



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Incidencia de las cenizas en las propiedades físicas y mecánicas del
mortero

TRABAJO DE INVESTIACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

Bachiller en Ingeniería Civil

AUTOR:

Andia Damiano, Randy (orcid.org/0000-0003-0111-3405)

ASESOR:

Dr. Choque Flores, Leopoldo (orcid.org/0000-0003-0914-7159)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD UNIVERSITARIA:

Desarrolló sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2024



Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CHOQUE FLORES LEOPOLDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulado: "INCIDENCIA DE LAS CENIZAS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MORTERO", cuyo autor es ANDIA DAMIANO RANDY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual hasido 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 Tesis 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, 20 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CHOQUE FLORES LEOPOLDO DNI: 42289035 ORCID: 0000-0003-0914-7159	Firmado electrónicamente por: LCHOQUEF el 20-07- 2024 13:43:11

Código documento Trilce: TRI - 0825232



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, ANDIA DAMIANO RANDY estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "INCIDENCIA DE LAS CENIZAS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MORTERO", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He 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 asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
RANDY ANDIA DAMIANO DNI: 75467134 ORCID: 0000-0003-0111-3405	Firmado electrónicamente por: AANDIADA24 el 20-07- 2024 18:22:17

Código documento Trilce: TRI - 0825230

Índice de contenidos

Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad del autor/ autores.....	iii
Índice de contenidos	iv
Resumen	v
Abstract.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA	4
III. RESULTADOS	7
IV. CONCLUSIONES	21
REFERENCIAS	22
ANEXOS.....	29

Resumen

Esta revisión bibliográfica tuvo como objetivo evaluar la incidencia de diferentes tipos de cenizas en las propiedades físicas y mecánicas de morteros de cemento y activados alcalinamente. Se analizaron 50 artículos científicos publicados entre 2019 y 2023 en bases de datos como Scopus y Web of Science. Los resultados indican que la incorporación controlada de cenizas volantes, cenizas de biomasa, cenizas de residuos agroindustriales y otros subproductos como sustitutos parciales del cemento tiene efectos positivos. Por ejemplo, la adición de 10-25% de estas cenizas puede aumentar la resistencia a la compresión, reducir la porosidad y mejorar la microestructura en morteros activados alcalinamente y no activados. Sin embargo, el curado del mortero con cenizas a bajas temperaturas disminuye significativamente el desarrollo de resistencias mecánicas. Además, se requiere un cuidadoso ajuste de las proporciones de mezcla y condiciones de curado para obtener los beneficios buscados.

Palabras clave: Cenizas volantes, Cenizas de biomasa, Propiedades físicas, Propiedades mecánicas, Morteros, Resistencia a compresión, Activación alcalina.

Abstract

The incorporation of ashes in mortar mixtures is a common practice to improve their physical and mechanical performance. This literature review aimed to assess the incidence of different ash types on the physical and mechanical properties of cement and alkali-activated mortars. 50 scientific papers published between 2019 and 2023 were analyzed. Results indicate that the controlled incorporation of fly ash, biomass ash, agro-industrial waste ash, and other by-products as partial substitutes of cement has positive effects. For instance, the addition of 10-25% of these ashes can increase compressive strength, reduce porosity, and improve the microstructure in both alkali-activated and non-activated mortars. However, curing mortar with ashes at low temperatures significantly decreases the development of mechanical strengths. Moreover, careful adjustment of mix proportions and curing conditions is required to obtain the expected performance enhancements.

Keywords: Fly ash, Biomass ash, Physical properties, Mechanical properties, Mortars, Compressive strength, Alkaline activation.

I. INTRODUCCIÓN

El centro poblado de Huancabamba, situada a una altitud de 3,641 ms.n.m.; ofrece un escenario geográfico único marcado por fluctuaciones significativas de temperatura. Según los datos proporcionados por el Senamhi (2023) el clima en el centro poblado de Huancabamba distrito de José María Arguedas revela variaciones térmicas notables a lo largo del año, con temperaturas que oscilan desde los -1°C hasta los 19°C . Estas condiciones climáticas, caracterizadas por inviernos rigurosos con temperaturas bajo cero, tienen un impacto directo en el proceso de curado del mortero. Las bajas temperaturas durante este proceso pueden provocar una disminución en la velocidad de fraguado, afectando la resistencia a compresión del mortero. Este fenómeno climático presenta desafíos específicos para la construcción en la región, requiriendo estrategias y materiales adaptados para garantizar la durabilidad y calidad de las estructuras en un entorno donde las condiciones térmicas extremas son parte integral de la realidad local.

A nivel internacional, el mortero de cemento Portland para revestimiento y juntas sufrirá daños irreparables cuando se exponga a temperaturas por debajo del punto de congelación poco después de su colocación. La presencia de agua en el mortero se convertirá en hielo, lo que llevará a la ruptura de la estructura del gel de cemento Portland en el futuro. Esto resultará en una pérdida significativa de resistencia, flexibilidad y durabilidad. Las consecuencias incluirán frecuentemente reparaciones costosas y retrasos en el lugar de trabajo. Por ende, se tomarán medidas cruciales para prevenir la exposición del mortero a temperaturas extremadamente bajas después de su aplicación **(Laticrete, 2021, p.1)**.

Además, se menciona que el empleo del pretratamiento de curado estándar reducirá la resistencia mecánica del mortero de cemento a una temperatura de 5°C . En contraste, se espera que un período de curado estándar más breve resulte en una resistencia más elevada, indicando así la posibilidad de que

prolongar el tratamiento de precurado a temperaturas bajas no sea siempre apropiado **(Liu et al., 2020, p.8)**.

Asimismo, se prevé que una temperatura de curado más baja generará una disminución en la resistencia a la compresión del mortero AAFG. Al llevar a cabo el curado de las muestras a temperaturas de -5 °C, 0 °C, 5 °C y 20 °C, se anticipa que las resistencias a la compresión en el día 90 serán de 30,82 MPa, 38,52 MPa, 67,96 MPa y 108,09 MPa, respectivamente. Es esencial destacar que se espera que el curado a temperaturas bajo cero tenga el impacto más significativo en la resistencia a la compresión, resaltando así la necesidad de establecer condiciones de curado con temperaturas más elevadas en regiones frías **(Wei et al., 2021, p.12)**.

Del mismo modo, la reducción de la temperatura durante el proceso de curado retrasará la ganancia de resistencia en los primeros días de hidratación y limitará el incremento en la resistencia de los morteros con el paso del tiempo. Se anticipa que la exposición de las muestras a temperaturas de 10°C y 5°C resultará en reducciones del 42,2% y 61,3%, respectivamente, en su resistencia a la compresión **(Skoczylas y Rucińska, 2019, p.542)**.

A nivel nacional, los proyectos que involucren condiciones de baja temperatura podrían experimentar dificultades en la obtención de la resistencia requerida del concreto, especialmente en situaciones donde se enfrente a climas por debajo de los 10 °C o se utilice agua extremadamente fría o congelada. Esto podría resultar en demoras significativas en el tiempo de fraguado del concreto, generando costos elevados debido a los retrasos en la ejecución de la obra **(Ureta 2020, p.31)**.

Asimismo, los concretos fabricados a -5°C no cumplirán con los requisitos de resistencia de diseño de 210 kg/cm² a los 28 días. Se observará una disminución de resistencia del 10.10% en los concretos con cemento tipo IP, mostrando variaciones significativamente menores en comparación con el concreto estándar. Por otra parte, se espera que los concretos con cemento

Wari tipo I experimenten una disminución de resistencia del 7.55% a los 28 días, con variaciones menores en comparación con los concretos que contienen cemento tipo IP (**Mamani y Chambi 2020, p.131**).

Por otro lado, el clima frío de la ciudad de Cerro de Pasco será un factor perjudicial para el mortero. Las temperaturas durante los días de prueba oscilarán entre -4.7 °C y 7.7 °C. Este fenómeno afectará negativamente al grupo de control de diversas maneras. En primer lugar, las bajas temperaturas comprometerán el proceso de fraguado al no alcanzar las condiciones necesarias para una liberación de calor adecuada durante la hidratación. En segundo lugar, las fisuras surgirán desde la etapa fresca del material y empeorarán en su estado endurecido (**Laura 2023, p.122**)

se puede notar que el sector de la construcción ha desarrollado un interés en la búsqueda de materiales o aditivos que mejoren los resultados en el proceso de construcción. Esto se debe a que los expertos en el campo valoran la importancia de tener soluciones innovadoras que aborden problemas específicos, reduzcan costos y disminuyan el impacto ambiental negativo. Sin embargo, lo más importante es que buscan incorporar productos que proporcionen un mejor soporte en general, sin descuidar los aspectos mencionados anteriormente.

El **objetivo general** planteado para esta revisión bibliográfica es ver: Evaluar la incidencia de cenizas en las propiedades físicas y mecánicas del mortero. Así como también los **objetivos específicos** planteados son, **objetivo específico 1**: Determinar la influencia de cenizas en las propiedades físicas del mortero, **objetivo específico 2**: Determinar la influencia de cenizas en las propiedades mecánicas del mortero.

II. METODOLOGÍA

En este artículo de revisión literaria está descrita a nivel explicativo, empleando un enfoque cualitativo basado en fuentes documentales, por lo cual se utilizó una sintetizada recolección y análisis de datos para afinar interrogantes de esta investigación o descubrir nuevas interrogantes en el proceso de interpretación de resultados ya obtenidos.

De esta manera se busca asegurar una opción para mejorar la validez de las preguntas planteadas e identificarlas, considerando algunos criterios para su inclusión y selección, respaldados por estudios previos.

Para esta búsqueda de artículos se empleó en base fuentes con prestigio académico del cual se ha seleccionado las revistas indexadas publicadas en Web of Science y Scopus de los cuales se ha seleccionado artículos que tengan un periodo de 5 años de antigüedad de los cuales fueron publicados entre los años 2019 y 2023 donde se obtuvo un total de 919 artículos de los cuales se aplicaron filtros en los siguientes campos : Scopus: “ingeniería”, “ciencias de materiales”, “articulo”, “acceso abierto” y Web of Science: “Ingeniería Civil”, “Tecnología de la construcción”, “articulo”, “acceso abierto” y palabras clave como: “Ashes for mortar from cement”, (cenizas para mortero de cemento), “ashes for mortar” (ceniza para mortero), “mortar from cement”, (mortero de cemento”, para poder tener una información precisa y poder reducir cantidad de información. Para tener una mejor comprensión y permita ver los artículos obtenidos con las palabras clave en revistas indexadas relacionadas a nuestro tema se detalla en las siguientes tablas.

Tabla 1: Numero de artículos obtenidos con cada palabra clave

Palabras clave	Scopus	Web of Science
Ashes for mortar from cement	2,216	1,680
Ashes for mortar	2,216	3,905
Mortar from cement	11,394	5,416

Tabla 2: Resultados de la búsqueda con filtros.

Base de datos	Resultados de búsqueda	Filtros aplicados		Nº de resultados obtenidos	Nº artículos elegidos
		AÑO	CIENCIA		
Scopus	2,216	2019-2023	“Ingeniería” “Ciencia de los Materiales” “artículos” “acceso abierto”	606	29
Web of Science	1,680	2019-2023	“Ingeniería Civil” “Tecnología de construcción” “artículos” “acceso abierto”	313	15

Los resultados recolectados a partir de la información ya definida en el cual se tuvo en consideración criterios de selección pasando por las etapas anteriormente descritas en la tabla 1 y 2, por lo cual se obtuvo solo artículos relacionados a nuestro tema elegido.

En esta sección se detalla la distribución artículos citados que servirá para un mejor entendimiento de cómo se clasificó la información adquirida de la base de datos “Scopus” y “Web of Science” por el año de publicación donde se recopiló un total de 51 artículos relacionados a con el uso de cenizas para mejorar las propiedades del mortero, tal como lo demuestra en la tabla 3.

Tabla 3: Distribución de artículos en función al año y base de datos.

BASE DE DATOS	AÑO DE PUBLICACIÓN					TOTAL
	2019	2020	2021	2022	2023	
Scopus	11	0	2	3	21	37
Web of Science	2	3	3	3	2	13
TOTAL	13	3	5	6	23	50

III. RESULTADOS

Según **Wongpaun et al. (2023)** investiga los factores que afectan la resistencia a compresión y la expansión debida a la reacción álcali-sílice (ASR) en las AAM. Se utilizaron dos tipos de cenizas volantes de alto contenido de calcio: molida finamente (FM) y original (OM), Se prepararon activadores alcalinos de NaOH en concentraciones de 2, 4 y 6 M. El aumento de NaOH mejora la resistencia del mortero activado con álcalis al aumentar la disolución y polimerización. El curado a 60 °C y partículas más finas de ceniza volante contribuyen a una mayor resistencia y menor porosidad.

Jagadesh et al. (2023) realizó una investigación del efecto de la ceniza de bagazo de caña procesada sobre la resistencia a la compresión de morteros amasados evaluados mediante modelos estadísticos. Se utilizó SCBA procesado (PSCBA) para reemplazar 0-30% de cemento por masa en mezclas de mortero con proporciones aglutinante:arena de 1:3, 1:4 y 1:5 y diferentes relaciones agua-aglutinante (p/b). La resistencia a la compresión aumentó hasta un 10 % el reemplazo de PSCBA en todas las proporciones de aglutinante: arena. La fuerza disminuyó en los reemplazos más altos.

Li et al. (2023) realizaron un estudio donde analizan la utilización de arena dragada para producir materiales activados con álcalis (AAM). Se diseñaron mezclas con diferentes contenidos de arena dragada: 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% en peso. Se descubrió que al añadir DS se potenciaba la fuerza a los 28 días e incluso a los 56 días. Al incrementar el contenido de DS al 25%, se observó un aumento del 5% en la resistencia a la compresión de las AAM que contienen altas cantidades de escoria y cenizas volantes (FA).⁹

Realizada por **Vilarinho et al. (2023)** para reducir las emisiones de CO₂ de la producción de cemento. Los autores probaron el uso de BA en morteros de 3 maneras: como agregado (0-100% de reemplazo), reemplazo de aglutinante (0-30%) y relleno (5%). Los mejores resultados se observaron con un 15% de reemplazo de aglutinante de BA y un 5% de relleno de BA. Estas mezclas mostraron una excelente durabilidad por congelación-descongelación.

Šupić et al. (2023) realizó un estudio donde se evaluó el uso de tres residuos industriales/agrícolas (cenizas volantes, polvo de residuos cerámicos y cenizas de mazorcas de maíz) como materiales cementantes suplementarios (SCM) en morteros de cemento-cal, el 50% del cemento fue reemplazado por los SCM por volumen en proporciones de mezcla de 1:1:5, 1:0.7:4.2 y 1:1:4. Se probaron propiedades frescas y endurecidas. Todos los SCM disminuyeron la trabajabilidad, requiriendo más agua para mantener la consistencia, las resistencias a la compresión y a la flexión disminuyeron hasta un 60% con los SCM debido al mayor efecto del agua y la dilución.

Metwally, Wasiem y Ahmed (2023) en su investigación de utilización de diferentes materiales como bentonita, polvo de cemento, cenizas volantes, cal y fibras de polipropileno para producir mortero de cemento y bentonita con baja permeabilidad y suficiente resistencia. Para optimizar los parámetros del proceso en el dominio experimental, se utilizó una matriz ortogonal mediante el método Taguchi y se realizaron treinta y dos corridas experimentales. Los resultados de las pruebas demostraron que el polvo de cemento, las cenizas volantes y la cal podían lograr un rendimiento óptimo en términos de baja permeabilidad y suficiente resistencia.

Gudia et al. (2023) en su investigación de uso de cenizas de bagazo de caña de azúcar (SCBA) de Filipinas como reemplazo parcial del cemento en mezclas de pasta y mortero. Se probaron diferentes relaciones SCBA-aglutinante (SBR) de hasta el 20% y relaciones agua-aglutinante (WBR). El aumento de la SBR disminuyó la consistencia de la pasta y el flujo del mortero debido a la menor densidad y las partículas porosas del SCBA. El aumento de WBR aumentó la consistencia y el flujo debido al efecto lubricante del agua, el SBR óptimo fue de 0.05, mejorando la resistencia del mortero.

Elbasir et al. (2023) en su investigación del uso de cenizas de combustible de aceite de palma ultrafinas (u-POFA) como material cementante complementario junto con cenizas volantes (FA) y escoria granulada molida de

alto horno (GBFS) para producir morteros activados con álcalis. Diferentes proporciones de U-POFA se mezclaron con FA o GBFS y se activaron utilizando hidróxido de sodio y silicato de sodio. La resistencia a la compresión mejoró con una adición del 25% de u-POFA a FA (54,8 MPa) o GBFS (88,8 MPa) a los 28 días.

Ma et al. (2023) en su investigación de impacto del tamaño y la dosis de las partículas de RHA en la resistencia mecánica y la expansión de la reacción de sílice alcalina del mortero preparado con arena de sílice no reactiva y arena de río. Con un 20% de cemento reemplazado por RHA con un tamaño de partícula de 8,8 μm , la resistencia a la compresión aumentó en un 19,4% y un 21,1% para el mortero con arena de sílice no reactiva y arena de río, respectivamente.

Loginova et al. (2023) en su investigación realiza la evaluación del uso de la fracción fina (0.125-3 mm) de las cenizas de fondo de incineración de residuos sólidos municipales (MSWI) como constituyente adicional menor (MAC) en cemento, tras molerlas a $<125 \mu\text{m}$. Se probaron reemplazos de 1-5% (rango MAC) y hasta 20%. Los hallazgos indicaron que los finos levemente triturados, al sustituir el 1% del cemento, son la elección óptima como material de construcción alternativo (MAC), ya que presentan el menor impacto ambiental y no afectan negativamente las propiedades mecánicas, incluida la resistencia a la compresión.

Garg et al. (2023) en su investigación del uso de cenizas volantes (FA) y metacaolín nano (MK) como materiales puzolánicos para la sustitución parcial del cemento en morteros. Se prepararon mezclas de mortero sustituyendo parte del cemento con diferentes niveles de FA (5%, 10%, 15% y 20%) y MK (2,5%, 5%, 7,5% y 10%), se mantuvo una relación agua/conglomerante de 0,5 y relación conglomerante/arena de 1:3 en peso. La sustitución parcial optimizada de cemento con un 10% de FA en presencia de un 7,5% de MK mejoró el desempeño mecánico y la durabilidad de los morteros, logrando prácticas de construcción más sostenibles.

Kim et al. (2023) en su investigación del efecto de las cenizas volantes de biomasa pretratadas sobre las propiedades mecánicas y la durabilidad del mortero de cemento. Se produjeron muestras reemplazando respectivamente el 10%, 20% y 30% de agregados finos de basalto (BFA) con cemento, y se incorporó un aditivo reductor de agua con el fin de mejorar la facilidad de manipulación. Los resultados de esta investigación indicaron que aplicar un tratamiento previo de BFA podría generar impactos favorables en las características mecánicas y la resistencia a la degradación.

Fakhri y Dawood (2023) en su investigación que tuvo por objetivo desarrollar un mortero ecológico con la máxima reducción de cemento, manteniendo propiedades adecuadas tanto en su estado fresco como endurecido. se emplearon tres componentes de materiales de construcción (SCM), tales como polvo de piedra caliza (10%), arcilla calcinada (0–35%) y escoria (0–30%), con el propósito de elaborar mezclas ternarias. Los resultados indicaron que sustituir el OPC (30%), compuesto por un 10% de piedra caliza, un 10% de escoria de acero y un 10% de arcilla calcinada, resulta en una resistencia a la compresión significativamente superior y mejoras en la resistencia a la flexión.

Kader y Dawood (2023) en su artículo que tuvo como propósito desarrollar un innovador mortero ecológico a través de la combinación de cemento ternario con propiedades satisfactorias tanto en estado fresco como endurecido. Los componentes empleados consistieron en metacaolín (10-20%), escoria (15-30%) y cenizas volantes (10-20%). Los resultados indican que las mezclas ternarias afectaron la trabajabilidad, requiriendo más superplastificante (1.8%). Se observó aumento en resistencia a compresión y flexión al reemplazar con metacaolín y escoria, respectivamente. El metacaolín (10%) redujo la absorción de agua, pero la escoria incrementó la absorción en mezclas ternarias.

Bezabih, Kanali y Thuo (2023) su investigación evaluó la viabilidad de reemplazar las cenizas volantes (FA) con cenizas de paja de teff (TSA) en morteros de geopolímero curados a temperatura ambiente. Los resultados indicaron que reemplazar FA con TSA puede eliminar la requerimiento de

curado a temperaturas elevadas. Las resistencias a la compresión de las mezclas de mortero geopolímero con FA-TSA, curadas por 28 días, variaron entre 45 y 53 MPa.

Markpiban, Krudam y Sahamitmongkol (2023) en su investigación examinó la idoneidad del agregado de bauxita (BA) como sustituto de la arena en el curado interno. Se elaboraron sustituciones parciales de agregado fino con árido reciclado en cinco mezclas de mortero distintas (0%, 20%, y 45%), manteniendo una relación constante de agua a cemento (a/c) de 0,35. Esta investigación evidencia la viabilidad de utilizar el agregado de bauxita como sustituto de la arena en el curado interno de hormigones con baja relación agua/cemento.

Malaiškienė, Spudulis y Stonys (2023) Se examinaron los impactos de los Residuos de Incineración de Residuos Sólidos Municipales (MSWI BA) en las características del aglutinante y del mortero de cemento, empleándolos de manera individual o junto con otras microrellenas como arena de cuarzo molida, metacaolín, vidrio molido y microsílíce. La inclusión de cenizas de incineración de residuos sólidos urbanos (MSWI BA) en morteros de cemento mejora el flujo de asentamiento, convirtiéndolo en un microrelleno efectivo. Además, la adición de metacaolín altera la cinética del desarrollo del hidrógeno, beneficiando las propiedades mecánicas del mortero.

Pantić et al. (2023) en su estudio investiga el potencial de utilizar cenizas de residuos de cosecha (HRA) y desechos cerámicos (CP) como materiales cementantes suplementarios (SCM). Se caracterizan las materias primas y se evalúan propiedades físicas y rendimiento mecánico en morteros con 10%, 30% y 50% de SCM como reemplazo del cemento. El estudio confirma la viabilidad técnica de usar ceniza de mazorca de maíz y polvo cerámico en mortero, fomentando la inclusión de subproductos industriales y agrícolas para crear compuestos cementosos más ecológicos.

Miyamoto et al. (2023) en su artículo se examinó la resistencia de un mortero con alta sustitución de FA, combinado con agregado fino de clinker de cemento (CL), evaluando su capacidad para inhibir la reacción álcali-sílice (ASR). El mortero con clinker como agregado fino logró inhibir la expansión causada por DEF a los 182 días, similar al efecto de la adición de FA. Estos resultados respaldan el uso de clinker en concreto y como agregado fino en productos prefabricados.

Oyejobi et al. (2023) esta investigación buscó determinar las dosis y concentraciones ideales de hidróxido de sodio para lixiviar sílice y alúmina en cenizas volantes, facilitando la geopolimerización. Se utilizó ceniza gris negruzca de Morupule, Botswana, variando la concentración de NaOH (98%) entre 8 M y 14 M, y evaluando la relación NaOH/cenizas volantes en valores de 0,55, 0,62 y 0,75. Este estudio destaca al abordar la geopolimerización de las cenizas volantes de Morupule. Los resultados impactan en el avance de materiales constructivos sostenibles, resaltando que una relación NaOH/cenizas volantes de 0,55 y molaridad de 12 son cruciales para evitar la lixiviación y garantizar resistencia óptima.

Liu et al. (2023) en su estudio, se evaluaron las disparidades en el endurecimiento por fraguado y las propiedades del mortero de reparación de cemento de fosfato de magnesio (MPC) con cenizas volantes, analizando condiciones de curado a 0 °C y 20 °C. En conclusión, el mortero de reparación MPC muestra propiedades físicas y mecánicas óptimas tanto al curarse a 0 °C como a 20 °C.

Liu y Jia (2022) en su estudio, se investiga la influencia de la mezcla de cenizas volantes con mortero de cemento y el polvo de látex redispersable con diferentes porcentajes de masa en las propiedades y características mecánicas del mortero de cemento. La resistencia a la compresión y fractura por compresión disminuye, mejorando la flexibilidad y resistencia al agrietamiento del mortero de cemento al agregar polvo de látex redispersable. La resistencia

a la flexión aumenta y luego disminuye, y la contracción por secado tiene un rango óptimo para el mejor rendimiento del mortero.

Yildirim et al. (2022) en su estudio, se examinaron las cenizas de fondo recicladas (BA) y la perlita expandida (EP) como agregados, con cemento como aglutinante, utilizando el método Taguchi. Se evaluaron propiedades como resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, fluidez, peso unitario seco, absorción de agua, coeficiente de capilaridad y coeficiente de conductividad térmica. La dosis de cemento se identificó como el factor más influyente, observándose un aumento proporcional del coeficiente de conductividad térmica con el aumento del peso unitario y la resistencia.

Ng et al. (2022) en su estudio examina los efectos de las cenizas de lodo de alumbre parcialmente carbonizadas (ASA) tratadas a 200-300 °C y la escoria granulada de alto horno molida (GGBFS) como materiales cementosos adicionales en las propiedades de mortero de cemento. Se utilizaron 10 mezclas con reemplazos máximos de 6,0% en peso de cemento Portland ordinario (OPC) con ASA y GGBFS. El estudio reveló que al aumentar el reemplazo de OPC por ASA, disminuyen resistencias mecánicas y densidad. El tiempo de fraguado aumenta con mayor contenido de ASA. ASA y GGBFS mejoran absorción de agua y propiedades del mortero.

Seyoum et al. (2021) en su artículo investiga cómo la incineración de bagazo a varias temperaturas (300 °C y 600 °C) afecta la resistencia a la compresión y características físicas de morteros con ceniza de bagazo. Los resultados experimentales indican que reemplazar el 5% de cemento con ceniza de bagazo mejora la resistencia a la compresión del mortero. Agregar un 10% de cemento de ceniza de bagazo también aumenta la resistencia a los 14 y 28 días. Sin embargo, los morteros de cemento portland puzolana (PPC) con ceniza de bagazo no muestran mejoras en la resistencia.

Teixeira et al. (2021) este estudio buscó evaluar la eficacia de las cenizas volantes de biomasa (BFA) como sustituto del cemento o fuente de alcalinidad

en morteros y concretos de alto contenido de cenizas volantes, utilizando diversas combinaciones de sustitutos como cenizas de centrales térmicas, BFA, mezcla de puzolanas y cantidades reducidas de BFA y/o cal hidratada (HL). En conclusión, las cenizas volantes de biomasa (BFA) muestran una influencia comparable en los morteros con cemento, similar a las cenizas volantes de carbón, demostrando una eficacia destacada como sustituto del cemento.

Kumar, Saxena y Singh (2019) en su investigación se detallan las características de morteros geopoliméricos con cenizas volantes, activados mediante hidróxido de sodio/hidróxido de potasio y silicato de sodio/silicato de litio. Se incorporaron polvo de alcofina, polvo de aluminio y arcilla calcinada durante la geopolimerización, seguido de un curado a 80 °C. El mortero de geopolímero mostró mayor resistencia a la compresión con hidróxido de potasio-silicato de litio, 5% de alcofina y 10% de arcilla calcinada.

Coelho et al. (2019) en su estudio se examinaron las características mecánicas derivadas de la incorporación de cenizas de racimos de frutos vacíos como sustituto parcial del cemento Portland en morteros, variando las proporciones de mezcla 1:3 y 1:6. Los resultados sugieren que la ceniza puede usarse como relleno en morteros sin perder resistencia a la compresión hasta 10% en mezcla 1:3 y 5% en mezcla 1:6. Hubo aumento en vacíos y absorción de agua, con reducción proporcional de resistencia a la flexión.

Ibrahim et al. (2019) en su investigación se estudiaron los impactos de las cenizas de fondo de carbón (CBA) en las características del mortero de cemento Portland. Se crearon mezclas con distintas proporciones (cemento:arena) de 1:2.5 y 1:2.75, reemplazando parte del cemento con CBA. Los resultados del estudio indican que el CBA podría sustituir parcialmente al cemento Portland en la elaboración de mortero, según los resultados generales obtenidos.

Samantasinghar y Singh (2019) en su artículo presentan las características en estado fresco y endurecido de mezclas binarias activadas con hidróxido de

sodio, utilizando geopolímeros con escoria y cenizas volantes. Los resultados experimentales revelaron similitud entre las propiedades físicas y mecánicas de los aglutinantes con el cemento convencional, influenciadas por factores químicos, concentración del activador y proceso ambiental.

Liu, Florea y Brouwers (2019) en su estudio se emplea polvo de vidrio reciclado en un alto porcentaje (60%) de escoria granulada de alto horno molida o aglutinante de cemento con cenizas volantes. La adición de escoria modificada con polvo de vidrio o cenizas volantes mejora la resistencia a la migración de cloruro en morteros. Además, se observa un efecto sinérgico en el rendimiento mecánico de morteros con GGBS y vidrio reciclado, destacando por su mayor resistencia a la compresión.

Khan et al. (2019) en este estudio se evalúa cómo la finura de la ceniza volcánica basáltica afecta las propiedades de mezclas de cemento y puzolanas. Se crearon 11 mezclas de mortero con distintas proporciones de agregados vegetales y ceniza volante (10%, 20% y 30%) para sustituir parte del cemento. La mejora en la finura del VA aumenta notablemente el rendimiento en compuestos de cemento, sugiriendo que podría reemplazar eficazmente a los aditivos comerciales.

Rafeet et al. (2019) en su artículo que tuvo como propósito analizar la sustitución de escoria impacta las características físicas y mecánicas de los aglutinantes activados alcalinos (AAB) con cenizas volantes, se lleva a cabo esta evaluación. El uso de cenizas volantes/GGBS en mezclas cementicias permite reducir la dosis de activador, logrando alta resistencia a la compresión con ventajas ambientales, los análisis confirmaron la formación de gel CASH con solo el 20% de GGBS.

Choe, Kang y Kang (2019) en su estudio propusieron un método para obtener polvo seco a partir de lodo de lodo rojo con un contenido de agua del 40% al 60%, sin necesidad de calentamiento, el polvo se produce mezclando lodo de RM, cenizas de lodo de papel y cenizas volantes con alto contenido de calcio.

Los resultados muestran que el análisis de la durabilidad del mortero con NTRM es crucial debido a su mayor porosidad y absorción de agua. Aunque adecuado para aceras y vías para bicicletas, su resistencia a la compresión permite su aplicación en estacionamientos.

Nowoświat y Gołaszewski (2019) en su artículo examina cómo las cenizas volantes calcáreas (CFA), en sus formas cruda y procesada, afectan las propiedades reológicas de los morteros, explorando su impacto en la mezcla. Los resultados demuestran la influencia de la adición de CFA en las propiedades reológicas de los morteros varía según la fuente y densidad aparente. Este estudio destaca el impacto desfavorable del CFA crudo en la trabajabilidad del mortero, cuestionando su respaldo en la tecnología del concreto.

Krishnaraj y Ravichandran (2019) en su investigación explica cómo la molienda afecta a las cenizas volantes y las cenizas volantes molidas, incrementando la superficie específica de las partículas de 727 a 3526 cm²/g. El uso de GFA en lugar de FA mejora la efectividad debido a partículas más finas con mayor superficie para propiedades de unión. Además, reduce poros en mortero con GFA, fortaleciendo la resistencia.

Istuque et al. (2019) en su estudio investigó cómo las cenizas de lodos de depuradora afectan las propiedades de geopolímeros con metacaolín, variando la relación SiO₂/Na₂O, temperaturas de curado (25 °C y 65 °C) y distintas edades de curación (1-180 días). Las muestras con una relación molar SiO₂/Na₂O de 1,6 alcanzaron aproximadamente 50 MPa después de 14 días de curado a temperatura ambiente, los ligantes geopoliméricos basados en MK perdieron resistencia a 65 °C debido a fases zeolíticas, la adición de SSA retrasa el endurecimiento geopolimérico y proporciona estabilidad cristalina.

En su investigación **Getachew et al. (2023)** se evaluaron los impactos del cemento de hormigón reciclado termoactivado (TARC) al sustituir parte del cemento en el mortero. Se experimentaron diversas combinaciones de mortero,

variando la proporción de TARC del 0% al 50% en incrementos del 10%. Los resultados demuestran que la sustitución de OPC por TARC reduce la huella de carbono en la producción de cemento, promoviendo la sostenibilidad y una economía circular en la construcción.

En su artículo **Oyejobi et al. (2023)** se investigó la cantidad óptima de hidróxido de sodio para lixiviar sílice y alúmina en cenizas volantes gris negruzco de Morupule, Botswana. Variando NaOH entre 8M y 14M, se evaluó la relación NaOH/cenizas en valores de 0,55, 0,62 y 0,75 para la geopolimerización. Los resultados indican que, para lograr una reacción óptima, se requiere una proporción NaOH/cenizas volantes de 0.55 y una molaridad de 12, evitando la lixiviación de óxidos que afectarían la resistencia.

Por otro lado **Bompa, Xu y Corbu (2022)** investigaron las propiedades de materiales activados por álcalis (AAM) a temperatura ambiente, evaluando mezclas con residuos de vidrio, escoria, cenizas volantes y metasilicato de sodio, se analizaron la trabajabilidad, absorción de agua, propiedades físicas y mecánicas, así como impacto ambiental. Las combinaciones con 50% GGBS, 25% FA y 25% WG mostraron el óptimo equilibrio entre propiedades mecánicas y trabajabilidad, con resistencias a la compresión superiores a 40 MPa, ideales para usos estructurales.

En su investigación **Liu et al. (2022)** utilizó agregado fino liviano (LWFA) en un mortero curado por calor (HCM) con cenizas volantes (FA) para curado interno. Se evaluaron las influencias de LWFA en la humedad y comportamiento de FA. El uso del IC de LWFA mejoró la resistencia del hormigón al mitigar la humedad interior, optimizar los grados de reacción del cemento y fortalecer la microestructura, resultando en mayor resistencia y resistencia al ion cloruro. Los resultados sugieren que la combinación de LWFA y FA mejora la eficiencia en el curado térmico, beneficiando las propiedades a largo plazo de HCM.

En su artículo **Gorhan y Bozkurt (2022)** estudiaron cómo los materiales cementantes suplementarios (SCM) con cenizas volantes (FA), humo de sílice (SF) y escoria granulada de alto horno molida (GGBFS) afectan el mortero de

cemento con sílice pirogénica. Se usó cemento tipo CEM I 42.5 R y se agregó 0,5 % de sílice pirogénica. Además, se sustituyó el cemento en las muestras por FA, SF y GGBFS en proporciones del 10, 20 y 30%. Los resultados mostraron que incrementar los tiempos de curado mejoró las propiedades mecánicas de los morteros, especialmente las propiedades físicas de los morteros con polímeros reactivos (PR) frente a los morteros con polímeros convencionales (SR).

En su investigación **(Abdelmonim y Bompa (2021))** analizaron mezclas con escoria granulada de alto horno molida, cenizas volantes, microsílice y metasilicato de sodio anhidro, evaluando su trabajabilidad, propiedades mecánicas y contenido de carbono. Los resultados mostraron que la mezcla óptima, con 75% GGBS, 25% FA y 5% MS, destacó en resistencia, trabajabilidad, absorción de agua e impacto ambiental.

En su artículo **Gerges et al. (2021)** analizaron muestras de mortero con una mezcla que reemplaza parte del cemento y la arena con ceniza de madera, caucho desmenuzado y vidrio triturado fino. La primera mezcla de mortero incluyó un 4% de ceniza de madera como reemplazo parcial del cemento y un 22% de materiales sustitutos, logrando aumentos significativos en resistencia. En la segunda mezcla, con un 4% de ceniza de madera como reemplazo parcial del cemento y un 62% de sustitutos, se obtuvieron incrementos notables en resistencia.

En su investigación **Kesikidou, Konopisi y Anastasiou (2021)** evaluaron la mezcla de lodos de concreto y cenizas volantes con alto contenido de calcio en aglutinantes no cementados, variando la proporción de lodo del 0% al 60% en morteros de cenizas volantes para analizar posibles sinergias. Los resultados indican que la mezcla de lodo con cenizas volantes ricas en calcio favorece la formación de CSH y fortalece la resistencia, incluso con altas tasas de sustitución.

Nahi et al. (2020) en su estudio se enfoca en analizar las propiedades de morteros y pastas de cemento con polvo de residuos de vidrio sodocálcico, variando las tasas de reposición del cemento (0%, 10%, 25%, 35% y 60%). La investigación revela que la cantidad de polvo de vidrio que reemplaza al cemento influye significativamente en las propiedades del mortero. La alta sustitución acelera la hidratación, reduciendo la resistencia y valores dinámicos.

Manzi et al. (2020) en este estudio se emplearon cenizas volantes (Tipo F) con diversas concentraciones de materia carbonosa sin quemar en la elaboración de morteros. Los resultados demuestran que la abundancia de materia carbonosa no quemada afecta las propiedades mecánicas y reológicas de los materiales, resaltando la importancia de aditivos específicos para estos aglutinantes.

En su artículo **Rangan et al. (2020)** examina el empleo de ceniza de paja de arroz y cenizas volantes, junto con activador alcalino, para solidificar suelo de laterita mediante geopolímeros activados con NaOH 12 M. Los resultados demuestran que el tratamiento y la edad del mortero, junto con la geopolimerización en solución de sulfato, impactan positivamente en la resistencia a la compresión. La puzolánica de RSA muestra prometedora reactividad para la reutilización de cenizas en cementación.

Dejaeghere, Sonebi y De Schutter (2019) en su investigación buscó mejorar las propiedades de morteros de cemento con nanoarcilla y cenizas volantes, ajustando la proporción de agua-aglutinante, la sustitución de cemento por cenizas volantes (5-20%), y las dosis de superplastificante y nanoarcilla (0,6%-3% y 0,5%-2,5%, respectivamente). El incremento de nanoarcilla redujo mini-hundimientos, sangrado, producción de calor y resistencia a la compresión en diferentes días. También mejoró propiedades como tiempo de flujo, cohesión, límites elásticos, viscosidad, pico de hidratación y resistencia a la compresión. Las propiedades frescas fueron afectadas por la alta adsorción de agua de la nanoarcilla.

Samantasinghar y Singh (2019) en su artículo abordan las características de mezclas binarias con hidróxido de sodio en geopolímeros de escoria y cenizas volantes, destacando propiedades frescas y endurecidas, como consistencia, tiempo de fraguado y resistencia. Además, se analizan cambios químicos y microestructurales durante el proceso. Los resultados experimentales indican similitud entre las propiedades físicas y mecánicas de los aglutinantes y el cemento convencional, los geopolímeros muestran consistencia y tiempos de fraguado similares al cemento Portland.

IV. CONCLUSIONES

Objetivo específico 1:

Determinar la influencia de cenizas en las propiedades físicas del mortero.

- El uso de cenizas volantes ultrafinas, curado a mayor temperatura y activadores alcalinos concentrados reduce la porosidad del mortero activado alcalinamente, mejorando su microestructura.
- Las cenizas de residuos como sustituto de cemento pueden requerir mayor cantidad de agua para mantener la trabajabilidad, reduciendo la consistencia y flujo del mortero.

Objetivo específico 2:

Determinar la influencia de cenizas en las propiedades mecánicas del mortero.

- La incorporación de 10-25% de distintos tipos de cenizas aumenta la resistencia a la compresión de morteros activados alcalinamente y no activados.
- El curado del mortero con cenizas a bajas temperaturas disminuye significativamente el desarrollo de resistencias mecánicas.
- La molienda de las cenizas volantes aumenta su reactividad puzolánica al incrementar su superficie específica, mejorando la resistencia del mortero.

Se cumplieron los objetivos planteados, determinando los efectos tanto positivos como negativos de la incorporación de cenizas en las propiedades físicas y mecánicas de los morteros.

REFERENCIAS

- ABDELMONIM, Ahmed. y BOMPA, Dan V. Mechanical and Fresh Properties of Multi-Binder Geopolymer Mortars Incorporating Recycled Rubber Particles. En: Web of Science ID: WOS:000713932900001, *INFRASTRUCTURES* [en línea], vol. 6, no. 10, 2021 [consulta: 01 noviembre 2023]. DOI 10.3390/infrastructures6100146. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2412-3811/6/10/146>
- BEZABIH, Tajebe, KANALI, Christopher y THUO, Joseph. Effects of teff straw ash on the mechanical and microstructural properties of ambient cured fly ash-based geopolymer mortar for onsite applications. *Results in Engineering* [en línea], vol. 18, 2023 [fecha de consulta: 01 de Noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.rineng.2023.101123. ScopusISSN: 2590-1230
- BOMPA, D. V., XU, B. y CORBU, O. Evaluation of One-Part Slag-Fly-Ash Alkali-Activated Mortars Incorporating Waste Glass Powder. En: Web of Science ID: WOS:000867889700018, *JOURNAL OF MATERIALS IN CIVIL ENGINEERING* [en línea], vol. 34, no. 12, 2022 [fecha de consulta: 9 noviembre 2023]. DOI 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0004532. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000867889700018>. ISSN: 0899-1561
- CHOE, Gyeongcheol., KANG, Sukpyo y KANG, Hyeju. Characterization of slag cement mortar containing nonthermally treated dried red mud. *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 9, no. 12, 2019 [fecha de consulta: 02 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/app9122510. Scopus
- COELHO, V. A. et al. Evaluation of mortar properties obtained through partial substitution of Portland cement by ashes of oil palm empty fruit bunch. *Ceramica* [en línea], vol. 65, no. 375, 2019 [fecha de consulta: 02 de noviembre de 2023]. DOI 10.1590/0366-69132019653752575. ISSN: 0366-6913
- DEJAEGHERE, Ines, SONEBI, Mohammed y DE SCHUTTER, Geert. Influence of nano-clay on rheology, fresh properties, heat of hydration and strength of cement-based mortars. En: Web of Science ID: WOS:000483454300007, *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS* [en línea], vol. 222, 2019 [fecha de consulta: 3 de noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2019.06.111. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000483454300007>. ISSN: 0950-0618
- ELBASIR, Otman M.M. et al. The Compressive Strength and Microstructure of Alkali-Activated Mortars Utilizing By-Product-Based Binary-Blended Precursors. *Applied Mechanics* [en línea], vol. 4, no. 3, 2023 [fecha de consulta: 03 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/applmech4030046. ISSN: 2673-3161

- FAKHRI, Rana S. y DAWOOD, Eethar T. D. PROPERTIES EVALUATION OF GREEN MORTAR CONTAINING WASTE MATERIALS. *ASEAN Engineering Journal* [en línea], vol. 13, no. 2, 2023 [fecha de consulta: 03 de noviembre de 2023]. DOI 10.11113/aej.V13.18986. ISSN: 2586-9159
- GARG, Rishav et al. Mechanical strength and durability analysis of mortars prepared with fly ash and nano-metakaolin. *Case Studies in Construction Materials* [en línea], vol. 18, 2023 [fecha de consulta: 04 de noviembre 2023]. DOI 10.1016/j.cscm.2022.e01796. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509522009287>. ISSN: 2214-5095
- GERGES, Najib et al. Eco-friendly mortar: Optimum combination of wood ash, crumb rubber, and fine crushed glass. En: Web of Science ID: WOS:000703614500001, *CASE STUDIES IN CONSTRUCTION MATERIALS* [en línea], vol. 15, 2021 [fecha de consulta: 04 de noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.cscm.2021.e00588. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000703614500001>. ISSN: 2214-5095
- GETACHEW, Ephrem M. et al. Enhancing Mortar Properties through Thermoactivated Recycled Concrete Cement. En: Web of Science ID: WOS:001093127100001, *BUILDINGS* [en línea], vol. 13, no. 9, 2023 [fecha de consulta: 04 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/buildings13092209. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/9/2209>
- GORHAN, Gökhan y BOZKURT, Ahmed M. Investigation of properties of mortar containing pyrogenic silica-added supplementary cementitious materials. En: Web of Science ID: WOS:000912615500014, *REVISTA DE LA CONSTRUCCION* [en línea], vol. 21, no. 1, 2022 [fecha de consulta: 04 de noviembre de 2023]. DOI 10.7764/RDLC.21.1.118. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000912615500014>. ISSN: 0718-915X
- GUDIA, Sara E.L. et al. Sugarcane bagasse ash as a partial replacement for cement in paste and mortar formulation – A case in the Philippines. *Journal of Building Engineering* [en línea], vol. 76, 2023 [fecha de consulta: 05 de noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.jobe.2023.107221. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710223014018>. ISSN: 2352-7102
- IBRAHIM, Ali H. et al. Influence of coal bottom ash on properties of Portland cement mortar. *International Journal of Integrated Engineering* [en línea], vol. 11, no. 2, 2019 [fecha de consulta: 04 de noviembre de 2023]. DOI 10.30880/ijie.2019.11.02.008. ISSN: 2229-838X
- ISTUQUE, D.B. et al. Effect of sewage sludge ash on mechanical and microstructural properties of geopolymers based on metakaolin. *Construction and Building Materials*, vol. 203, 2019 [fecha de consulta: 05 de noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2019.01.093. ISSN: 0950-0618

- JAGADESH, P. et al. Effect of processed sugarcane bagasse ash on compressive strength of blended mortar and assessments using statistical modelling. *Case Studies in Construction Materials* [en línea], vol. 19, 2019 [fecha de consulta: 05 de noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.cscm.2023.e02435. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509523006150>. ISSN: 2214-5095
- KADER, Ola T. y DAWOOD, Eethar T. PERFORMANCE OF TERNARY CEMENT MORTAR USING STEEL SLAG, FLY ASH, AND METAKAOLIN. *ASEAN Engineering Journal* [en línea], vol. 13, no. 2, 2023 [fecha de consulta: 05 de noviembre de 2023]. DOI 10.11113/aej.V13.18989. ISSN: 2586-9159
- KESIKIDOU, Fotini, KONOPISSI, Stavroula y ANASTASIOU, Eleftherios K. Influence of Concrete Sludge Addition in the Properties of Alkali-Activated and Non-Alkali-Activated Fly Ash-Based Mortars. En: Web of Science ID: WOS:000665078500002, *ADVANCES IN CIVIL ENGINEERING* [en línea], vol. 2021, 2021 [fecha de consulta: 05 de noviembre de 2023]. DOI 10.1155/2021/5534002. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2021/5534002>
- KHAN, Kaffayatullan et al. Effect of fineness of basaltic volcanic ash on pozzolanic reactivity, ASR expansion and drying shrinkage of blended cement mortars. *Materials* [en línea], vol. 12, no. 16, 2019 [fecha de consulta: 05 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/ma12162603. ISSN: 1996-1944
- KIM, Kyeong W. et al. Effect of pretreated biomass fly ash on the mechanical properties and durability of cement mortar. *Case Studies in Construction Materials* [en línea], vol. 18, 2023 [fecha de consulta: 06 de noviembre de 2023] ISSN 2214-5095. DOI 10.1016/j.cscm.2022.e01754. ISSN: 2214-5095
- KRISHNARAJ, L. y RAVICHANDRAN, P. T. Investigation on grinding impact of fly ash particles and its characterization analysis in cement mortar composites. *Ain Shams Engineering Journal* [en línea], vol. 10, no. 2, 2019 [fecha de consulta: 06 de noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.asej.2019.02.001. ISSN: 20904479
- KUMAR, Mukesh, SAXENA, Sunil K. y SINGH, Nakshatra B., 2019. Influence of some additives on the properties of fly ash based geopolymers cement mortars. *SN Applied Sciences* [en línea], vol. 1, no. 5, 2019 [fecha de consulta: 06 de noviembre de 2023]. DOI 10.1007/s42452-019-0506-4.
- LATICRETE, 2021. *Mortero para revestimiento y juntas de mortero (MVIS) en climas fríos TDS 175M* [en línea]. 26 enero 2021. S.l.: s.n. Disponible en: https://cdn.laticrete.com/~media/support-and-downloads/technical-datasheets/tds175m_spanish.ashx?la=en&vs=5&d=20210812T162511Z&h_ash=362DA4B928C5FFFFFBC877E065E4193B3B8A1B7A2. TDS175M Cold Weather Veneer Installations
- LAURA, L.B., 2023. Determinación de parámetros en morteros autonivelantes para el control de fisuración en climas fríos, Pasco 2022. En: Accepted: 2023-01-

30T19:33:06Z, *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión* [en línea], [consulta: 20 octubre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3033>.

- LI, Shengtao et al. Utilization of ultra-fine dredged sand from the Yangtze River in alkali-activated slag/fly ash mortars: Mechanical properties, drying shrinkage and microstructure. *Case Studies in Construction Materials* [en línea], vol. 19, 2023 [fecha de consulta: 07 de noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.cscm.2023.e02264. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509523004448>. ISSN: 2214-5095
- LIU, Chi y JIA, Yanmin. Effect of Redispersible Latex Powder and Fly Ash on Properties of Mortar. *Coatings* [en línea], vol. 12, no. 12, 2022 [fecha de consulta: 07 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/coatings12121930. ISSN: 2079-6412
- LIU, Chen et al. Improve the long-term property of heat-cured mortars blended with fly ash by internal curing. En: Web of Science ID: WOS:001088350100016, *JOURNAL OF BUILDING ENGINEERING* [en línea], vol. 54, 2022 [fecha de consulta: 08 de noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.job.2022.104624. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:001088350100016>. ISSN: 2352-7102
- LIU, G., FLOREA, M.V.A. y BROUWERS, H.J.H. Characterization and performance of high volume recycled waste glass and ground granulated blast furnace slag or fly ash blended mortars. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 235, 2019 [fecha de consulta: 09 de noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.jclepro.2019.06.334. ISSN: 0959-6526
- LIU, Junxia et al. Investigation of the Mechanical Physical Properties of Fly Ash Modified Magnesium Phosphate Cement Repair Mortar Cured at Varying Temperatures. *Buildings* [en línea], vol. 13, no. 1, 2023 [fecha de consulta: 09 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/buildings13010088. ISSN: 2075-5309
- LIU, Zhuangzhuang et al. Effects of pre-curing treatment and chemical accelerators on Portland cement mortars at low temperature (5 °C). *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 240, 2020 [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2019.117893. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006181933346X>. ISSN: 0950-0618
- LOGINOVA, E. et al. Mechanical performance and microstructural properties of cement mortars containing MSWI BA as a minor additional constituent. *Case Studies in Construction Materials* [en línea], vol. 18, 2023 [fecha de consulta: 11 noviembre 2023]. DOI 10.1016/j.cscm.2022.e01701. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509522008336>. ISSN: 2214-5095

- MA, Zhiyao et al. Experiment study on the mechanical properties and alkali silica reaction (ASR) of mortar blended rice husk ash (RHA). *Case Studies in Construction Materials* [en línea], vol. 18, 2023 [fecha de consulta: 11 noviembre 2023]. DOI 10.1016/j.cscm.2023.e02028. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509523002073>. ISSN: 2214-5095
- MALAIŠKIENĖ, Jurgita, SPUDULIS, Edmundas y STONYS, Rimvydas. The Effect of Milled Municipal Solid Waste Incineration Bottom Ash on Cement Hydration and Mortar Properties. *Materials* [en línea], vol. 16, no. 6, 2023 [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/ma16062528. ISSN: 1996-1944
- MAMANI, C.M. y CHAMBI, M.R.D., 2020. Influencia del calor de hidratación en concreto a bajas temperaturas, dosificado con cemento comercializados en la ciudad de Juliaca. En: Accepted: 2020-10-13T15:28:26Z, *Universidad Peruana Unión* [en línea], [consulta: 15 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3369>.
- MANZI, Stefania et al. Mix-design and Properties of Mortars from Alkali-activated Fly Ashes Containing High Amounts of Unburned Carbon Matter. En: Web of Science ID: WOS:000590902200001, *INTERNATIONAL JOURNAL OF CONCRETE STRUCTURES AND MATERIALS* [en línea], vol. 14, no. 1, 2020 [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2023]. DOI 10.1186/s40069-020-00435-8. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000590902200001>. ISSN: 1976-0485
- MARKPIBAN, Pochpagee, KRUDAM, Wittawat y SAHAMITMONGKOL, Raktipong. Mortar with Internal Curing Bottom Ash for Sand Shortage and Proper Curing. *Buildings* [en línea], vol. 13, no. 3, 2023 [fecha de consulta: 13 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/buildings13030613. Scopus
- METWALLY, Abd A., WASIEM, Ragab A. y AHMED, Gamal E. Properties of cement–bentonite mortar developed by mineral additives for primary firm secant pile by Taguchi method. *Innovative Infrastructure Solutions* [en línea], vol. 8, no. 10, 2023 [fecha de consulta: 15 de noviembre de 2023]. DOI 10.1007/s41062-023-01224-4.
- MIYAMOTO, Shintaro et al. Evaluating the strength development of mortar using clinker fine aggregate with a combination of fly ash and its inhibitory effects on alkali–silica reaction and delayed ettringite formation. *Journal of Material Cycles and Waste Management* [en línea], vol. 25, no. 2, 2023 [fecha de consulta: 15 de noviembre de 2023]. DOI 10.1007/s10163-022-01562-y. ISSN: 1438-4957
- NAHI, Samir et al. Properties of cement pastes and mortars containing recycled green glass powder. En: Web of Science ID: WOS:000582531500237, *CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS* [en línea], vol. 262, 2020 [fecha de consulta: 15 de noviembre 2023]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.120875. Disponible en:

<https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000582531500237>. ISSN: 0950-0618

- NG, Yee L. et al. Influence of alum sludge ash and ground granulated blast furnace slag on properties of cement mortar. *Cleaner Engineering and Technology* [en línea], vol. 6, 2022 [fecha de consulta: 15 de noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.clet.2021.100376. ISSN: 100376
- NOWOŚWIAT, Artur y GOŁASZEWSKI, Jacek. Influence of the variability of calcareous fly ash properties on rheological properties of fresh mortar with its addition. *Materials* [en línea], vol. 12, no. 12, 2019 [fecha de consulta: 18 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/ma12121942. ISSN: 1996-1944
- OYEJOBI, Damilola et al. Analyzing Influence of Mix Design Constituents on Compressive Strength, Setting Times, and Workability of Geopolymer Mortar and Paste. *Advances in Civil Engineering* [en línea], vol. 23, 2023 [fecha de consulta: 18 de noviembre de 2023] ISSN 1687-8086. DOI 10.1155/2023/5522056. ISSN: 1687-8086
- PANTIĆ, Slobodan S. et al. Effects of Grinding Methods and Water-to-Binder Ratio on the Properties of Cement Mortars Blended with Biomass Ash and Ceramic Powder. *Materials* [en línea], vol. 16, no. 6, 2023 [fecha de consulta: 18 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/ma16062443. ISSN: 1996-1944
- RAFEET, Ali et al. Effects of slag substitution on physical and mechanical properties of fly ash-based alkali activated binders (AABs). *Cement and Concrete Research* [en línea], vol. 122, 2019 [fecha de consulta: 20 de noviembre de 2023]. DOI 10.1016/j.cemconres.2019.05.003. ISSN: 0008-8846
- RANGAN, Parea et al. Characteristics of Geopolymer Using Rice Straw Ash, Fly Ash and Laterite Soil as Eco-Friendly Materials. En: Web of Science ID: WOS:000531088600012, *INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATE* [en línea], vol. 19, no. 73, 2020 [fecha de consulta: 20 de noviembre 2023]. DOI 10.21660/2020.73.13457. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000531088600012>. ISSN: 2186-2982
- SAMANTASINGHAR, Subhashree y SINGH, Suresh P. Fresh and Hardened Properties of Fly Ash–Slag Blended Geopolymer Paste and Mortar. *International Journal of Concrete Structures and Materials* [en línea], vol. 13, no. 1, 2019 [fecha de consulta: 20 de noviembre de 2023]. DOI 10.1186/s40069-019-0360-1. ISSN: 1976-0485
- SEYOUM, Redeat et al. Investigation on control burned of bagasse ash on the properties of bagasse ash-blended mortars. *Materials* [en línea], vol. 14, no. 17, 2021 [fecha de consulta: 22 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/ma14174991. ISSN: 1996-1944
- SKOCZYLAS, Katarzyna y RUCIŃSKA, Teresa. The effects of low curing temperature on the properties of cement mortars containing nanosilica. *Nanotechnologies in Construction* [en línea], vol. 11, no. 5, 2019 [fecha de

consulta: 23 de noviembre de 2023]. DOI 10.15828/2075-8545-2019-11-5-536-544. ISSN: 536-534

ŠUPIĆ, Slobodan et al. Environmentally Friendly Masonry Mortar Blended with Fly Ash, Corn Cob Ash or Ceramic Waste Powder. *Materials* [en línea], vol. 16, no. 20, 2023 [fecha de consulta: 25 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/ma16206725.

TEIXEIRA, Elisabete R. et al. Effect of biomass fly ash on fresh and hardened properties of high volume fly ash mortars. *Crystals* [en línea], vol. 11, no. 3, 2021 [fecha de consulta: 25 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/cryst11030233. ISSN: 2073-4352

URETA, Luis. Costos [en línea], n°. 306, 2020 [fecha de consulta: 29 de noviembre de 2023]. Disponible en: www.costosperu.com. ISSN: 2223-0017

VILARINHO, Ines S., GONCALO, Joao A. y SEABRA, Maria P. Development of Eco-Mortars with the Incorporation of Municipal Solid Wastes Incineration Ash. *Materials* [en línea], vol. 16, no. 21, 2023 [fecha de consulta: 25 de noviembre de 2023]. DOI 10.3390/ma16216933. ISSN: 1996-1944

WEI, Xiaobin et al. Influence of low-temperature curing on the mechanical strength, hydration process, and microstructure of alkali-activated fly ash and ground granulated blast furnace slag mortar. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 269, 2021 [fecha de consulta: 28 de noviembre 2023]. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.121811. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820338150>. ISSN: 0950-0618

WONGPAUN, Artith et al. Factors affecting compressive strength and expansion due to alkali-silica reaction of fly ash-based alkaline activated mortar. *Case Studies in Construction Materials* [en línea], vol. 19, 2023 [fecha de consulta: 26 noviembre 2023]. DOI 10.1016/j.cscm.2023.e02595. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509523007751>. ISSN: 2214-5095

YILDIRIM, Salih T. et al. Investigation on properties of cement mortar with bottom ash and perlite. *Structural Concrete* [en línea], vol. 23, no. 6, 2022 [fecha de consulta: 29 de noviembre de 2023]. DOI 10.1002/suco.202100882. ISSN 1464-4177

ANEXOS

Tabla 1: Numero de artículos obtenidos con cada palabra clave

Palabras clave	Scopus	Web of Science
<u>Ashes for mortar from cement</u>	2,216	1,680
<u>Ashes for mortar</u>	2,216	3,905
<u>Mortar from cement</u>	11,394	5,416

Tabla 2: Resultados de la búsqueda con filtros.

Base de datos	Resultados de búsqueda	Filtros aplicados		Nº de resultados obtenidos	Nº artículos elegidos
		AÑO	CIENCIA		
Scopus	2,216	2019-2023	“Ingeniería” “Ciencia de los Materiales” “artículos” “acceso abierto”	606	29
Web of Science	1,680	2019-2023	“Ingeniería Civil” “Tecnología de construcción” “artículos” “acceso abierto”	313	15

Tabla 3: Distribución de artículos en función al año y base de datos.

BASE DE DATOS	AÑO DE PUBLICACIÓN					TOTAL
	2019	2020	2021	2022	2023	
Scopus	11	0	2	3	21	37
Web of Science	2	3	3	3	2	13
TOTAL	13	3	5	6	23	50

ANDIA DAMIANO RANDY_ART_TURNITIN.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

