

**MÉTODO PARA PREPARAR UNA MEZCLA DE MORTERO DE BAJA DENSIDAD Y ALTA
FLUIDEZ CON CASCARILLA DE ARROZ**

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se relaciona con métodos para preparar composiciones cementosas, particularmente composiciones de mortero fluidas y de baja densidad, que sean amigables con el medio ambiente y apropiadas para aplicaciones decorativas no estructurales en mobiliario urbano y objetos de uso doméstico.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los materiales basados en cemento, como son el mortero y el concreto, son fundamentales en la construcción moderna y hacen parte de la gran mayoría de las edificaciones. No obstante, dichos materiales también tienen aplicaciones no estructurales, en las que los productos cementosos no se diseñan para soportar cargas o proveer soporte estructural.

Dentro de estas aplicaciones, el cemento se utiliza, por ejemplo, como un material nivelante, fijador, sellante y/o adhesivo de los componentes de las estructuras de construcción, incluyendo pisos, ventanas, y paredes, entre otros. También puede usarse en acabados interiores y exteriores para revestir o rellenar espacios y como agente de reparación y mantenimiento de las estructuras. Entre las aplicaciones decorativas, los materiales cementosos sirven también para crear acabados ornamentales en superficies y piezas arquitectónicas con técnicas de moldeo y encofrado.

Para cumplir con las funciones no-estructurales, los materiales cementosos deben exhibir características únicas de durabilidad, trabajabilidad, fluidez, y flexibilidad. Si bien es importante que exhiban cierto nivel de resistencia mecánica, ésta no tiene que ser necesariamente alta, pues los productos cementosos resultantes no están destinados a soportar cargas elevadas. Estas propiedades son especialmente relevantes, por ejemplo, para las aplicaciones decorativas en mobiliario urbano y/o doméstico, dado que se requiere de una mezcla cementosa que pueda ser vertida en moldes personalizados con facilidad y que produzca piezas lo suficientemente resistentes y duraderas.

A pesar de la versatilidad del uso de cemento en aplicaciones no estructurales, existen ciertas desventajas en la producción de piezas con fines decorativos y ornamentales. Por

ejemplo, dichos productos cementosos tienden a ser pesados, lo que puede dificultar su transporte, manipulación o instalación, especialmente en el caso de piezas de mobiliario o de uso doméstico grandes como sillas, mesas, encimeras o elementos decorativos, entre otras. Asimismo, la producción de cemento *-independientemente si es para aplicación estructural o no-estructural-* está asociada a importantes emisiones de carbono y alto consumo de energía, generando un impacto ambiental significativo.

Buscando resolver dichos inconvenientes, la industria del cemento con aplicaciones decorativas no-estructurales se ha enfocado en desarrollar productos más ligeros y amigables con el medio ambiente. Para ello, como alternativa, se ha explorado el reemplazo de los agregados comunes en las mezclas de cemento por componentes más ligeros, que disminuyan la densidad de la mezcla, sin afectar significativamente las propiedades de resistencia mecánicas mínimas para las aplicaciones no-estructurales. Al mismo tiempo, dicha búsqueda se ha enfocado en identificar agregados ligeros a partir de residuos agroindustriales reutilizables, que reduzcan la huella ambiental de la producción del cemento.

Siendo la cascarilla de arroz uno de los residuos vegetales más producidos en el mundo (*más de 150 millones de toneladas al año, según Masoumeh Kordj, et al., "Rice Husk at a Glance: From Agro-Industrial to Modern Applications, Rice Science", Volume 31, Issue 1, 2024, Pages 14-32, ISSN 1672-6308*), este material se ha consolidado en los últimos años como una alternativa atractiva y amigable con el medioambiente para el reemplazo de agregados en materiales cementosos. Al respecto, existen numerosas investigaciones que exploran la posibilidad de incorporar cascarilla de arroz dentro de las mezclas que contienen cemento, para disminuir su densidad sin sacrificar las propiedades de rendimiento del producto cementoso resultante.

Sin embargo, el uso de la cascarilla de arroz como reemplazo de agregados en composiciones cementosas puede ser problemático, pues la interacción de materiales de origen lignocelulósico con cemento puede tener un efecto retardante, el cual resulta en productos con menor resistencia mecánica y calidad. Particularmente, Singh, S.M., J. Indian Acad. Wood Sci., 10(1) p. 15-19 (1979) reporta que dichos materiales, que incluyen partículas de madera como la cascarilla de arroz, establecen fuerzas adhesivas frágiles con el cemento, lo que perjudica el fraguado de la mezcla y resulta en un producto débil (*en términos de resistencia*) e inferior (*susceptible a la putrefacción y degradación*).

Se ha propuesto como solución a tales inconvenientes el tratamiento fisicoquímico de la cascarilla de arroz, de modo que se modifique su interacción con los hidratos del cemento para incrementar la fuerza de adhesión y resistencia de la mezcla resultante. Por ejemplo, existen varios desarrollos en donde la cascarilla de arroz se calcina para activar sus propiedades hidráulicas y las cenizas resultantes se añaden a la mezcla de cemento. También se ha estudiado el tratamiento químico de la cascarilla, particularmente con urea, para activar y mejorar el comportamiento hidráulico del agregado y, así, las propiedades de resistencia del cemento una vez se incluya en la mezcla.

Si bien se ha encontrado que dichos tratamientos de la cascarilla mejoran sus propiedades hidráulicas al usarse como un agregado cementante suplementario, aún persisten los inconvenientes relacionados con el impacto medioambiental y el aumento de costos y tiempo de producción con dicho procesamiento de la cascarilla de arroz. Esto último es particularmente cierto en procesamientos que usan varios aditivos adicionales, como adhesivos y otras sustancias poliméricas, para mejorar las propiedades hidráulicas de las mezclas. Además, el desarrollo de mezclas cementosas con cascarilla de arroz *-con o sin tratamiento-* debe no sólo buscar el mantenimiento o mejoramiento de las propiedades de resistencia mecánica de las mezclas, sino también considerar los requerimientos de trabajabilidad adicionales para las distintas aplicaciones no-estructurales, sin aumentar la complejidad de fabricación de los cementos.

En ese sentido, se debe tener en cuenta, por ejemplo, el impacto del reemplazo de los agregados con la cascarilla en la fluidez de las mezclas, considerando que dicha característica determina, entre otros, la facilidad con la que se vierte una mezcla en un molde o las texturas y acabados resultantes en la pieza endurecida. Dependiendo entonces de la aplicación (*por ejemplo, uso de la mezcla para revestimiento de paredes, relleno de juntas de mampostería, o moldeado de cemento para formar objetos o estructuras*), la cantidad de cascarilla de arroz incluida en la mezcla se debe variar y/o tratar para no afectar la fluidez necesaria según cada aplicación.

De esta manera, persiste entonces la necesidad técnica de desarrollar un método para obtener mezclas con cemento para aplicaciones no-estructurales, en particular mezclas de mortero fluidas de baja densidad para moldeo de piezas de mobiliario urbano y/o de uso doméstico, que incorporen cascarilla de arroz como único componente aditivo adicional en la mezcla.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Como respuesta a las necesidades técnicas existentes en el arte previo, la presente invención provee un método para preparar una mezcla de mortero fluida y de baja densidad que se emplea en la formación de piezas decorativas y de mobiliario urbano y/o uso doméstico no-estructurales, en donde el método incorpora cascarilla de arroz en la mezcla, sin requerir tratamientos químicos complejos de la cascarilla ni aditivos adicionales.

Según una realización de la invención, el método para preparar una mezcla de mortero fluida de baja densidad comprende mezclar arena tamizada con cemento, y, de forma separada, hidratar cascarilla de arroz molida en agua hasta lograr su saturación. En un paso posterior, se adiciona la cascarilla de arroz molida y saturada con agua a la mezcla de arena tamizada y cemento y, a continuación, se adiciona gradualmente agua a la mezcla hasta integrar todos los componentes. De esta forma, se obtiene una mezcla de mortero homogénea y consistente con una fluidez de entre el 40% al 70% (*determinada según la Norma Técnica Colombiana NTC 111*), sin requerir la mezcla de ningún aditivo adicional.

De manera inesperada, el método de la presente divulgación permite obtener una mezcla de mortero con propiedades de resistencia, durabilidad, y fluidez similares a las de una mezcla de mortero producida por métodos tradicionales, pero con una menor densidad, aprovechando residuos agroindustriales y haciendo más sostenible la producción de piezas de cemento no estructurales. De forma ventajosa, las propiedades de los productos obtenidos con la mezcla de mortero, preparada según el método de la invención, son adecuadas para aplicaciones no estructurales de carga baja y media, que soporten tensiones de flexión débil y tengan una resistencia al desgaste moderada, siendo útil, por ejemplo, para la elaboración de piezas arquitectónicas y de decoración para mobiliario urbano y/o uso doméstico.

De esta forma, y de acuerdo con otra realización de la invención, se proporciona un método para fabricar piezas de mobiliario urbano y/o uso doméstico, a partir de la mezcla de mortero preparada según el método de la invención, que produce piezas de cemento con propiedades mecánicas adecuadas para su finalidad.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La **FIGURA 1** corresponde a dos gráficas de variación de la resistencia a la compresión (MPa) y densidad (g/cm^3) de mezclas de mortero preparadas según el método de la invención con diferentes porcentajes de cascarilla de arroz molida y saturada con agua incorporada en la mezcla.

La **FIGURA 2** corresponde a una gráfica de variación de la resistencia a la flexocompresión, medida como carga aplicada (kN), y densidad (g/cm^3) de mezclas de mortero preparadas según el método de la invención con diferentes porcentajes de cascarilla de arroz molida y saturada con agua incorporada en la mezcla.

La **FIGURA 3** corresponde a una gráfica de variación de la resistencia al desgaste por abrasión, medida como pérdida por peso (%), y densidad (g/cm^3) de mezclas de mortero preparadas según el método de la invención con diferentes porcentajes de cascarilla de arroz molida y saturada con agua incorporada en la mezcla.

La **FIGURA 4** corresponde a una pieza de materia obtenida con una mezcla de mortero fluida y de baja densidad, preparada según el método de la invención, durante su proceso de curado.

La **FIGURA 5** corresponde a una pieza de materia ya curada, obtenida con una mezcla de mortero fluida y de baja densidad preparada según el método de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En la presente invención, se describe un nuevo método para preparar una mezcla de mortero fluida y de baja densidad, que incorpora un residuo agroindustrial de alta producción, como es la cascarilla de arroz, y que representa una alternativa sostenible para la fabricación de productos cementosos con propiedades mecánicas adecuadas para aplicaciones no estructurales. Realizaciones adicionales de la invención incluyen la mezcla de mortero con cascarilla de arroz preparada por el método de la invención y un método para fabricar piezas de mobiliario urbano y/o uso doméstico a partir de dicha mezcla de mortero fluida y de baja densidad.

MÉTODO DE PREPARACIÓN DE UNA MEZCLA DE MORTERO FLUIDA Y DE BAJA DENSIDAD

La presente invención revela un método para preparar una mezcla de mortero fluida y de baja densidad que está caracterizado por que comprende las etapas de: mezclar en un recipiente arena tamizada con cemento; hidratar por separado cascarilla de arroz molida en agua hasta lograr su saturación; adicionar la cascarilla de arroz molida y saturada con agua a la mezcla de arena y cemento; adicionar gradualmente agua a la mezcla de arena, cemento, y cascarilla de arroz molida y saturada en agua; e integrar todos los componentes de la mezcla de mortero hasta obtener una mezcla homogénea, consistente y fluida.

Según una realización de la invención, la primera etapa del método comprende mezclar arena y cemento en un recipiente. Para ello, las partículas de arena se someten a un tamizaje previo a la mezcla con el cemento para seleccionar un tamaño de partícula adecuado para las aplicaciones no-estructurales de la mezcla de mortero resultante. En una realización particular, las partículas de arena se tamizan utilizando uno o más tamices de mallas para eliminar partículas de arena demasiado finas o gruesas, asegurando una granulometría adecuada para la integración de la mezcla con los componentes de la mezcla de mortero. En otra realización particular, las partículas de arena se tamizan en uno o más tamices de mallas de tamaños No. 8 a 16, preferiblemente en uno o más tamices de mallas de tamaños No. 10 a 14, y más preferiblemente en un tamiz de mallas de tamaño No. 12.

En el contexto de la presente invención, se entiende que un tamiz de malla de tamaño No. 8 tiene aberturas o agujeros de aproximadamente 2,36 mm de diámetro, un tamiz de malla de tamaño No. 10 tiene aberturas o agujeros de aproximadamente 2,00 mm de diámetro, un tamiz de malla de tamaño No. 12 tiene aberturas o agujeros de aproximadamente 1,70 mm de diámetro, un tamiz de malla de tamaño No. 14 tiene aberturas o agujeros de aproximadamente 1,40 mm de diámetro, y un tamiz de malla de tamaño No. 16 tiene aberturas o agujeros de aproximadamente 1,18 mm de diámetro.

En una realización particular, las partículas de arena se seleccionan de aquellas partículas que atraviesan un tamiz de mallas de tamaño No. 8 y se retienen en un tamiz de mallas de tamaño No. 16, preferiblemente que atraviesan un tamiz de mallas de tamaño No. 10 y se retienen en un tamiz de mallas de tamaño No. 14, y más preferiblemente que se retienen en un tamiz de mallas de tamaño No. 12.

En una realización particular, en la etapa de mezcla inicial de arena y cemento, se entiende que el cemento corresponde a una sustancia en polvo finamente molida constituida principalmente de una mezcla de piedra caliza calcinada, arcilla y otros materiales, que generalmente incluyen sílice, alúmina y óxido de hierro. En otra realización particular, el cemento se selecciona del grupo que consiste en cemento Portland Ordinario (OPC), cementos puzolánicos, cemento blanco, cemento hidráulico de caliza, cemento de fraguado rápido, cemento resistente a sulfatos, entre otros. Preferiblemente, el cemento es cemento Portland Ordinario (OPC).

En una realización particular, previo a la mezcla con la arena, el cemento se almacena y mantiene en un recipiente herméticamente cerrado para evitar su exposición a la humedad y mantener sus propiedades reactivas.

En una realización particular, en la etapa de mezcla inicial de arena y cemento, los ingredientes se mezclan en un recipiente o contenedor adecuado para asegurar que se integren completamente. En el contexto de la presente invención, se entiende que el recipiente o contenedor de mezcla puede seleccionarse de canecas, tinas, cubos, cubetas, y/o bandejas de mezcla, y tambores rotadores motorizados o manuales, entre otros, de distintos tamaños (*por ejemplo, grandes, medianos, o pequeños*), materiales (*por ejemplo, acero inoxidable, plástico, o caucho*), y mecanismos de transporte y manejo (*por ejemplo, portables o estacionarios*).

En una realización particular, en la etapa de mezcla inicial de arena y cemento, las partículas de arena se mezclan en una proporción de arena:cemento de entre aproximadamente 3:1 a aproximadamente 5:1, peso a peso, y preferiblemente de aproximadamente 4:1, peso a peso. En otra realización particular, el pesaje de la arena y cemento, según las proporciones establecidas, se realiza previamente a la mezcla de los ingredientes.

Según una realización de la invención, la etapa de hidratación de la cascarilla de arroz ocurre por separado y previo a la incorporación de la cascarilla en la mezcla de arena y cemento. En el contexto de la presente invención, se entiende que la cascarilla de arroz es un residuo o subproducto agrícola correspondiente a la cubierta orgánica exterior, dura y seca, de un grano de arroz que se elimina durante su proceso de molienda.

En una realización particular, antes de la etapa de hidratación de la cascarilla de arroz, la cascarilla se somete a un proceso mecánico de molienda para reducir su tamaño,

garantizando así su adecuación para su incorporación en la mezcla de mortero de la invención. En otra realización particular, la molienda de la cascarilla ocurre por cualquier técnica de molienda conocida en la técnica, incluyendo *-pero sin limitarse a-* molienda de impacto por martillos, molienda por compresión con rodillos o discos, molienda de corte con cuchillas, molienda en molinos de bolas, entre otras.

En una realización particular, antes de la etapa de hidratación de la cascarilla de arroz, la cascarilla molida se somete a un tamizaje para garantizar la uniformidad de las partículas en términos de tamaño, permitiendo una distribución homogénea en la mezcla final. En otra realización particular, la cascarilla de arroz molida se tamiza utilizando uno o más tamices de mallas de tamaños No. 16 a 40, preferiblemente en uno o más tamices de mallas de tamaños No. 24 a 32, y más preferiblemente, en un tamiz de mallas de tamaño No. 28.

En el contexto de la presente invención, se entiende que un tamiz de malla de tamaño No. 16 tiene aberturas o agujeros de aproximadamente 1,18 mm de diámetro, un tamiz de malla de tamaño No. 24 tiene aberturas o agujeros de aproximadamente 0,75 mm de diámetro, un tamiz de malla de tamaño No. 28 tiene aberturas o agujeros de aproximadamente 0,595 mm de diámetro, un tamiz de malla de tamaño No. 32 tiene aberturas o agujeros de aproximadamente 0,45 mm de diámetro, y un tamiz de malla de tamaño No. 40 tiene aberturas o agujeros de aproximadamente 0,425 mm de diámetro.

En una realización particular, la cascarilla de arroz molida se selecciona de aquella que atraviesa un tamiz de mallas de tamaño No. 16 y se retiene en un tamiz de mallas de tamaño No. 40, preferiblemente que atraviesa un tamiz de mallas de tamaño No. 24 y se retiene en un tamiz de mallas de tamaño No. 32, y más preferiblemente que se retiene en un tamiz de mallas de tamaño No. 28.

En una realización particular, en la etapa de hidratación de la cascarilla de arroz, la cascarilla de arroz molida a incorporar en la mezcla de arena y cemento se sumerge e hidrata con agua en un recipiente o contenedor, asegurando una cobertura y distribución uniforme de la humedad en todo el material orgánico. En otra realización particular, la cascarilla de arroz molida se hidrata con agua en una proporción de cascarilla:agua de entre aproximadamente 2:1 a aproximadamente 1:2, peso a peso, preferiblemente, entre aproximadamente 1,5:1 a aproximadamente 1:1,5, peso a peso, y más preferiblemente aproximadamente 1:1, peso a peso.

En una realización particular, en la etapa de hidratación de la cascarilla de arroz, la cascarilla de arroz molida se hidrata con agua hasta lograr su saturación. En el contexto de la presente invención, se entiende que el proceso de saturación de la cascarilla de arroz molida consiste en sumergir e impregnar el material orgánico con agua hasta alcanzar un nivel de absorción máximo o adecuado, en función de su uso posterior. Para el presente caso, la cascarilla de arroz molida se hidrata y satura con agua para evitar que la cascarilla de arroz molida, que se combina con la mezcla de arena y cemento, absorba el agua que se adiciona durante la integración de los componentes de la mezcla de mortero preparado por el método de la invención. En otra realización particular, la cascarilla de arroz molida se encuentra saturada cuando ha absorbido la máxima cantidad de agua que puede retener en sus matriz porosa sin que el exceso de agua se derrame o escurra.

En una realización particular, en la etapa de hidratación de la cascarilla de arroz, la cascarilla de arroz molida se deja sumergida y en reposo en agua para asegurar una correcta absorción del agua y lograr, así, una consistencia adecuada para su incorporación en la mezcla del mortero. En otra realización particular, la cascarilla de arroz molida se deja sumergida y en reposo en agua por un periodo de entre aproximadamente 12 a 36 horas, preferiblemente entre aproximadamente 18 y 30 horas, y más preferiblemente aproximadamente 24 horas. En el contexto de la presente invención, la cascarilla de arroz molida se considera saturada cuando el material orgánico está ligeramente húmedo o seco superficialmente.

Según una realización de la invención, después de la etapa de hidratación de la cascarilla de arroz, se adiciona la cascarilla de arroz molida y saturada con agua a la mezcla de arena y cemento. En una realización particular, la cascarilla de arroz molida y saturada se agrega a la mezcla de arena y cemento en una proporción de cascarilla:arena de entre aproximadamente 1:10 a aproximadamente 1:6, peso a peso, preferiblemente, entre aproximadamente 1:9 a aproximadamente 1:7, peso a peso, y más preferiblemente aproximadamente 1:8, peso a peso.

En otra realización particular, la cantidad de cascarilla de arroz molida que se agrega a la mezcla de arena y cemento corresponde a entre aproximadamente 10% a 16% del peso total de la mezcla de mortero fluida y de baja densidad, preferiblemente entre aproximadamente 12% a 14% del peso total de la mezcla de mortero fluida y de baja densidad, y más preferiblemente, aproximadamente 14% del peso total de la mezcla de mortero fluida y de baja densidad.

En otra realización particular, se determina la cantidad de cascarilla de arroz molida y saturada con agua que será incorporada a la mezcla de arena y cemento después de la etapa de molienda y antes de la etapa de hidratación y saturación de la cascarilla de arroz.

Según una realización de la invención, después de la incorporación de la cascarilla de arroz molida y saturada a la mezcla de arena y cemento, se adiciona agua. En una realización particular, el agua se agrega a la mezcla de arena, cemento, y cascarilla de arroz molida y saturada en una proporción de agua:cemento de entre aproximadamente 0,85:1 a aproximadamente 1:1, peso a peso, y preferiblemente, entre aproximadamente 0,90:1 a aproximadamente 0,95:1 a, peso a peso.

En una realización particular, la adición del agua a la mezcla de arena, cemento, y cascarilla de arroz molida y saturada ocurre gradualmente. En el contexto de la presente invención, se entiende que la adición de forma gradual se refiere al proceso de añadir agua poco a poco, y en pequeñas cantidades, mientras se mezclan la arena, el cemento, y la cascarilla de arroz molida y saturada previamente incorporados. Esta adición gradual permite mantener un control preciso sobre la consistencia y las propiedades finales de la mezcla de mortero. Simultáneamente, esto asegura que se obtenga una mezcla homogénea, sin grumos y uniforme, y se evitan problemas de segregación y la sobrehidratación de los ingredientes.

Según una realización de la invención, la arena, el cemento, la cascarilla de arroz molida y saturada, y el agua finalmente se incorporan e integran hasta obtener una mezcla homogénea, consistente, y fluida. En el contexto de la presente invención, se entiende que una mezcla de mortero es homogénea cuando todos los ingredientes están bien integrados, sin separarse. Asimismo, una mezcla de mortero es consistente cuando exhibe una textura y trabajabilidad adecuada.

En el contexto de la presente invención, también se entiende que una mezcla de mortero es fluida cuando es fácil de manipular, mover, extender, esparcir, verter y/o aplicar. En este sentido, una mezcla de mortero fluida exhibe viscosidad reducida y no es demasiado espesa ni espumosa. Esta propiedad es particularmente importante para las aplicaciones no-estructurales de la mezcla de mortero de la invención, en especial para aplicaciones de moldeo decorativo para mobiliario urbano y/o uso doméstico, puesto que facilita el flujo de la mezcla en los moldes y su llenado uniforme.

En una realización particular, la arena, el cemento, la cascarilla de arroz molida y saturada, y el agua se incorporan mediante técnicas de mezclado conocidas en la industria del cemento, incluyendo *-pero sin limitarse a-* mezclado manual, mezclado con palas, mezclado en tambor, mezclado en agitadora, mezclado en mezcladora de alta velocidad, entre otros.

En otra realización particular, la mezcla e integración de la arena, el cemento, la cascarilla de arroz molida y saturada, y el agua no requiere de aditivos adicionales. Es decir, la cascarilla de arroz molida y saturada es el único agregado, diferente a la arena, que se usa para establecer las propiedades hidráulicas y mecánicas del mortero preparado por el método de la invención.

La presente invención también divulga una mezcla de mortero fluida y de baja densidad, preparada mediante el método aquí divulgado. En el contexto de la presente invención, se entiende que dicha mezcla constituye un material homogéneo, elaborado a partir de agregados sostenibles, y con propiedades similares a un mortero fabricado por métodos tradicionales.

Según una realización de la invención, la mezcla de mortero, preparada por el método de la invención, es fluida. En una realización particular, dicha fluidez resulta, por ejemplo, de la liberación retardada del agua retenida en la cascarilla de arroz molida y saturada. En otra realización particular, la mezcla de mortero, preparada por el método de la invención, tiene una fluidez de entre aproximadamente 40% a aproximadamente 70%, preferiblemente entre aproximadamente 50% a aproximadamente 60%, y más preferiblemente de aproximadamente 55%. En otra realización particular, la fluidez de la mezcla de mortero, preparada por el método aquí de la presente invención, se puede determinar según la Norma Técnica Colombiana NTC 111 (*equivalente a la Norma ASTM C109/C109M*).

Según una realización de la invención, la mezcla de mortero, preparada por el método de la invención, es de baja densidad. En una realización particular, dicha densidad resulta, por ejemplo, del reemplazo de la arena en la mezcla por la cascarilla de arroz molida y saturada. En otra realización particular, la mezcla de mortero, preparada por el método de la invención, tiene una densidad de entre aproximadamente 1,0 g/cm³ a aproximadamente 1,8 g/cm³, preferiblemente entre aproximadamente 1,2 g/cm³ a aproximadamente 1,6 g/cm³, y más preferiblemente de aproximadamente 1,4 g/cm³.

Según una realización de la invención, la mezcla de mortero, preparada por el método de la invención, tiene una resistencia a la compresión adecuada para aplicaciones estructurales de baja a media carga. En una realización particular, la mezcla de mortero, preparada por el método de la invención, tiene una resistencia a la compresión después de entre 8 a 15 días de secado (*edad de entre 21 a 28 días*) de entre aproximadamente 0,05 MPa a aproximadamente 2,00 MPa, preferiblemente entre aproximadamente 0,50 MPa a aproximadamente 1,50 MPa, y más preferiblemente de aproximadamente 1,00 MPa. En otra realización particular, la resistencia a la compresión de la mezcla de mortero, preparada por el método aquí de la presente invención, se puede determinar según la Norma Técnica Colombiana NTC 220 (*equivalente a la Norma ASTM C109*).

Según una realización de la invención, la mezcla de mortero, preparada por el método de la invención, tiene una resistencia a la flexocompresión adecuada para aplicaciones estructurales donde existan tensiones de flexión leves. En una realización particular, la mezcla de mortero, preparada por el método de la invención, tiene una resistencia a la flexocompresión después 8 días de secado (*edad de 21 días*) de entre aproximadamente 0,004 MPa a aproximadamente 0,067 MPa, preferiblemente entre aproximadamente 0,025 MPa a aproximadamente 0,050 MPa, y más preferiblemente de aproximadamente 0,040 MPa. En otra realización particular, la resistencia a la flexocompresión de la mezcla de mortero, preparada por el método aquí de la presente invención, se puede determinar según la Norma Técnica Colombiana NTC 120

Según una realización de la invención, la mezcla de mortero, preparada por el método de la invención, tiene una resistencia a la abrasión al desgaste moderada, útil en aplicaciones no estructurales para mobiliario urbano y/o uso doméstico. En una realización particular, la mezcla de mortero, preparada por el método de la invención, tiene una resistencia a la abrasión por desgaste de entre aproximadamente 10% a aproximadamente 30%, preferiblemente entre aproximadamente 15% a aproximadamente 25%, y más preferiblemente de aproximadamente 20%. En otra realización particular, la resistencia a la abrasión por desgaste de la mezcla de mortero, preparada por el método aquí de la presente invención, se puede determinar según la Norma Técnica Colombiana NTC 3546 (*equivalente a la Norma ASTM C780*).

En una realización preferida de la invención, se describe un método para preparar una mezcla de mortero fluida y de baja densidad, caracterizado por que comprende las etapas de:

- mezclar en un recipiente arena tamizada con cemento en una proporción de arena:cemento de entre 3:1 a 5:1, peso a peso;
- hidratar por separado cascarilla de arroz molida en agua hasta lograr su saturación;
- agregar la cascarilla de arroz molida y saturada con agua a la mezcla de arena y cemento en una proporción de cascarilla:arena de entre 1:10 a 1:6, peso a peso;
- adicionar gradualmente agua en una proporción de agua:cemento de entre 0.85:1 a 1:1, peso a peso, a la mezcla de arena, cemento, y cascarilla de arroz molida y saturada en agua; e
- integrar todos los componentes de la mezcla de mortero hasta obtener una mezcla homogénea y con una fluidez de entre 40% a 70%; en donde el método de preparación no requiere de ningún aditivo adicional a la cascarilla de arroz molida y saturada con agua.

MÉTODO DE FABRICACIÓN DE PIEZAS DE MOBILIARIO URBANO Y/O USO DOMÉSTICO A PARTIR DE UNA MEZCLA DE MORTERO FLUIDA Y DE BAJA DENSIDAD

La presente invención también enseña un método para fabricar piezas de mobiliario urbano y/o uso doméstico a partir de una mezcla de mortero fluida y de baja densidad, obtenida según el método de la invención, que está caracterizado por que comprende las etapas de: llenar un molde de pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico con la mezcla de mortero fluida y de baja densidad, someter dicho molde a un proceso de vibración, someter dicho molde a un proceso de fraguado a temperatura ambiente, y someter la pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico endurecida a un proceso de curado a temperatura ambiente.

Según una realización de la invención, la primera etapa del método para fabricar piezas de mobiliario urbano y/o uso doméstico a partir de una mezcla de mortero fluida y de baja densidad es el llenado del molde de la pieza con la mezcla. En el contexto de la presente invención, se entiende que un molde para pieza de cemento es cualquier recipiente o estructura utilizada para dar forma a las mezclas de mortero durante el proceso de fraguado y curado. En este sentido, el molde para las piezas de mobiliario urbano y/o uso doméstico sirve para verter y compactar la mezcla de mortero fluida y de baja densidad, preparada con el método de la invención, permitiendo que se solidifique en una forma decorativa no-estructural. En una realización particular, el molde para pieza de mobiliario y/o uso doméstico se selecciona de cualquier molde conocido en el campo técnico, incluyendo *-pero sin limitarse a-* moldes para bancos, papeleras, materas, adoquines, esculturas, mesas, sillas, etc.

En una realización particular, antes del llenado del molde de pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico con la mezcla de mortero fluida y de baja densidad, se aplica un desmoldante en la superficie interna del molde para evitar la adherencia de la pieza endurecida y facilitar su desmoldeo. En otra realización particular, el desmoldante se selecciona de cualquier sustancia que lubrique y facilite la extracción de la pieza endurecida del molde y que sea conocida en el campo técnico, incluyendo *-pero sin limitarse a-* desmoldantes a base de aceites minerales y/o vegetales, a base de cera, a base de silicona, a base de geles, a base de agua, en combinación con polímeros, y sintéticos, entre otros.

En otra realización particular, antes del llenado del molde de pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico con la mezcla de mortero fluida y de baja densidad, el molde se sella adecuadamente para evitar posibles fugas o derrames durante el vertido de la mezcla. En el contexto de la presente invención, se entiende que dicho sellado se puede realizar con cualquier técnica conocida en el campo, incluyendo *-pero sin limitarse a-* sellado con cinta adhesiva, selladores de juntas, cera, pegamento, silicona, resinas, pasta de sellado, etc.

En una realización particular, el llenado del molde de pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico con la mezcla de mortero fluida y de baja densidad se realiza por fases o partes del volumen total del molde. Es decir, se llena parcialmente una parte del volumen del molde con la mezcla de mortero, y se somete a un proceso de vibración. Dicho proceso de llenado parcial y subsiguiente proceso de vibración se repite hasta llenar o alcanzar el volumen de llenado adecuado del molde de pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico.

En otra realización particular, el llenado parcial del molde de pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico se divide en cinco o más fases o partes del volumen total del molde, preferiblemente en cuatro o más fases o partes del volumen total del molde, o más preferiblemente en tres o más fases o partes del volumen total del molde. El llenado parcial del molde en cada fase o parte está acompañado de un proceso de vibración. En otra realización particular, el molde de pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico se llena completamente en un solo vertido.

Según una realización de la invención, el proceso vibración, después del llenado completo o de cada llenado parcial del molde de pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico, se realiza para asegurar la compactación de la mezcla y la eliminación de burbujas de aire dentro del molde. En el contexto de la presente invención, se entiende que dicho proceso de vibración se puede realizar con cualquier técnica conocida en el campo, incluyendo *-pero*

sin limitarse a- vibración interna con insertos, externa con mesa vibratoria, de impacto, rotacional, vertical, con aire comprimido, ultrasónica y manual, entre otras. En una realización particular, dicho proceso de vibración del molde de pieza, completa o parcialmente llenado con la mezcla de mortero fluida y de baja densidad, ocurre por un periodo de tiempo de entre aproximadamente 1 segundo a aproximadamente 20 segundos, preferiblemente de entre aproximadamente 5 segundos a aproximadamente 15 segundos, o aún más preferiblemente de aproximadamente 10 segundos.

Según una realización de la invención, después del proceso de llenado y vibración, la mezcla de mortero fluida y de baja densidad dentro del molde de pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico se somete un proceso de fraguado. En el contexto de la presente invención, se entiende que durante el fraguado la mezcla de mortero pasa de un estado plástico a un estado rígido, sin obtener aún su máxima resistencia.

En una realización particular, la mezcla de mortero fluida y de baja densidad dentro del molde de pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico se somete un proceso de fraguado durante un periodo de tiempo de entre aproximadamente 4 días a aproximadamente 12 días, preferiblemente de entre aproximadamente 6 días a aproximadamente 10 días, o de aproximadamente 8 días. En otra realización particular, el proceso de fraguado de la mezcla de mortero fluida y de baja densidad dentro del molde de pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico ocurre a temperatura ambiente.

En otra realización particular, durante el fraguado, el molde de pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico con la mezcla de mortero fluida y de baja densidad se cubre para minimizar la evaporación de agua y, así, garantizar un endurecimiento inicial adecuado. En el contexto de la presente invención, se entiende que el cubrimiento del molde puede llevarse a cabo con cualquier material que reduzca la pérdida de agua por evaporación, como por ejemplo, un plástico o una tela impermeable, entre otros.

Según una realización de la invención, después del proceso de fraguado, se retira la pieza endurecida del molde y se somete a un proceso de curado. En el contexto de la presente invención, se entiende que durante el curado la pieza elaborada con la mezcla de mortero fluida y de baja densidad desarrolla su máxima resistencia y durabilidad.

En una realización particular, la pieza endurecida elaborada con la mezcla de mortero fluida y de baja densidad se somete un proceso de curado durante un periodo de tiempo de entre

aproximadamente 5 días a aproximadamente 15 días, preferiblemente de entre aproximadamente 8 días a aproximadamente 12 días, o de aproximadamente 10 días. En otra realización particular, el proceso de curado de la pieza endurecida elaborada con la mezcla de mortero fluida y de baja densidad ocurre a temperatura ambiente.

En otra realización particular, durante el proceso de curado, la pieza endurecida elaborada con la mezcla de mortero fluida y de baja densidad se rocía con agua para mantener las condiciones óptimas de humedad y, así, completar las reacciones químicas de las propiedades hidráulicas del mortero, que continúan incluso después del fraguado. En otra realización particular, la pieza endurecida elaborada con la mezcla de mortero fluida y de baja densidad se rocía con agua aproximadamente cada 48 horas, preferiblemente aproximadamente cada 36 horas, o más preferiblemente aproximadamente cada 24 horas. En otra realización particular, durante dicha humectación en el proceso de curado, la pieza endurecida elaborada con la mezcla de mortero fluida y de baja densidad también se mantiene cubierta para minimizar la evaporación de agua y, así, garantizar su endurecimiento completo.

EJEMPLOS

Sin pretender limitar el alcance de la divulgación, los siguientes ejemplos no limitativos ilustran y exponen realizaciones ejemplares de la preparación y aplicación de la mezcla de mortero fluida y de baja densidad para elaborar piezas de cemento para aplicaciones decorativas no estructurales, particularmente, en mobiliario urbano y/o para uso doméstico. Asimismo, se describen la ejecución de pruebas técnicas estandarizadas de fluidez, compresión, flexocompresión, y abrasión para determinar las propiedades de resistencia y durabilidad de la mezcla de mortero de la invención. Dichos ejemplos no deben interpretarse como limitantes del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

EJEMPLO 1 – Determinación de la fluidez de la mezcla de mortero de baja densidad preparada por el método de la invención.

Este ejemplo describe la ejecución de la prueba técnica de fluidez de la mezcla de mortero de baja densidad preparada por el método de la invención, según las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana NTC 111 (*Método para determinar la fluidez de morteros de cemento hidráulico*). Dicha norma está basada en los estándares técnicos de la Sociedad

Estadounidense para Pruebas y Materiales (*ASTM, por sus siglas en inglés*), norma ASTM C109.

La prueba de fluidez se realizó en cuatro muestras de 500 gramos de mezclas de mortero con diferentes proporciones de agua, preparadas según el método de la invención. Para cada muestra, se mezclaron en recipientes separados arena tamizada con un tamiz de malla No. 10 (*utilizando las partículas de arena que atravesaron el tamiz*) con cemento Portland Ordinario (OPC), en una proporción de arena:cemento de 1:4.

Por separado, se sometieron las cascarillas de arroz previamente recolectadas a un proceso mecánico de molienda y se tamizaron las partículas molidas con un tamiz de malla No. 10, seleccionando únicamente las partículas que atravesaban el tamiz. Se hidrató una cantidad de cascarilla de arroz molida correspondiente al 10% del peso total de cada muestra de mezcla de mortero de la invención con agua, en una proporción de cascarilla:agua de 1:2. Se mantuvieron las cascarillas molidas en remojo y reposo durante 24 horas hasta lograr su saturación. Se incorporó el material orgánico procesado a la mezcla de arena y cemento de cada muestra.

Se adicionó gradualmente agua a las mezclas de arena, cemento, y cascarilla de arroz molida y saturada de cada muestra, variando la proporción con respecto al cemento. De esta forma, se agregó agua a una primera muestra en una proporción de agua:cemento de 0,85:1, a una segunda muestra en una proporción de agua:cemento de 0,90:1, a una tercera muestra en una proporción de agua:cemento de 0,95:1, y finalmente a una cuarta muestra en una proporción de agua:cemento de 1:1.

Se integraron todos los componentes de la mezcla de mortero hasta obtener una mezcla homogénea y consistente. Las mezclas de las cuatro muestras exhibieron una densidad promedio de 1,65 g/cm³. La Tabla 1 a continuación resume la composición de las mezclas de mortero de cada muestra preparadas según esta realización ejemplar:

Tabla 1. Composición de muestras de mezcla de mortero, preparadas según el método de la invención, para la prueba técnica de fluidez.

<i>Muestra</i>		1	2	3	4
<i>Cantidades</i>	Arena (g)	360	360	360	360
	Cemento (g)	90	90	90	90
	Cascarilla molida (g)	50	50	50	50
	Cantidad Total (g)	500	500	500	500
	Agua (mL)	79	81	86	90
<i>Proporciones</i>	Arena:Cemento	1:4	1:4	1:4	1:4
	% Cascarilla en mezcla	10	10	10	10
	Agua:Cemento	0.85:1	0,90:1	0,95:1	1:1

La fluidez de las muestras de mezclas de mortero de baja densidad, preparadas según el método de la invención, fue determinada según las especificaciones del estándar NTC 111, en una mesa de flujo, tal como se especifica en la norma técnica. Se realizaron cuatro ensayos de prueba de fluidez para cada muestra de mezcla de mortero, y se registró el diámetro promedio (D_{MEZCLA}) de esparcimiento de la mezcla de mortero en cada muestra, tras tres repeticiones de la prueba (D_1 , D_2 , y D_3) por cada ensayo. La fluidez corresponde al aumento del diámetro promedio de cada muestra, en comparación con el diámetro real del molde de mortero (D_{MOLDE}) utilizado en la mesa de flujo. Dicha fluidez se calculó como porcentaje de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Fluidez} = \frac{(D_{MEZCLA} - D_{MOLDE})}{D_{MOLDE}} \times 100$$

Para todos los ensayos, el diámetro real del molde de mortero, D_{MOLDE} , fue de 100 mm. A continuación, se presentan los resultados para los ensayos de fluidez de cada muestra de la mezcla de mortero, preparada según el método de la invención (*Tabla 2*):

Tabla 2. Resultados de prueba de fluidez (*NTC 111*)de la mezcla de mortero de baja densidad, preparada según el método de la invención

<i>Ensayo No.</i>		<i>Muestra 1</i>	<i>Muestra 2</i>	<i>Muestra 3</i>	<i>Muestra 4</i>
1	D ₁ (mm)	161	160	160	170
	D ₂ (mm)	161	157	144	166
	D ₃ (mm)	163	160	147	170
	D _{MEZCLA} (mm)	161,7	159,0	150,3	168,7
	Fluidez (%)	61,7	59,0	50,3	68,7
2	D ₁ (mm)	160	150	155	165

	D ₂ (mm)	147	162	152	164
	D ₃ (mm)	157	165	156	162
	D _{MEZCLA} (mm)	154,7	159,0	154,3	163,7
	Fluidez (%)	54,7	59,0	54,3	63,7
3	D ₁ (mm)	159	160	148	168
	D ₂ (mm)	160	155	150	175
	D ₃ (mm)	159	158	150	175
	D _{MEZCLA} (mm)	159,3	157,7	149,3	172,7
	Fluidez (%)	59,3	57,7	49,3	72,7
4	D ₁ (mm)	163	170	-	-
	D ₂ (mm)	170	165	-	-
	D ₃ (mm)	160	167	-	-
	D _{MEZCLA} (mm)	164,3	167,3	-	-
	Fluidez (%)	64,3	67,3	-	-
	<i>Fluidez Promedio (%)</i>	60,0	60,8	51,3	68,3

Se encontró que las muestras de la mezcla de mortero de baja densidad, preparada según el método de la invención, tiene un porcentaje de fluidez en un rango de entre 51,3% a 68,3%, estableciendo una fluidez promedio para la mezcla de 60,1%. Dicho valor de fluidez se considera adecuado para aplicaciones decorativas no estructurales, pues describe una mezcla de mortero con una consistencia fluida pero no excesivamente líquida, que se puede verter fácilmente en un molde de cemento, por ejemplo, para elaborar piezas de cemento para mobiliario urbano y/o uso doméstico.

EJEMPLO 2 – Determinación de la resistencia a la compresión de la mezcla de mortero de baja densidad preparada por el método de la invención.

En esta segunda realización ejemplar, se describe la ejecución de la prueba técnica de resistencia a la compresión de la mezcla de mortero de baja densidad preparada por el método de la invención, según las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana NTC 220 (*Determinación de la resistencia de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 50 mm o 50.8 mm de lado*). Dicha norma también está basada en los estándares técnicos de la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (*ASTM, por sus siglas en inglés*), norma ASTM C109.

Las pruebas de resistencia mecánica, incluyendo esta prueba de compresión y las pruebas de flexocompresión, y abrasión, que serán descritas más adelante, se realizaron en muestras

de cubos o vigas rectangulares. Para obtener dichas muestras, se prepararon cuatro mezclas de mortero con diferentes porcentajes de cascarilla de arroz molida y saturada, según el método de la presente invención.

Para cada mezcla, en recipientes separados inicialmente se mezcló arena tamizada con un tamiz de malla No. 10 (*utilizando las partículas de arena que atravesaron el tamiz*) y cemento Portland Ordinario (OPC), en una proporción de arena:cemento de 1:4. Por separado, también se sometieron las cascarillas de arroz a un proceso mecánico de molienda y se tamizaron las partículas molidas con un tamiz de malla No. 10, seleccionando únicamente las partículas que atravesaban el tamiz.

La cantidad de cascarilla de arroz molida a ser incorporada en cada mezcla varió entre 10%, 12%, 14%, y 16% del peso total de la mezcla de mortero. Dichas cantidades de cascarilla molida fueron hidratadas con agua, en una proporción de cascarilla:agua de 1:2. Se mantuvieron las cascarillas molidas en remojo y reposo durante 24 horas hasta lograr su saturación. A continuación, se incorporó el material orgánico saturado a cada mezcla de arena y cemento.

Se adicionó gradualmente agua a las mezclas de arena, cemento, y cascarilla de arroz molida y saturada, en una proporción de agua:cemento de 0,88:1. Se integraron todos los componentes de cada mezcla de mortero hasta obtener mezclas homogéneas y consistentes. La Tabla 3 a continuación resume la composición de las mezclas de mortero, preparadas según el método de la invención, para obtener las muestras para las pruebas de resistencia mecánica:

Tabla 3. Composición de muestras de mezcla de mortero, preparadas según el método de la invención, para las pruebas técnicas mecánicas.

<i>Muestra</i>		1	2	3	4
<i>Cantidades</i>	Arena (g)	3456	3379	3302	3226
	Cemento (g)	864	845	826	806
	Cascarilla molida (g)	480	576	672	768
	Cantidad Total (g)	4800	4800	4800	4800
	Agua (mL)	760	743	727	710
<i>Proporciones</i>	Arena:Cemento	1:4	1:4	1:4	1:4
	% Cascarilla en mezcla	10	12	14	16
	Agua:Cemento	0,88:1	0,88:1	0,88:1	0,88:1

La prueba de resistencia a la compresión se realizó en muestras cúbicas, de aproximadamente 50 mm de lado, de la mezcla de mortero, preparada según el método de la invención, con diferentes porcentajes de cascarilla molida y saturada incorporada. Dichos cubos se sometieron a un proceso de secado (*o fraguado*) por un periodo de 8 o 15 días, y se curaron posteriormente durante un periodo de 21 o 28 días, respectivamente. En promedio, se utilizaron de tres a seis cubos por cada mezcla de mortero, según las condiciones de maduración de las muestras (*fraguado de 8 días y posterior curado 21 días o fraguado de 15 días y posterior curado de 28 días*).

Las muestras fueron sometidas a una carga axial progresiva, en una máquina de ensayos de compresión con capacidad para medir hasta 1.000 kN, aplicando una velocidad de carga constante hasta la falla de la muestra. Se registraron los valores promedio de densidad, fuerza de la carga axial progresiva aplicada, y máxima carga soportada antes del colapso de las muestras (*resistencia a la compresión*). A continuación, se presentan los resultados para los ensayos de resistencia a la compresión de las mezclas de mortero con diferentes proporciones de cascarilla de arroz molida y saturada en agua, preparadas según el método de la invención (*Tabla 4*):

Tabla 4. Resultados de prueba de resistencia a la compresión (*NTC 220*) de la mezcla de mortero de baja densidad, preparada según el método de la invención

Mezcla (Cubos)	Condiciones de Maduración		Densidad (g/cm ³)	Carga axial progresiva (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)
	Fraguado (días)	Curado (días)			
1 (10% Cascarilla de arroz molida y saturada)	8	21	1,355	5,335	2,210
	15	28	1.307	4,770	1,914
2 (12% Cascarilla de arroz molida y saturada)	8	21	1,293	0,308	0,120
	15	28	1,278	3,061	1,196
3 (14% Cascarilla de arroz molida y saturada)	8	21	1,248	3,460	1,363
	15	28	1,224	2,260	0,899
4 (16% Cascarilla de arroz molida y saturada)	8	21	1,164	2,937	1,156
	15	28	1,139	2,710	1,074

Los resultados de la prueba de resistencia a la compresión (Figura 1) mostraron que la mezcla de mortero de baja densidad exhibe un rango de resistencias entre 0,05 y 2 MPa, lo

que se considera adecuado para aplicaciones estructurales de baja a media carga, según la normatividad técnica. Es decir, las mezclas de mortero, preparadas según el método de la invención, cumplen con los estándares de resistencia necesarios para aplicaciones no-estructurales, por ejemplo, en diseño de piezas decorativos en mobiliario urbano y/o uso doméstico.

EJEMPLO 3 – Determinación de la resistencia a la flexocompresión de la mezcla de mortero de baja densidad preparada por el método de la invención.

La prueba técnica de resistencia a la flexocompresión de la mezcla de mortero de baja densidad, preparada por el método de la invención, se realizó según las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana NTC 120 (*Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión de morteros de cemento hidráulico*).

Para dicha prueba, se utilizaron vigas rectangulares de aproximadamente 40 cm de alto, 40 cm de ancho, y 160 cm de largo de la mezcla de mortero, preparada según el método descrito en el Ejemplo 2 de la presente invención, con diferentes porcentajes de cascarilla molida y saturada incorporada. Las vigas resultantes se sometieron a un proceso de fraguado por un periodo de 8 días, y se curaron posteriormente durante un periodo de 21 días. En promedio, se obtuvieron de tres a seis vigas por cada mezcla de mortero.

En una máquina de ensayos de flexocompresión, se aplicó una carga progresiva en el centro de las vigas de muestra hasta lograr su ruptura. El objetivo era evaluar el comportamiento de la mezcla endurecida bajo cargas flexionantes y compresivas, similares a las que podría experimentar en su uso en elementos, como losas y vigas. Se registraron los valores promedio de densidad, fuerza de la carga progresiva aplicada, y máxima carga soportada antes del colapso de las vigas de muestras (*resistencia a la flexocompresión*). La Tabla 5 a continuación presenta dichos resultados:

Tabla 5. Resultados de prueba de resistencia a la flexocompresión (NTC 120) de la mezcla de mortero de baja densidad, preparada según el método de la invención

Mezcla (Vigas)	Condiciones de Maduración		Densidad (g/cm ³)	Carga axial progresiva (kN)	Resistencia a la Compresión (MPa)
	Fraguado (días)	Curado (días)			
1 (10% Cascarilla de arroz molida y saturada)	8	21	1,384	0,459	0,071
2 (12% Cascarilla de arroz molida y saturada)	8	21	1,345	0,138	0,021
3 (14% Cascarilla de arroz molida y saturada)	8	21	1,311	0,439	0,068
4 (16% Cascarilla de arroz molida y saturada)	8	21	1,159	0,342	0,053

La prueba de resistencia a la flexocompresión de las mezclas de mortero de baja densidad busca determinar su capacidad de soportar tensiones combinadas de flexión y compresión. Los resultados de la prueba (Figura 2) indican que las mezclas de mortero, preparadas según el método de la invención, tienen una resistencia a la flexocompresión de entre 0,004 y 0,067 MPa. Dichos valores indican que la mezcla puede ser utilizada en aplicaciones donde existan tensiones de flexión leves, es decir, en aplicaciones decorativas no-estructurales.

EJEMPLO 4 – Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión de la mezcla de mortero de baja densidad preparada según el método de la invención.

En esta realización ejemplar, se describen los resultados de la prueba técnica de resistencia al desgaste por abrasión de la mezcla de mortero de baja densidad, preparada por el método de la invención. Dicha prueba se realizó de acuerdo con las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana NTC 3546 (*Métodos de ensayo para determinar la evaluación en laboratorio y en obra, de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada*). Dicha norma es idéntica al estándar ASTM C780.

Para la prueba, también se obtuvieron vigas rectangulares de aproximadamente 40 cm de alto, 40 cm de ancho, y 160 cm de largo con la mezcla de mortero, preparada según el método descrito en el Ejemplo 2 de la presente invención, con diferentes porcentajes de

cascarilla molida y saturada incorporada. Las vigas resultantes se sometieron a un proceso de secado por un periodo de 21 días. En promedio, se obtuvieron de tres a seis vigas por cada mezcla de mortero.

La prueba de abrasión se llevó a cabo utilizando una máquina de ensayo de abrasión, en la que se frotaron las muestras de vigas bajo condiciones controladas. Se midieron las masas promedios antes (*Masa I*) y después (*Masa F*) del proceso de abrasión, y se registró la pérdida de masa promedio de las vigas de muestra tras ser sometidas a un desgaste continuo durante un período predeterminado (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados de prueba de resistencia a la abrasión por desgaste (NTC 3546) de la mezcla de mortero de baja densidad, preparada según el método de la invención

<i>Mezcla (Vigas)</i>	<i>Masa I (g)</i>	<i>Masa F (g)</i>	<i>Pérdida por Peso (%)</i>
1 (10% Cascarilla de arroz molida y saturada)	327,7	256,98	21,6
2 (12% Cascarilla de arroz molida y saturada)	323,6	244,32	24,5
3 (14% Cascarilla de arroz molida y saturada)	312,16	239,53	23,4
4 (16% Cascarilla de arroz molida y saturada)	336,73	293,43	12,8

El objetivo de esta prueba era evaluar la durabilidad del material frente a condiciones de uso, donde el roce o la fricción sean factores críticos. La pérdida de masa por abrasión de las muestras de vigas elaboradas con la mezcla de mortero preparada por el método de la invención oscila entre 10 y el 30% de la masa (*Figura 3*). Esto es indicativo de una mezcla que exhibe una resistencia al desgaste moderada, siendo también una propiedad útil en aplicaciones decorativas no estructurales para mobiliario urbano y/o uso doméstico.

EJEMPLO 5 – Fabricación de piezas de mobiliario urbano y/o uso doméstico utilizando la mezcla de mortero fluida y de baja densidad, obtenida según el método de la invención.

Se utilizaron tres muestras de la mezcla de mortero fluida y de baja densidad, preparada según el método de la invención, para fabricar materas de cemento. Para ello, se mezclaron

en recipientes separados arena tamizada con un tamiz de malla No. 10 con cemento Portland Ordinario (OPC), en una proporción de arena:cemento de 1:4.

Por separado, se molieron cascarillas de arroz y se tamizaron las partículas molidas con un tamiz de malla No. 10, seleccionando únicamente las partículas que atravesaban el tamiz. Se hidrató una cantidad de cascarilla de arroz molida correspondiente al 10% del peso total de las mezclas de mortero con agua, en una proporción de cascarilla:agua de 1:2. Se mantuvieron las cascarillas molidas en remojo y reposo durante 24 horas hasta lograr su saturación. Se incorporó el material orgánico procesado a las mezclas de arena y cemento.

Se adicionó gradualmente agua a las mezclas de arena, cemento, y cascarilla de arroz molida y saturada de cada muestra, en una proporción de agua:cemento de 0,88:1. Se integraron todos los componentes de las mezclas de mortero hasta obtener mezclas homogéneas y consistentes. Se registraron las densidades de las muestras de mezclas de mortero (*Tabla 7*), encontrándose una reducción de aproximadamente 30% de la densidad de una mezcla de mortero sin incluir cascarilla molida y saturada con agua.

Tabla 7. Densidades de mezclas de mortero fluida y de baja densidad, preparadas según el método de la invención, para fabricación de piezas de mobiliario urbano y/o uso doméstico.

<i>Muestra de Mezcla de Mortero</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>Sin Cascarilla</i>
Densidad (g/cm ³)	1,42	1,42	1,48	2,03

Para la fabricación de las materas, las mezclas se vertieron en molde de la piezas de materas, a los cuales se le aplicó previamente un desmoldante sintético tipo 556 en su superficie interna y se sellaron para evitar fugas o derrames durante el vertido de la mezcla.

Las mezclas fueron vertidas dentro de los moldes por partes de su volumen total. En este sentido, se llenó primero una tercera parte del volumen de cada molde con las mezclas, y se sometieron los moldes con dichas primeras parte llenas a un proceso de vibración durante 10 segundos para eliminar burbujas de aire y garantizar una compactación adecuada. Se repitió el proceso de llenado en la segunda tercera parte del volumen y, finalmente, en la última tercera parte del volumen con las mezclas restantes. Después del llenado de cada parte, se sometieron los moldes con la mezclas correspondientes a un

proceso de vibración por 10 segundos, para asegurar una densidad uniforme en todo el volumen.

Una vez se llenaron los moldes, se permitió su fraguado durante un periodo de 8 días a temperatura ambiente. Durante este tiempo, los moldes fueron cubiertos con plásticos para minimizar la evaporación de agua durante el fraguado. Al completar dicho secado inicial, se desmoldearon las piezas y se dejaron curando en reposo durante 10 días adicionales (*Figura 4*). Durante este proceso de curado, se rociaron las piezas endurecidas cada 24 horas para mantener su superficie húmeda. Asimismo, después de cada humectación, las piezas se cubrieron con plásticos para mantener un ambiente de humedad controlado y, así asegurar, el curado completo de las materas.

La Figura 5 muestra un ejemplo de pieza de matera curada, obtenida a partir de una mezcla de mortero fluida y de baja densidad, según el método de la invención. La mezcla para dicha pieza de mobiliario urbano y/o uso doméstico fue lo suficientemente fluida para ser vertida en el molde correspondiente, y resultó en una pieza lo suficientemente resistente para constituir una pieza decorativa no-estructural, elaborada a partir de residuos agrícolas.

Aunque esta invención se ha divulgado en el contexto de ciertas realizaciones y ejemplos preferidos, los expertos en la materia entenderán que la presente invención se extiende más allá de las realizaciones específicamente divulgadas a otras realizaciones y/o usos alternativos de la invención y modificaciones obvias y equivalentes de los mismos. Además, aunque el número de variaciones de la invención se ha mostrado y descrito en detalle, otras modificaciones, que están dentro del alcance de esta invención, serán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica basándose en esta descripción.

También se contempla que se pueden hacer varias combinaciones o subcombinaciones de las características y aspectos específicos de las realizaciones y aun así estar dentro del alcance de la invención. En consecuencia, debe entenderse que diversas características y aspectos de las realizaciones descritas pueden combinarse o sustituirse entre sí para realizar diversos modos de la invención descrita. Por lo tanto, se pretende que el alcance de la presente invención aquí desvelada no esté limitado por las realizaciones particulares desveladas descritas anteriormente, sino que esté determinado únicamente por una lectura justa de las reivindicaciones. Adicionalmente, se aclara que los términos en que se ha redactado la presente descripción deberán ser tomados siempre en sentido amplio y no limitativo.