativa para evitar el alza de los costos de la producción del concreto es el aprovechamiento de productos reutilizables o naturales, los cuales bajo un sustento técnico satisfacen la necesidad ante las patologías del concreto.

La cáscara de arroz se utiliza para la producción de hormigón debido a sus ventajas de alta resistencia, baja densidad, aislamiento acústico y bajo costo. La CCA (cenizas de cáscara de arroz) es un material puzolánico, el cual tiene un alto contenido de sílice. Al calcinarlo, se obtiene su forma compleja y su estructura porosa requiere un alto contenido de agua en la elaboración de concreto. La sustitución parcial de la CCA por el cemento influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Por ejemplo, se verificó la cantidad de cemento optimizado en relación a la resistencia a la compresión. La influencia que puede recurrir en el contenido de vacíos y en el slump del concreto en los porcentajes dosificados de 2, 4 y 6%.

Quispe & Ruiz (2022) se plantearon como objetivo la estimación del efecto de la ceniza doméstica de arroz sobre pavimentos de concreto sólido con $f'c=210\text{kg/cm}^2$. Es un estudio aplicado y experimental. Los objetos de prueba incluyeron concreto de prueba estándar y concreto con un 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de arroz agregada. La muestra constó de un total de 42. El instrumento utilizado fue el formato de prueba de laboratorio. Según los resultados, el 5% ceniza de cáscara de arroz logró mejores resultados, dando $f'c=248\text{kg/cm}^2$ después de 28 días, en comparación con $f'c=200\text{kg/cm}^2$ y $f'c=175\text{kg/cm}^2$ después de agregar 10% y 15%, respectivamente. Se concluye que la adición de ceniza hecha de cáscara de arroz en un 5% al concreto de diseño original $f'c=210\text{ kg/cm}^2$, colocado sobre pavimento duro en el área de Magllanal, incrementó su capacidad compresiva, en un promedio de 18% en una resistencia de diseño de $f'c=248\text{kg/cm}^2$.

Montero (2017) tuvo como objetivo decretar la proporción más ideal de ceniza hecha de cascarilla de arroz (CCA) como sustituto del cemento en la preparación de hormigón habitual obteniendo una resistencia a la compresión superior a 210kg/cm^2 . El estudio fue de tipo experimental. La población establecida fue 9 m^3 de concreto y una muestra no probabilística de 60 probetas. Los instrumentos utilizados fueron fichas de recolección de datos, cuadros comparativos y formatos de laboratorio. Los principales resultados indicaron que la mayor resistencia a los 28 días se dio con 10% de CCA, seguido de la mezcla control que genera 245kg/cm^2 , un crecimiento del 16% en la resistencia y su revenimiento fue de 8cm. Se concluyó que la incorporación de 10% de CCA en la elaboración de un hormigón habitual ocasionó buenos resultados logrando mejorarse en un 16% para la resistencia a la compresión en comparación al diseño patrón a los 28 días.

Se busca aportar nuevos entendimientos sobre el uso de recursos naturales reutilizados en la producción del concreto empleando aditivos naturales, garantizando el comportamiento adecuado del concreto, lo cual va en provecho directo de la población. Mediante la sustitución parcial de la ceniza de cáscara de arroz por el cemento se podría optimizar los componentes del concreto. Por ello, mediante ensayos de compresión simple al concreto se podría realizar un análisis de la influencia de la ceniza de cáscara de arroz en la optimización de la cantidad de cemento. Usando el equipo denominado Olla de Washington se podría evaluar la cantidad de vacíos en él y empleando el cono de Abrams se podría estimar el efecto de la ceniza de cáscara de arroz en la trabajabilidad o Slump del concreto.

METODOLOGÍA

La presente investigación fue aplicada porque buscó plantear soluciones prácticas a la elaboración del concreto mediante la reutilización de la ceniza de cascarilla de arroz como aditivo y la optimización del cemento. Se utilizó un enfoque cuantitativo. Propone varios procedimientos secuenciales basados en evidencia, como la prueba ASTM C231 para analizar el contenido de aire, la prueba ASTM C143 para observar la trabajabilidad del concreto y el ASTM C39 ensayo de resistencia a la compresión. El diseño de investigación fue experimental, a nivel cuasiexperimental, ya que se utilizó la ceniza de cáscara de arroz para contribuir a la optimización del cemento.

La población fue de 1,5 m³ de hormigón y se utilizó como muestra 0.5 m³ de hormigón, para ser trabajados en estado fresco y endurecido. El tipo de muestreo fue no probabilístico ya que la muestra no se seleccionó aleatoriamente. Además, se utilizaron métodos como la observación directa y se recolectó información analítica continua sobre el hormigón con y sin la adición de ceniza. Los ensayos fueron respaldados por técnicos e ingenieros especializados y todos los instrumentos fueron calibrados.

RESULTADOS

Optimización de una cantidad de cemento en el diseño del concreto empleando cenizas de cáscara de arroz

Tabla 1

Resistencias de las roturas de probetas con adición de CCA (Ceniza de Cáscara de Arroz)

Muestra		Promedio f'c		
		7 días	14 días	28 días
Muestra Patrón	MP	224.46	297.31	321.37
Dosificación (2%) de CCA	D1	227.65	269.37	310.19
Dosificación (4%) de CCA	D2	244.00	254.79	301.83
Dosificación (6%) de CCA	D3	203.73	245.25	283.05

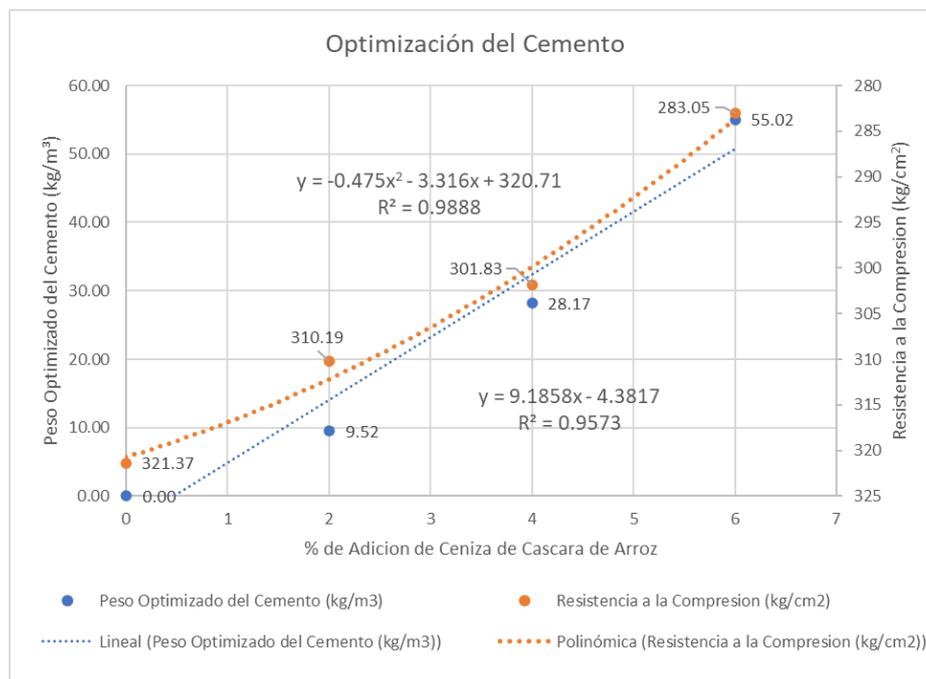
Tabla 2

Peso optimizado del cemento con la incorporación de CCA (Ceniza de Cáscara de Arroz)

Muestra		Incorporación de CCA (%)	Contenido de cemento (Kg/m ³)	Peso optimizado de cemento (Kg/m ³)
Muestra Patrón	MP	0.00	475.77	0.00
Dosificación (2%) de CCA	D1	0.02	466.26	9.52
Dosificación (4%) de CCA	D2	0.04	447.61	28.17
Dosificación (6%) de CCA	D3	0.06	420.75	55.02

Figura 1

Optimización de la cantidad de cemento con adición 2%, 4%, 6% de ceniza de cáscara de arroz



En la Tabla 2 y Figura 1, se observa que al incorporarse 2%, 4% y 6% de ceniza de cáscara de arroz se optimiza el cemento en 9.52 kg/m³, 28.17kg/m³, 55.02kg/m³ respectivamente, en las dosificaciones. Con el 2% de ceniza de cáscara de arroz se obtuvo una resistencia de $f^2c= 310.19\text{kg/cm}^2$ a los 28 días; con el 4%, una resistencia de $f^2c=301.83\text{kg/cm}^2$ y con el 6%, una resistencia de $f^2c=283.05$. Con estos resultados se aprecia que con la adición de ceniza de cáscara de arroz en las dosificaciones 2%, 4%, 6% se cumplió optimizar el cemento y se llegó a cumplir las resistencias requeridas para un diseño de concreto $f^2c= 280\text{kg/cm}^2$.

Incrementar la cantidad de vacíos a partir del reemplazo de ceniza de cáscara de arroz por cemento en el concreto

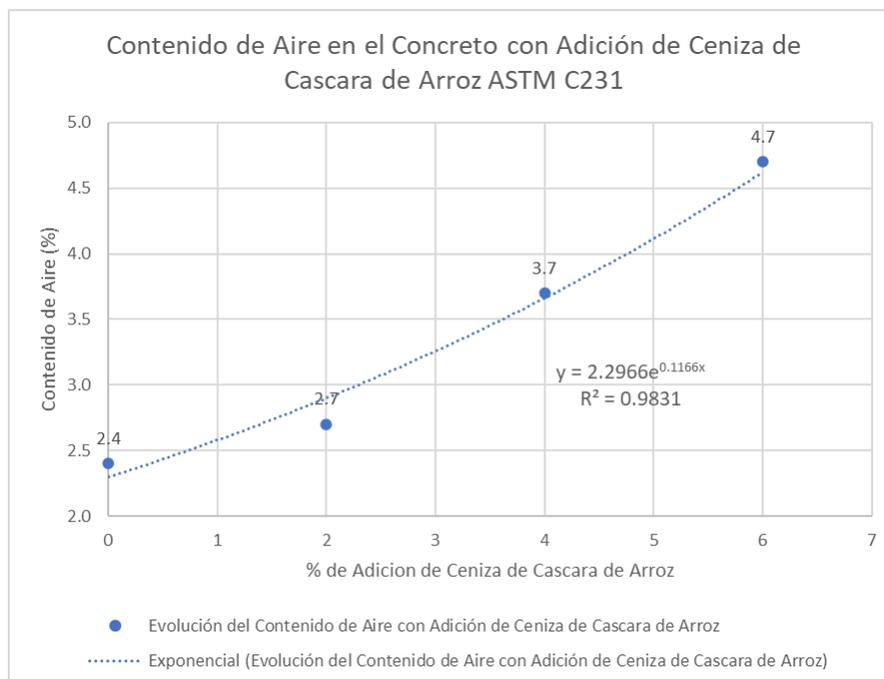
Tabla 3

Contenido de aire del concreto en estado fresco con adición de CCA (Ceniza de Cáscara de Arroz)

Muestra		Contenido de aire (%)	A/c	Agredo fino (%)	Agregado grueso (%)
Muestra Patrón	MP	2.5	0.45	47.26	52.74
Dosificación (2%) de CCA	D1	2.7	0.45	47.26	52.74
Dosificación (4%) de CCA	D2	3.7	0.45	47.26	52.74
Dosificación (6%) de CCA	D3	4.7	0.45	47.26	52.74

Figura 2

Contenido de aire en el concreto en estado fresco con 2% 4% y 6% de ceniza de cáscara de arroz



En la Tabla 3 y Figura 2, se observa que en la muestra patrón se obtiene 2.4% de contenido de aire. Con la adición de ceniza de cáscara de arroz, se obtuvo como resultados de 2.7%, 3.7%, 4.7% de contenido de aire para dosificaciones de 2%, 4%, 6%, respectivamente. Con estos resultados, se observó que la ceniza de cáscara de arroz se puede utilizar como aditivo incorporador de aire, ya que cuando mayor es la adición de ceniza de cáscara de arroz, mayor es el contenido de aire que se obtiene.

Evaluar la influencia de la ceniza de cáscara de arroz en la variación del Slump del concreto

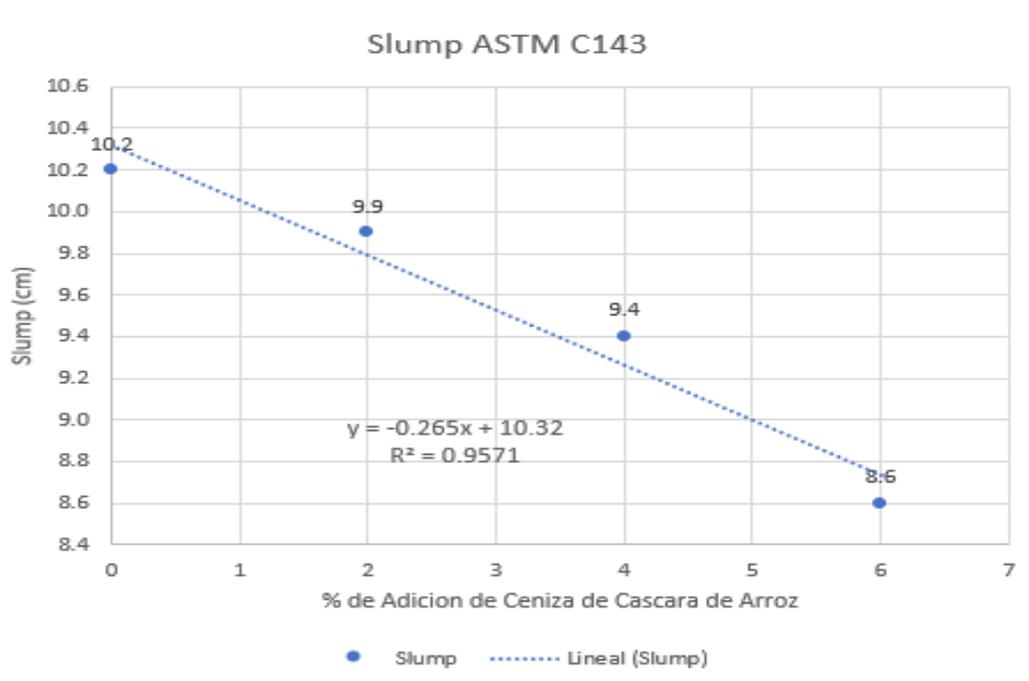
Tabla 4

Asentamiento del concreto en estado fresco con adición de CCA (Ceniza de Cáscara de Arroz)

Muestra		Asentamiento (pulg)	Asentamiento (cm)
Muestra patrón	MP	4.0	10.2
Dosificación (2%) de CCA	D1	3.9	9.9
Dosificación (4%) de CCA	D2	3.8	9.4
Dosificación (6%) de CCA	D3	3.4	8.6

Figura 3

Variación del Slump del concreto en estado fresco con adición de 2% 4% y 6% de ceniza de cáscara de arroz



En la Tabla 5 y Figura 3, se observa que el resultado de asentamiento de la muestra patrón es de 10.2 cm. Con la adición de ceniza de cáscara de arroz con dosificaciones de 2%, 4%, 6% se obtiene como resultados 9.9 cm, 9.4 cm y 8.6 cm de asentamiento, respectivamente. Se aprecia que la ceniza de cáscara de arroz se puede utilizar para disminuir el asentamiento, ya que, a mayor adición, el asentamiento disminuye, lo cual es beneficioso ya que buscamos para losas de pavimento rígido un asentamiento de 3" (7.62 cm) como máximo.

DISCUSIÓN

En los resultados expuestos en la presente investigación, se evidencia que, para las dosificaciones del 2, 4 y 6 %, con cenizas de cáscara de arroz, se alcanzó optimizar la cantidad de 9.52 kg/m³, 28.17 kg/m³ y 55.02 kg/m³ de cemento. En cuanto a los resultados de resistencia a la compresión a los 28 días, obtenidos para muestras con adición de ceniza de cáscara de arroz, se logró alcanzar una resistencia de 310.19 kg/cm², 301.83kg/cm² y 283.05 kg/cm² para dosificaciones de 2%, 4% y 6%, respectivamente, para un diseño de $f'c=280\text{kg/cm}^2$. Los resultados expuestos no coinciden con los de Pérez y Ochoa (2021), teniendo 190.70 kg/cm², 196.05 kg/cm² y 204.00 kg/cm² para dosificaciones de 2.5%, 5% y 7.5%. Su estudio fue realizado en la ciudad de Pucallpa, ubicada a 154 m s. n. m. con clima cálido con lluvias moderadas, el cual interviene en la relación agua/cemento y que afecta a su resistencia. Por eso, su estudio se propuso una resistencia de 175 kg/cm². Sin embargo, nuestra investigación fue realizada en la ciudad de Chimbote, que cuenta con un clima templado con condiciones más favorables. Eso nos permitió llegar a optimizar la cantidad de cemento y cumplir una resistencia de diseño en relación 280 kg/cm².

En los resultados para incrementar la cantidad de vacíos de aire de las muestras con adición de ceniza de cáscara de arroz se obtuvo un porcentaje de 2.7%, 3.7% y 4.7% para dosificaciones de 2%, 4% y 6%, respectivamente, lo cual es muy necesario en zonas con caída libre muy altas como Ancash y pueden ser usados en lugares como Huaraz. Villagrán y Zega (2017), en una dosificación del 15%, tanto como para ceniza de cáscara de arroz natural, como para ceniza de cáscara de arroz optimizada en molienda, obtuvieron un porcentaje de 2.4% y 3.6%. El estudio lo realizaron en Argentina, lugar que cuenta con un clima similar a la de Chimbote. Sin embargo, debido a que la calcinación se realizó en un horno artesanal, que no tiene temperatura controlada, el porcentaje

de contenido de aire fue menor en la mezcla patrón, y, en cuanto fue optimizada por la molienda, se realizó una calcinación controlada a 700°C. El porcentaje de contenido de aire fue muy similar en su mezcla patrón.

Los resultados obtenidos del Slump de las muestras con adición de ceniza de cáscara de arroz fueron de 3.9", 3.8" y 3.4" para dosificaciones de 2%, 4%, 6%, respectivamente, las cuales fueron elaboradas en un clima con temperatura de 16 y 24°C. Estos resultados muestran relación con los de Rodríguez y Tibabuzo (2019) que fueron de 4", 4", 3.5" y 2" para dosificaciones de 3%, 5%, 10% y 15%, respectivamente. La investigación se realizó en Villavicencio (Colombia), que cuenta con temperatura de 29 y 32°C, donde el concreto puede llegar a sufrir una evaporación de humedad. Sin embargo, para las dosificaciones de 3% y 5%, el Slump no tuvo variación. Esto se debe a que la ceniza de cáscara de arroz vuelve a la masa más seca, por lo que el Slump tiende a disminuir.

CONCLUSIONES

La resistencia a la compresión se ve afectada por la sustitución parcial de ceniza de cáscara de arroz por el cemento para la preparación de concreto. Esto se fundamenta en que, a mayor porcentaje de ceniza de cáscara de arroz, disminuye su resistencia y llegó a alcanzar valores de 310.19kg/cm², 301.83kg/cm² y 283.05kg/cm² para porcentajes de 2%, 4% y 6%, respectivamente.

El uso de ceniza de cáscara de arroz en la fabricación de concreto en Chimbote afecta favorablemente a la economía porque optimiza la cantidad de cemento en 9.52 kg/m³, 28.17 kg/m³ y 55.02kg/m³, dosificado en 2%, 4% y 6% de CCA.

El contenido de aire se ve afectado por la sustitución parcial de ceniza de cáscara de arroz por el cemento para la fabricación de concreto. Esto se fundamenta en que, a mayor porcentaje de ceniza de cáscara de arroz, aumenta su contenido de aire en 2.7%, 3.7% y 4.7% para dosificaciones de 2%, 4%, 6%, respectivamente.

El Slump se ve afectado por la sustitución parcial de ceniza de cáscara de arroz con el cemento para la fabricación de concreto. Esto se fundamenta en que, a mayor porcentaje de ceniza de cáscara de arroz, el Slump disminuye.

REFERENCIAS

- Montero, 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* [Tesis de titulación, Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6412>
- Pérez, E., & Ochoa, J. (2021). *Análisis comparativo de resistencia a la compresión de un mortero adicionado con ceniza de cáscara de arroz con respecto a un mortero patrón de calidad $f'c=175\text{kg/cm}^2$* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4819>
- Quispe, C., & Ruiz, E. (2022). *Influencia de ceniza de cáscara de arroz en pavimento rígido diseñado con concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$. Magllanal, Jaén, 2022* [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional, Jaén. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/109919/Quispe_OCA-Ruiz_BEM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, A., & Tibabuzo, M. (2019). *Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezclas de concreto hidráulico* [Tesis de titulación, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15589/2019anyirodr%C3%ADguez?sequence=1&isAllowed=y>
- Villagrán, Y., & Zega, C. (2017). *Progresos en la caracterización de Adiciones Minerales y su Influencia en materiales Cementíceos*. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/135124/CONICET_Digital_Nro.1334c0d8-145e-496c-a896-dbd50bf18c_G.pdf?sequence=8&isAllowed=y