

XXI Semana de la Facultad de
Bienvenidos

i Bienvenidos!

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 11- No 1-2023 Publicación Semestral



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA®

Acreditados
en ALTA CALIDAD



Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación



ESTANDARIZACIÓN DE MASILLA ARTESANAL PARA LA REPARACIÓN DE LADRILLOS DE FACHADAS EN MEDELLÍN COLOMBIA 2023

Por:

Julián David Zuluaga López

Daniel Ciro

Asesor temático: Hernan Cañola

Proyecto de investigación del curso y del programa Construcciones
Civiles



Fuente: elaboración propia

PRODUCCIONES ACADÉMICAS E INVESTIGATIVAS DE LOS PROGRAMAS DE PREGRADO

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 11- No 1-2023 Publicación Semestral

INTRODUCCIÓN

- Existen diferentes factores adversos que pueden afectar el estado de la fachada de una edificación, uno de estos y posiblemente el más común es el cambio climático, pues la exposición de este material a las temperaturas del sol, la calidad del aire y la lluvia, afecta gradualmente los materiales del ladrillo. Así mismo, esta afectación depende de la zona en donde esté ubicada la edificación, en el caso de Medellín, se hablará de afectaciones por la lluvia, ya que es una zona de altas precipitaciones. La lluvia representa un factor de erosión y afectación muy importante.

INTRODUCCIÓN

- Para contrarrestar esta situación, surgen los mantenimientos de las edificaciones, los cuales, en su forma tradicional, implica el cambio de la pieza afectada, pero este tipo de mantenimiento, se hace poco eficiente no solo por costos, sino por la afectación a la estructura de edificio cuando la cantidad de piezas a cambiar supera el 60% de la edificación. Por tanto, en búsqueda de una solución alternativa que cumpla con las condiciones físico mecánicas, se pretende estandarizar la fórmula de una masilla artesanal, para la reparación de ladrillos como una alternativa en los mantenimientos de fachadas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

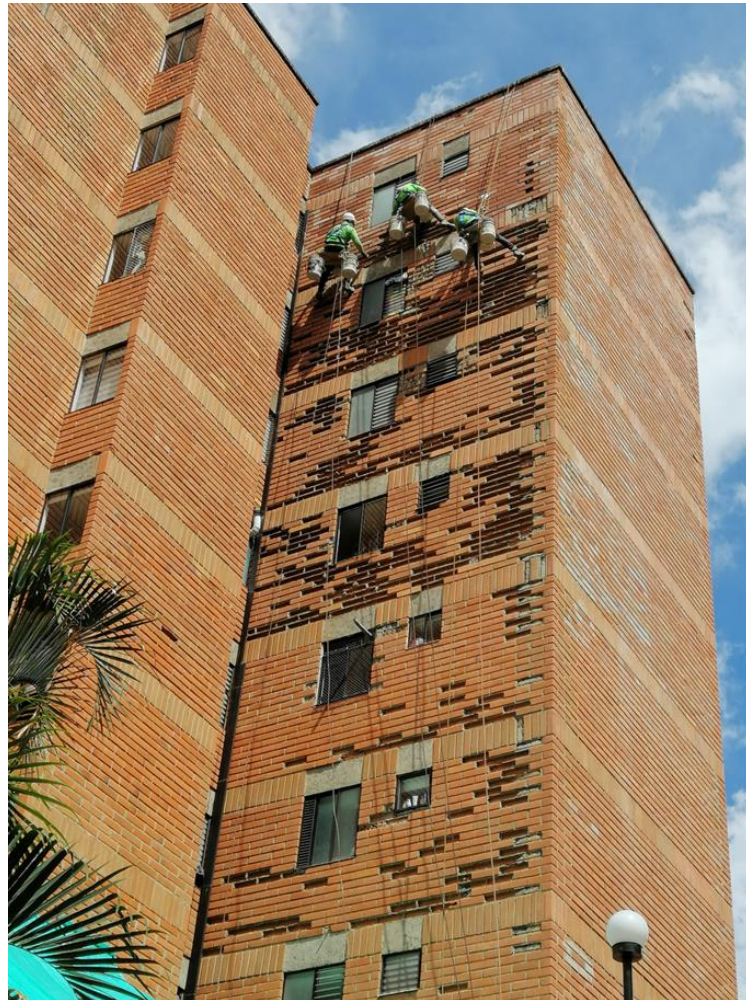
El mantenimiento de una edificación, es una agrupación de elementos o actividades que su objetivo principal es conservar en óptimo estado una edificación, busca la necesidad en un desarrollo de actividades laborales en los mantenimientos preventivos y correctivos que forman parte de la integridad de una edificación.

Para esto se tiene que en mampostería, el mantenimiento tradicional para este tipo de edificaciones, consta de retirar el ladrillo afectado en su cara exterior y reemplazarlo por uno nuevo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Esta alternativa de mantenimiento tiende a no ser ideal, especialmente en aquellos casos donde la afectación de los ladrillos o mampostería supera el 60% de la infraestructura, ya que, este tratamiento puede ocasionar un mayor riesgo en el daño interno de la edificación. Por tanto, en búsqueda de una alternativa que minimice estos riesgos en los procesos de restauración de fachadas y en las que no se recomienda o no es viable realizar el tratamiento tradicional, se propone una opción de restaurar por medio de la “masilla” el ladrillo defectuoso, para evitar el cambio del mismo, y con esto disminuir los impactos de afectación interna del edificio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



OBJETIVOS

Objetivo General

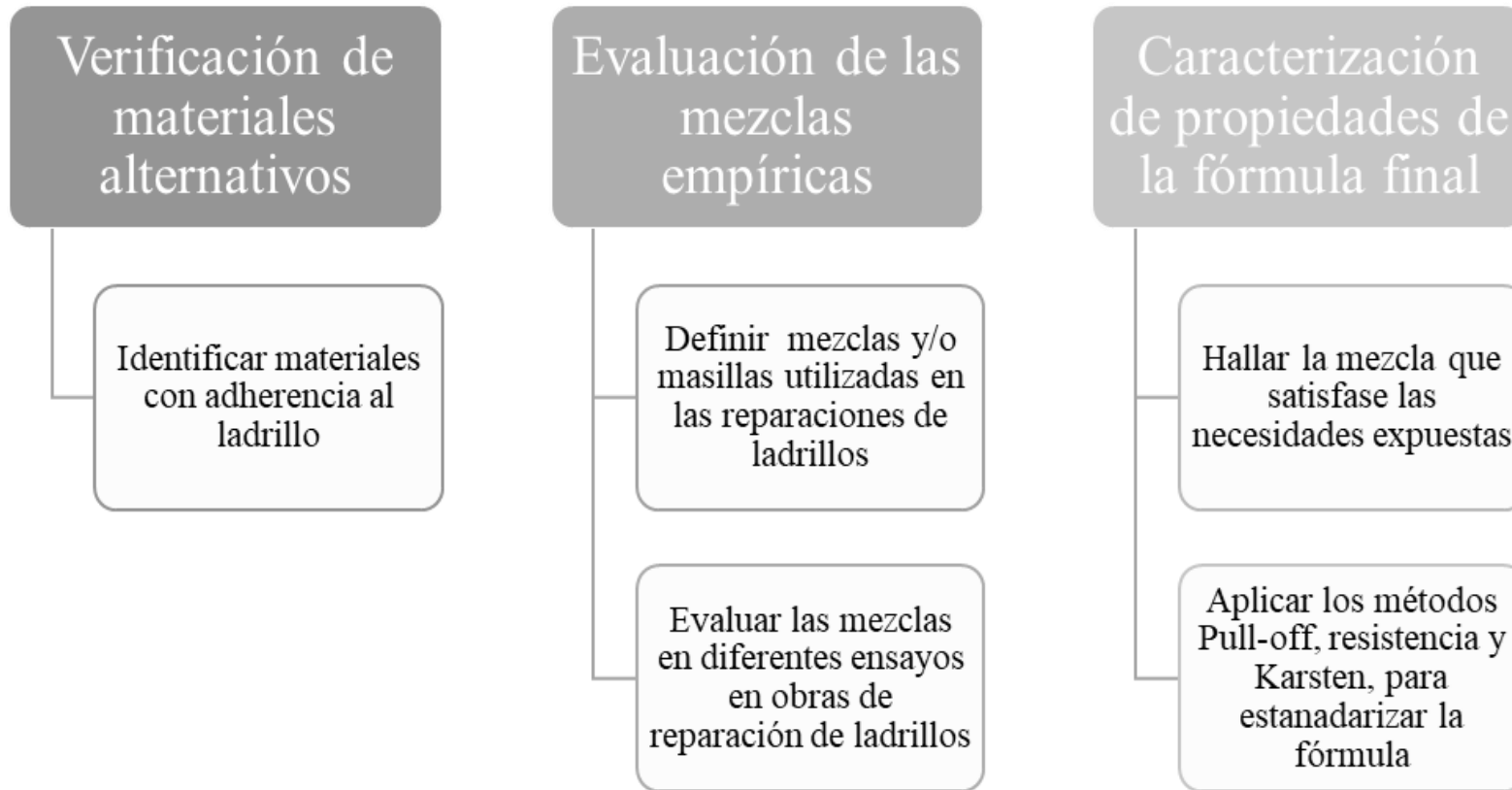
Estandarizar la fórmula de una masilla artesanal, para la reparación de ladrillos como una alternativa en los mantenimientos de fachadas

OBJETIVOS

Objetivos Específicos:

- Identificar materiales y/o formular alternativas existentes para la reparación de ladrillos de fachadas.
- Evaluar las variables de los materiales y/o fórmulas alternativas existentes para la reparación de ladrillos de fachadas.
- Caracterizar las variables para la fórmula definitiva de la masilla artesanal para la reparación de ladrillos.

METODOLOGÍA



Fuente: elaboración propia

METODOLOGÍA

Se definieron mezclas alternativas, con la intención de crear y estandarizar una que cumpliera con las necesidades de durabilidad, resistencia, adherencia, y absorción, suficientes para reemplazar el método tradicional de mantenimiento y reparación de ladrillos en fachadas de construcción. Entre estas se destacaron las siguientes:

- Mezcla 1: Agua + Cemento + Arena + Resina + Pintura
- Mezcla 2: Estuco + Pintura
- Mezcla 3: Agua + Cemento + Pigmento + Resina + Espesante

MEZCLA 1



Fuente: elaboración propia

MEZCLA 2



Fuente: elaboración propia

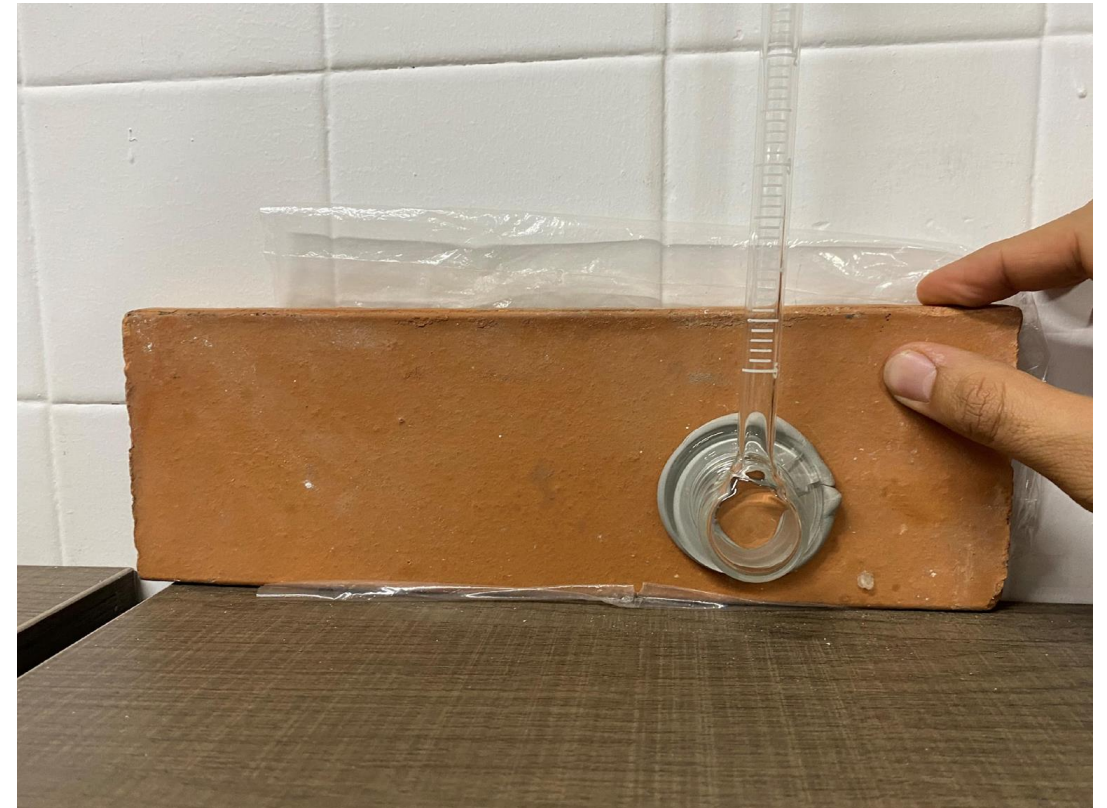
MEZCLA 3



Fuente: elaboración propia

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE HUMEDAD

- Pipeta de Karsten
- UNE-EN 16302
- **Resultado:**
 - **M:1 mm**
 - **A: 5 mm**



Fuente: elaboración propia

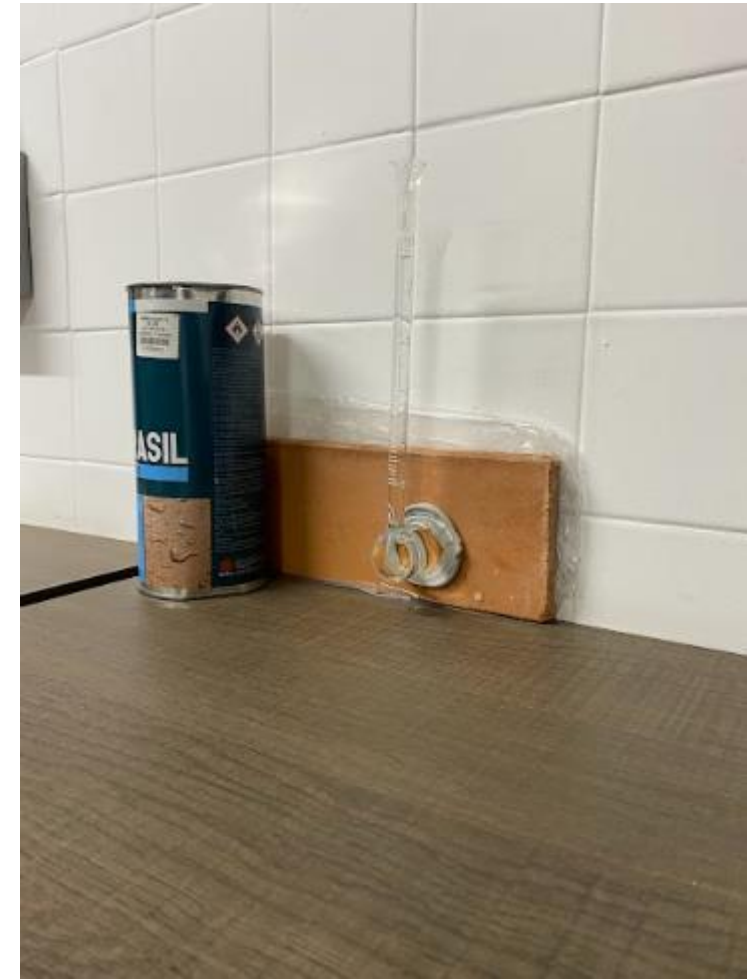
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE HUMEDAD

ENSAYO DE ABOSRCIÓN			
MASILLA	0 minutos /mm	5 minutos /mm	10 minutos /mm
5.1	0	4	6
5.2	0	1	1
5.3	0	1	3
original	0	3	5

Fuente: elaboración propia

Se realiza prueba de penetración de humedad por medio de pipeta de karsten a 3 masillas artesanales y un adobe tradicional, en donde arroja resultados cualitativos en donde la masilla 5,2 (masilla artesanal seleccionada) con poca permeabilidad.

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE HUMEDAD



Fuente: elaboración propia

RESISTENCIA A COMPRESIÓN

- Cubos de adobe
- Cubos de masilla (28 días de curado)
- NTC 220
- NTC 4017
- **Resultados**
 - A :9,07 MPa
 - **M: 20,66 MPa**



Fuente: elaboración propia

RESISTENCIA A COMPRESIÓN

PRESIÓN EN Mpa	MUESTRA			RESISTENCIA PROMEDIO
	1	2	3	
CUBO DE LADRILLO	8,24	9,65	9,34	9,07
CUBO MASILLA ARTESANAL	22,3	19,68	20	20,66

Fuente: elaboración propia

Unidades en Mpa

Se realiza ensayo de resistencia a compresión en donde se fallaron 6 cubos, tres de ellos donde su componente es de masilla artesanal y los otros tres compuestos de un adobe macizo previamente cortados, como resultado cuantitativos se evidencia una mayor resistencia en los cubos de masilla artesanal.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN



Fuente: elaboración propia

RESISTENCIA A COMPRESIÓN



Fuente: elaboración propia

ANÁLISIS DE ADHERENCIA

- Pull-Off
- Masilla espesor 1mm-2mm-4mm
- ASTM C 1583
- **Resultados**
 - 1mm: 55,7 Psi
 - 2mm: 77,9 Psi
 - 4mm: 66,3 Psi



Fuente: elaboración propia

ANÁLISIS DE ADHERENCIA

PRESION EN Psi			
MUESTRA			
PIEZA	1	2	3
espesor	4mm	2mm	1mm
masilla artesanal	66,3	77,9	55,7

Fuente: elaboración propia

Se realiza ensayo de adherencia mediante pull off que consiste en transmitir la tensión directa con un equipo portátil al material de recubrimiento arrojando datos cuantitativos. Este ensayo se realizó con la masilla artesanal con dimensiones en espesor diferente.

ANÁLISIS DE ADHERENCIA



Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

- Por el estudio realizado, es factible implementar una nueva alternativa para el proceso constructivo del mantenimiento de fachadas en ladrillos, la cual se podrá cambiar el método tradicional destructivo por un método alternativo pasivo.
- En el estudio se realizó el método de ensayo y error que nos permitió conocer y comparar el comportamiento del uno con el otro para llegar a la receta elegida la cual cumple con los estándares esperados.
- No es recomendable realizar el proceso de masilla de ladrillos y aplicarle pintura, ya que con el paso del tiempo se desprende del elemento.
- La masilla artesanal que se fabricó y estandarizó, presenta propiedades físico-mecánicas mayores a la de un ladrillo convencional de arcilla.

CONCLUSIONES

- La masilla artesanal que se fabricó y estandarizó, mostró menos permeabilidad comparada con un ladrillo convencional de arcilla y se compara con ladrillos con aplicación de hidrófugo en donde su resultado es similar.
- La masilla artesanal en la prueba de adherencia, arrojó datos cuantitativos favorables donde se tiene mejor adherencia en las piezas con profundidad de 2 mm, seguido por la de pieza con profundidad de 4mm y de tercero con piezas con profundidad de 1mm.
- La masilla artesanal será una alternativa sostenible para el mantenimiento de fachadas en mampostería ya que reduciría la contaminación de escombros y fabricación de ladrillos y cemento como lo hace en el mantenimiento tradicional.

XXI Semana de la Facultad de
Arquitectura e Ingeniería

i Bienvenidos!

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 11- No 1-2023 Publicación Semestral



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA®

Acreditados
en ALTA CALIDAD



Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación



Evaluación del desempeño de la ceniza volante suministrada por CONCRETAR, como cementante suplementario para la elaboración de concretos con agregados finos reactivos.

Por:

Daniela Castañeda Restrepo

Proyecto de investigación

Construcciones civiles

Introducción

La reacción álcali-agregado ha sido objeto de numerosas investigaciones, y el conocimiento acumulado sobre esta reacción, su mecanismo, sus causas y medidas preventivas, ha permitido un mejor manejo de los problemas asociados a ella. En la industria de la construcción en Medellín es muy común utilizar agregados reactivos para la fabricación de concretos y con esto se asocian todos los problemas patológicos en el concreto. De acuerdo a lo anterior se busca en la Ceniza una alternativa viable como suplemento o complemento del cemento como aglomerante, disminuyendo la reactividad álcali-agregados y cumpliendo con las especificaciones generales del concreto. Este proyecto pertenece a la línea de investigación de materiales, la cual buscará profundizar en la utilización de Ceniza Volante en la preparación de concretos teniendo en cuenta que es un material con características y propiedades las cuales permiten disminuir la reacción álcali- agregado en materiales reactivos, y así asegurar el uso de estos en la elaboración de concretos sin tener la incertidumbre de patologías futuras en estructuras de edificaciones en Medellín, además de ser utilizado como material suplementario al cemento tradicional. Se realizarán ensayos que determinen el porcentaje de reactividad del agregado fino, se buscará disminuir esta reacción entre materiales teniendo en cuenta el porcentaje permitido según la normatividad y obteniendo resistencias 42 Mpa.

Hipótesis de investigación

La reacción álcali-agregado es uno de los problemas más comunes a largo plazo que se encuentra en el concreto, y se manifiesta en forma de fisuras. Esta reacción es de suma importancia puesto que en el medio es muy común encontrar agregados potencialmente reactivos.

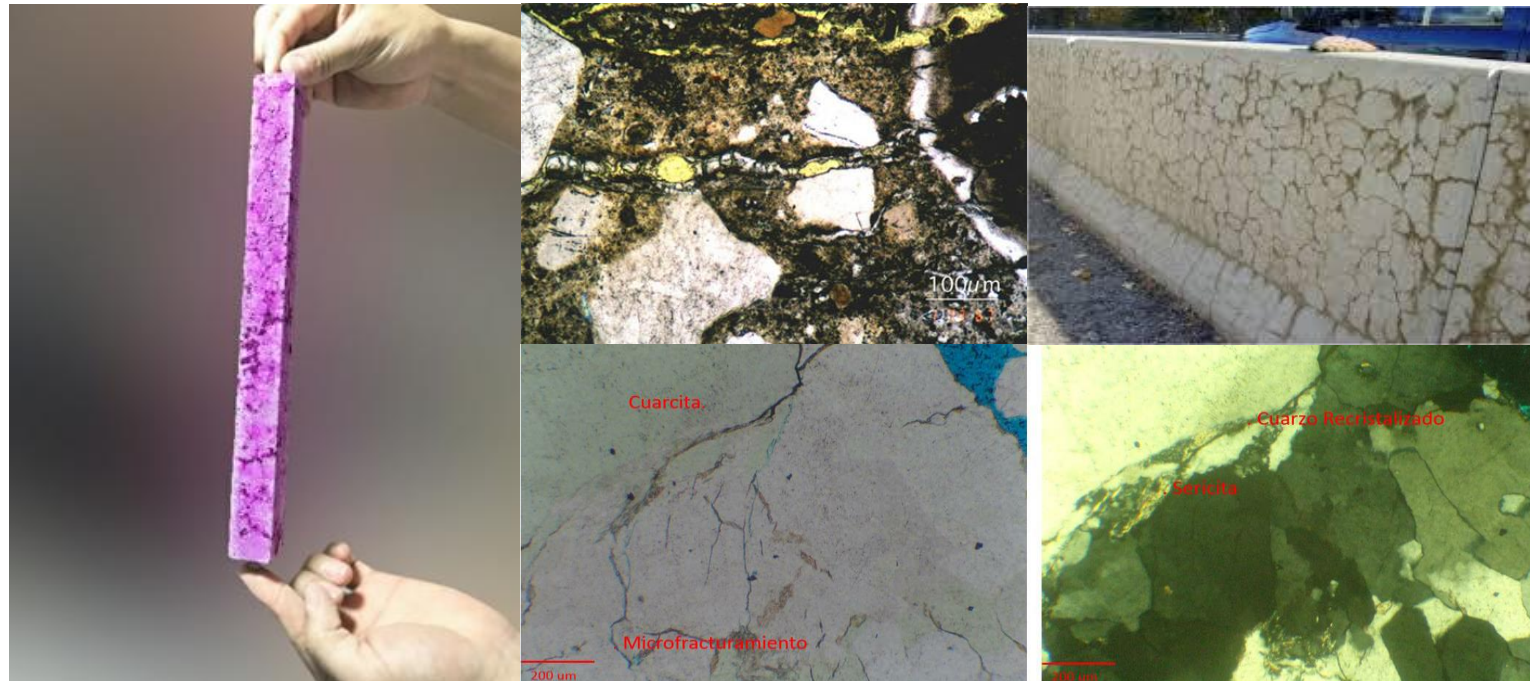


Imagen1. Fisuras en el concreto elaborado con agregado fino reactivo.

Jesús David Osorio Ingeniero Civil. Blog 360 Argos. Colombia. Reacción álcali agregado: un ensayo importante en la tecnología del concreto.

Disponible en: . (<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/reaccion-alkali-agregado>).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el desempeño de la ceniza volante suministrada por Concretar, como cementante suplementario para la elaboración de concretos con agregados finos reactivos.

Objetivos Específicos

- Determinar el potencial reactivo del agregado fino.
- Establecer diseños de mezcla de concreto a partir de la sustitución de cemento por ceniza volante, a través de la evaluación de pruebas mecánicas y químicas.
- Estimar el impacto económico en la elaboración de concretos con ceniza según el porcentaje reemplazado.

Características del proyecto

El proyecto se basa en clasificar la reactividad del agregado fino utilizando Ceniza volante, según este ensayo determinar la resistencia a la compresión del concreto y después revisar el impacto económico con la utilización de Ceniza en el concreto.

Se clasifica en 3 Etapas:

Etap 1: Caracterización de los materiales: En esta etapa se recolectó la información de los ensayos de calidad suministrados por el proveedor.

Etap 2: Experimento: En esta etapa se realizaron 2 experimentos:

Ensayo de reactividad por método de barras: Tipo de Ensayo - ASTM C1260

Se basa en la medida del cambio de longitud experimentado por una serie de probetas de mortero elaboradas con el agregado que se quiere analizar y el material cementante.

Las barras de mortero se sumergen en una solución de NaOH 1 N a 80°C (176°F) y las expansiones se miden a 3, 7, 14 y 28 días. Al menos 3 barras de mortero con dimensiones estándar 25x25x285 mm (1/4 pulg) 1x1x11-.

Ensayo de resistencia a la compresión de concreto de 42 MPA: Tipo de Ensayo - NTC 673

Trata sobre la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes de cilindros de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Realizar 9 especímenes de cilindros de 4"x8" por diseño (3, 7, 14 y 28 días).

Características del proyecto

Etapas 3: Análisis de Resultados: Donde se determinó lo siguiente:

- Verificación de la disminución de la reactividad en cada porcentaje
- Resultados a la compresión por cada diseño
- Cálculo del impacto económico por diseño

Impactos Esperados

Las cenizas han sido una de las adiciones cementantes más apetecidas por la industria del concreto a nivel mundial debido a que cumplen con parámetros fisicoquímicos que las hacen capaces de desarrollar propiedades aglomerantes cuando entran en la ecuación de hidratación del cemento Portland, favoreciendo el desempeño del concreto en términos de trabajabilidad, desarrollo de resistencia y durabilidad, entre otras, y adicionalmente generando beneficios económicos y ambientales de re-aprovechamiento del residuo más relevante que generan las termoeléctricas, en línea con los principios de economía circular. Además del impacto que puede generar en la fabricación de concreto, basados en los objetivos de esta investigación se ha comprobado que ayuda en la disminución álcali-agregado, por esta razón se tomó la decisión de realizar el estudio con este tipo de material.

Análisis de Resultados

Reactividad

Dependiendo de la expansión obtenida de las probetas a los 14 días de tratamiento alcalino, se hace la siguiente clasificación:

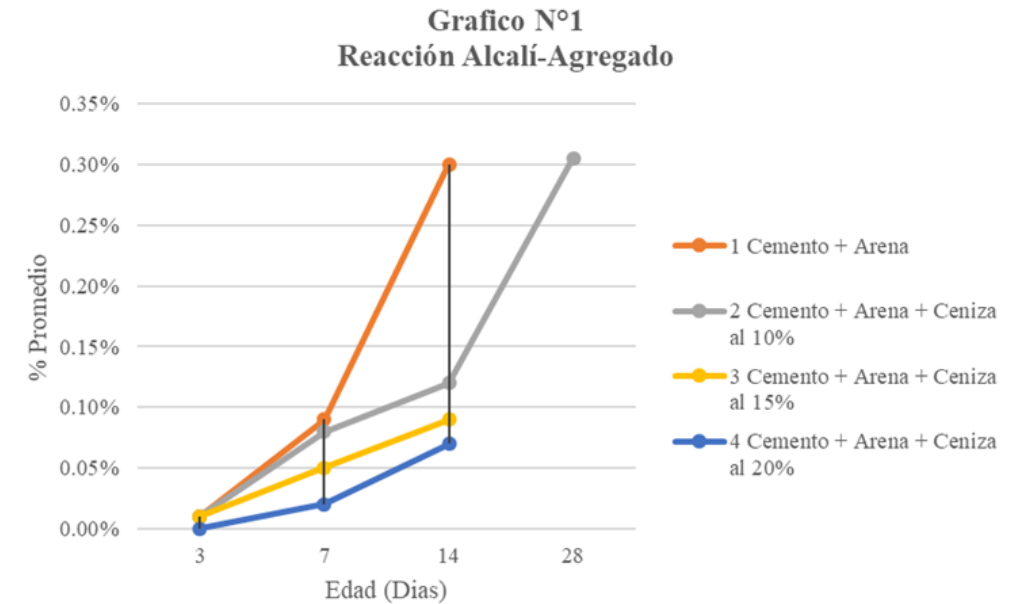
Si la expansión es inferior a 0.10%, el agregado puede considerarse no reactivo.

Si la expansión es superior a 0.20%, el agregado se considera potencialmente reactivo.

Si la expansión está comprendida entre el rango de 0.10% y 0.20%, se requiere continuar con las mediciones hasta el día 28.

Si al transcurrir los 28 días aumenta a 0.20%, se clasifica como potencialmente reactivo.

Tabla N°1					
Reacción Alcalí-Agregado					
N° de Ensayo	Tipo de Mezcla	Resultados (% x Día)			
		3	7	14	28
1	Cemento + Arena	0.01%	0.09%	0.30%	
2	Cemento + Arena + Ceniza al 10%	0.01%	0.08%	0.12%	0.305%
3	Cemento + Arena + Ceniza al 15%	0.01%	0.05%	0.09%	
4	Cemento + Arena + Ceniza al 20%	0.00%	0.02%	0.07%	



Análisis de Resultados

Resistencia a la Compresión

Resultados Esperados

Los siguientes son los porcentajes aceptados por día de falla de las muestras:

3 Días: Resistencia esperada 40%

7 Días: Resistencia esperada 65%

28 Días: Resistencia esperada 100%

El capítulo C.5.6.3.3 de la NSR-10 considera: “El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos requisitos siguientes”:

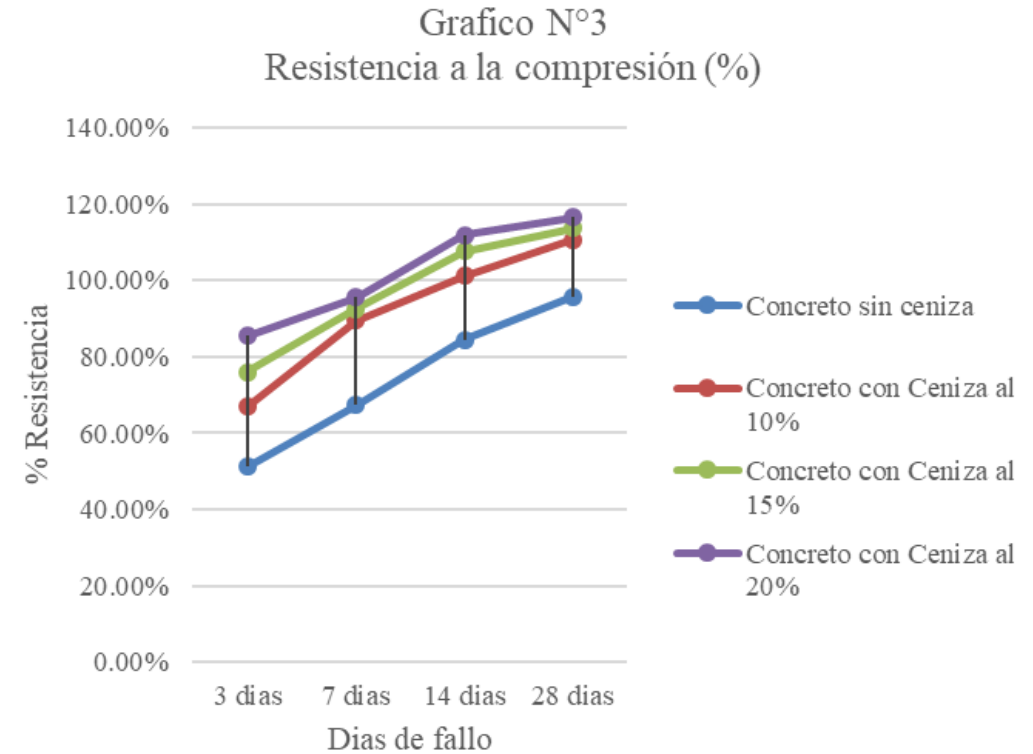
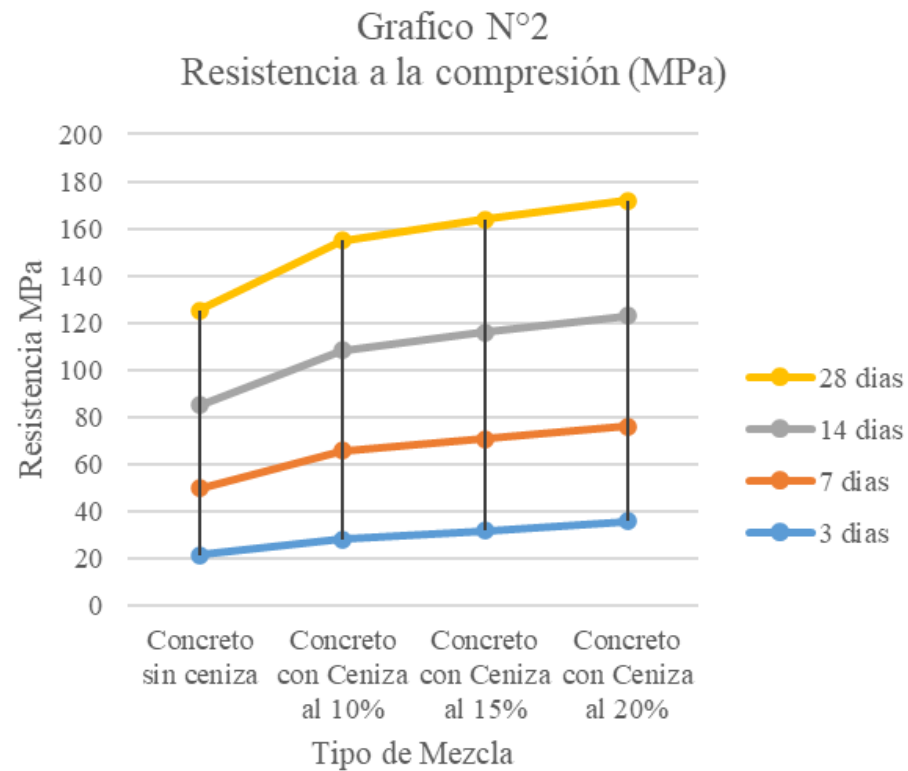
“(a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos (véase C.5.6.2.4) es igual o superior a $f'c$ ”.

“(b) Ningún resultado del ensayo de resistencia (véase C.5.6.2.4) es menor que $f'c$ por más de 3.5 MPa cuando $f'c$ es 35 MPa o menor; o por más de $c 0.10f'$ cuando $f'c$ es mayor a 35 MPa”.

Tabla N°2									
Resistencia a la Compresión (42 Mpa)									
N° de Ensayo	Tipo de Mezcla	Resultados (MPa x Dia)				Resultados (% x Dia)			
		3 días	7 días	14 días	28 días	3 días	7 días	14 días	28 días
1	Concreto sin ceniza	21,5	28,3	35,5	40,2	51,19%	67,38%	84,52%	95,71%
2	Concreto con Ceniza al 10%	28,3	37,55	42,5	46,5	67,00%	89,50%	101,19%	110,71%
3	Concreto con Ceniza al 15%	31,95	38,85	45,2	47,8	76,00%	92,50%	107,62%	113,81%
4	Concreto con Ceniza al 20%	35,85	40,2	47	49	85,50%	95,50%	111,90%	116,67%

Análisis de Resultados

Resistencia a la Compresión



Análisis de Resultados

Resistencia a la Compresión



Imagen 2. Fuente: Propia

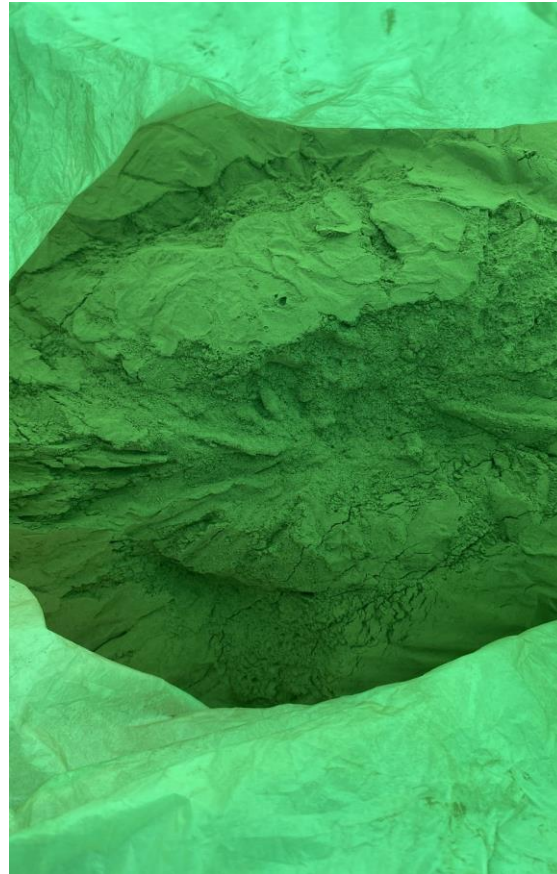


Imagen 3. Fuente: Propia



Imagen 4 y 5. Fuente: Laboratorios SGS.

Análisis de Resultados

Impacto Económico

En cada uno de los ensayos que se realizaron con Ceniza Volante se evidencia un ahorro muy significativo, y entre Mayor es e porcentaje de ceniza utilizado, mayor es el ahorro. Cumplimos con el objetivo esperado.

Tabla N°4		
Resumen Impacto Económico		
Ensayo	Valor Total	Ahorro
Ensayo N°1 (Concreto sin reemplazo)	\$ 401,216	0%
Ensayo N°2 (Concreto con Ceniza al 10%)	\$ 375,024	6.53%
Ensayo N°3 (Concreto con Ceniza al 15%)	\$ 361,928	9.79%
Ensayo N°4 (Concreto con Ceniza al 20%)	\$ 348,832	13.06%

Conclusiones

- Con el resultado del ensayo de reactividad #1, el agregado fino es considerado potencialmente reactivo.
- El ensayo de reactividad #2, como el resultado se encuentra entre 0.10% y 0.20%, se realizó lectura a los 28 días la cual nos dio como resultado que el agregado fino es considerado potencialmente reactivo.
- En los ensayos de reactividad 3 y 4, el agregado fino es considerado no reactivo.
- Con los resultados en general podemos notar como va disminuyendo la reacción alcali-agregado cuando el porcentaje de Ceniza Volante es mayor.
- Los resultados a la compresión de todos los ensayos encontramos que en el diseño donde no se usó adición de ceniza la resistencia no alcanzo el 100% a 28 días, en los demás ensayos alcanzaron más de la resistencia esperada a la misma edad.
- Al obtener todos los resultados de los experimentos propuestos podemos determinar que la ceniza es un material que, si ayuda en la disminución de la reactividad del agregado, es viable en la fabricación de concreto y además es un producto económico que ayuda a disminuir el precio de la fabricación de concreto.

Referencias

- 1)** German Arbeláez Ingeniero Civil. Blog 360 Argos. Colombia. Importancia de las Cenizas Volantes en la producción de concretos. (<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/concreto/importancia-de-las-cenizas-volantes-en-la-produccion-de-concreto>)
- 2)** Jesús David Osorio Ingeniero Civil. Blog 360 Argos. Colombia. Reacción álcali agregado: un ensayo importante en la tecnología del concreto. (<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/reaccion-alkali-agregado>).
- 3)** Duran Herrera Ninfa Piedad - Velásquez Amado Norexy (29-abr-2016). Evaluación de la aptitud de concretos, reemplazando parcialmente el cemento portland por cenizas volantes y cenizas de bagazo de caña de azúcar. (<http://repositorio.ufpso.edu.co/handle/123456789/963>)
- 4)** Molina Bas, Omar I. 2008. La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento Portland en la durabilidad del hormigón. (<https://oa.upm.es/1139/>).
- 5)** William Alexander Bautista-Ruiz - Mercedes Díaz-Lagos - Segundo Agustín Martínez Ovalle. Revista Investig. Desarro. Innov. vol.8 no.1 Duitama Dec. 2017. Caracterización de las cenizas volantes de una planta termoeléctrica para su posible uso como aditivo en la fabricación de cemento. (http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-83062017000200135)
- 6)** Gabriel Peña-Rodríguez - Luis René Ortega-Triana. (2014). Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta. (https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/3481)
- 7)** Augusto Acosta, José Villalba, Roberto Rojas, Ricardo Cabrera. Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ingeniería, Laboratorio de Materiales de Construcción, Cátedra Tecnología de Materiales. (<http://ing.una.py/pdf/1er-congreso-nacional-ingcivil/02ho-ma02.pdf>).
- 8)** Díaz Tello, Otto Anderson 2017 Escuela de Ingeniería Civil. (<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1012>).
- 9)** Juan Daniel Cassiani Hernández Ingeniero Civil – Universidad del Norte (<https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/10087/1140858687.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)
- 10)** Samuel Huaquisto Cáceres, Germán Belizario Quispe. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno Perú (http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572018000200007)
- 11)** O. I. Molina Bas, A. Moragues Terrades y J. C. Gálvez Ruiz. Universidad Politécnica de Madrid. La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento portland en la durabilidad del hormigón: propiedades físicas, difusión del ion cloruro y del dióxido de carbono (https://www.researchgate.net/publication/45315694_La_influencia_de_las_cenizas_volantes_como_sustituto_parcial_del_cemento_Portland_en_la_durabilidad_del_hormigon_propiedades_fisicas_difusion_del_i_on_cloruro_y_del_dioxido_de_carbono)
- 12)** Pedro Antonio Díaz Jiménez. Universidad Santo Tomás Construcción Arquitectura e Ingeniería Tunja. Efectividad del uso de la ceniza de la Termopaipa como sustituto del cemento en la fabricación del concreto. (<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/22345/2020pedrodiaz.pdf?sequence=6&isAllowed=y>)
- 13)** Flor Moreno Rascón-José Elías Villa Herrera - Cornelio Álvarez Herrera Universidad Autónoma de Chihuahua, México. Reactividad Álcali Agregado la Principal Causa del Deterioro en el Concreto (<https://vocero.uach.mx/index.php/finguach/article/view/349/310>)
- 14)** American Society for Testing and Materials. Método de prueba estándar para determinar la reactividad potencial alcalina de cemento y agregado (ASTM C227) (<https://es.scribd.com/document/124563734/ASTM-C227#>)
- 15)** American Society for Testing and Materials. Análisis petrográfico de agregados (ASTM C 295)
- 16)** American Society for Testing and Materials. Método de Ensayo Estándar para Reactividad potencial Álcali-Sílice de Agregados (Método Químico) (ASTM C 289). <https://es.scribd.com/document/285823468/ASTM-C289-07>
- 17)** American Society for Testing and Materials. Ensayo acelerado de barras de mortero (ASTM C 1260). <https://es.scribd.com/document/337857755/ASTM-C-1260>

XXI Semana de la Facultad de
Arquitectura e Ingeniería

i Bienvenidos!

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 11- No 1-2023 Publicación Semestral



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA®

Acreditados
en ALTA CALIDAD



Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
2023 - 1**

**ELABORACIÓN DE RECEBOS CON RCD DE LADRILLOS PARA MORTEROS
DE NIVELACIÓN NO ADHERIDOS**

**Asesor metodológico: Hernán Darío Cañola
Asesor temático: Nicolas Pardo**

**FINISHES FOR LEVELING MORTARS MANUFACTURED WITH RCD BRICK
WASTE**

Anderson Cañas Toro, Cristian Alejandro Parra
Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia
Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Correos: acannas@est.colmayor.edu.co, caparra@est.colmayor.edu.co



La construcción es una de las actividades que genera mayor producción de residuos, y un porcentaje significativo de estos son desechados para finalmente provocar un agotamiento de los recursos naturales (renovables y no renovables).

En Colombia a través del tiempo se han llevado a cabo diferentes estudios que han dado resultados óptimos para que dichos residuos puedan sustituir de forma adecuada algunos agregados naturales. Es por esta razón que actualmente existen varias normativas que rigen la reutilización, reducción y el reciclado de estos, como lo es la Resolución 1257 de 2021.

Este proyecto investigativo pretende profundizar y finalmente darles uso a los desperdicios del ladrillo producidos en sitio mediante un proceso de elaboración de recibos para nivelación de morteros no adheridos a losas en la ciudad de Medellín.



Imagen 1. Ladrillo macizo
Fuente: Obra parís - sabaneta (2023)

Esté trabajo se ha llevado a cabo mediante un tipo de investigación experimental para implementar el uso de recibos de ladrillo como material para la actividad de morteros de nivelación no adheridos a losas y disminuir el volumen de RCD provenientes las construcciones específicamente en la ciudad de Medellín. Este proyecto investigativo contiene información sobre la gestión de los RCD producidos en la mampostería y una propuesta para el uso como material teniendo en cuenta la normativa vigente para morteros de nivelación.

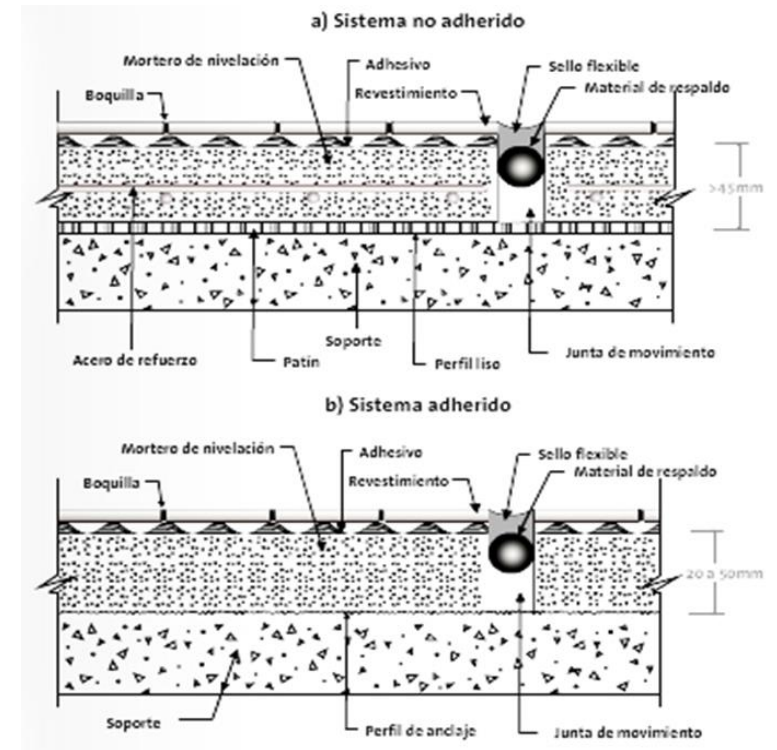


Figura 1. Sistema de morteros adheridos y no adheridos
Fuente: (Arango Londoño, 2021)

OBJETIVOS

General

✓ Determinar un sistema de mortero de nivelación no adherido, a partir de los recibos para morteros de nivelación con los desperdicios de ladrillos provenientes de las edificaciones de construcción en altura.

Específicos

✓ Caracterizar los desperdicios para el recebo del mortero no adherido, a partir de los desperdicios de ladrillos provenientes de las máquinas de cortar de una obra de edificación de la ciudad de Medellín.

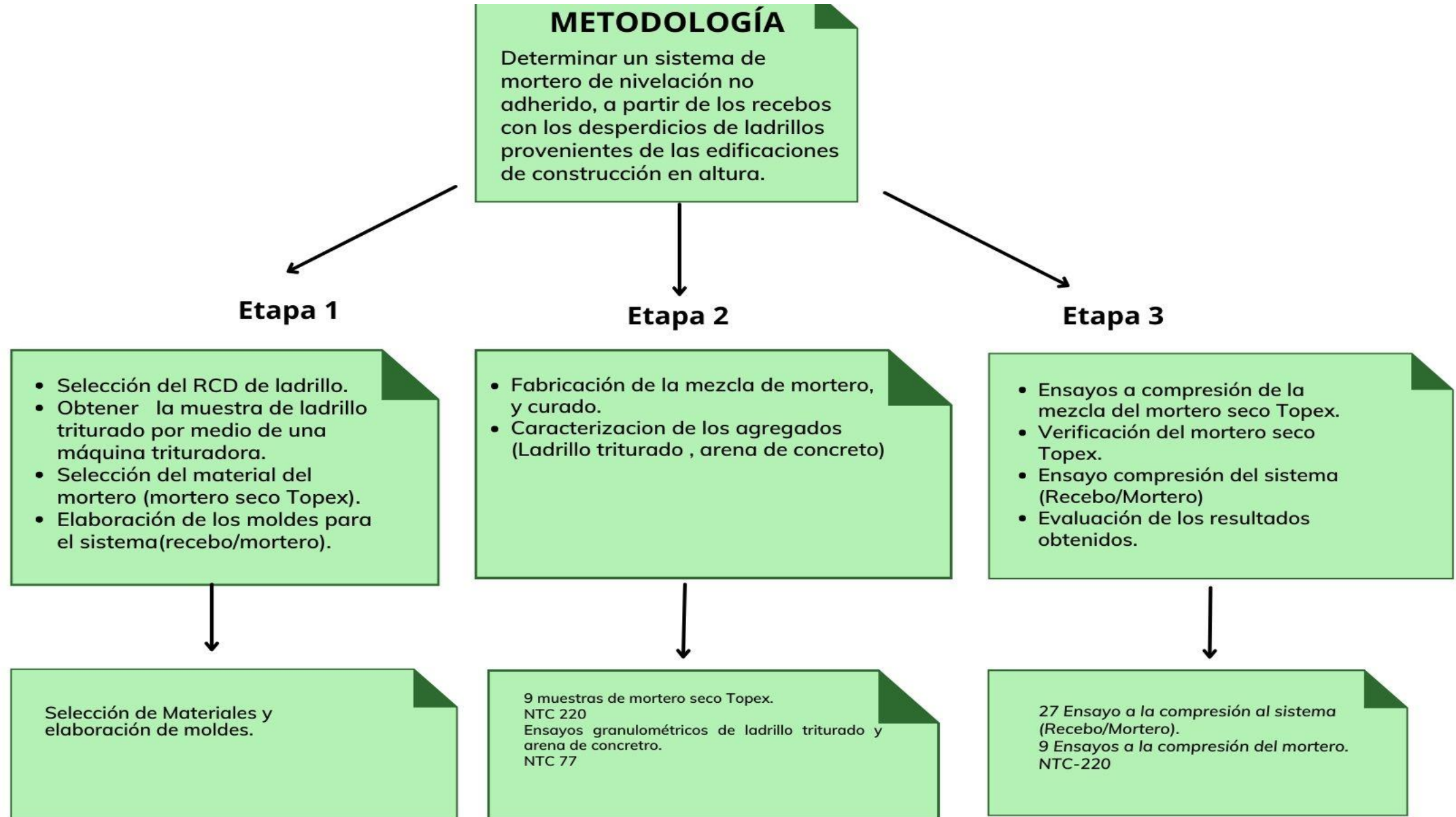
✓ Realizar una valoración a las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla del mortero no adherido con desperdicios de ladrillo aplicada sobre del material de recebo.

✓ Evaluar las características de los recibos fabricados en obra de edificación para morteros no adheridos.



ESPECIFICACIÓN	Norma para el ensayo
GRANULOMETRÍA	
MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS	NTC 77
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO USANDO CUBOS DE 50 mm ó 50,8 mm DE LADO	NTC 220

Tabla 1. Normatividad aplicada para determinar la viabilidad de la investigación.
Fuente: Elaboración propia



SELECCIÓN MATERIALES

En el proceso experimental, se usó los agregados reciclados provenientes del ladrillo y se trituraron 5 kg; se realizaron 5 pasadas cada una de 30 segundos, por una máquina trituradora, para obtener el material con una finura apta para el experimento. Se usó arena de concreto como material principal para la elaboración de un recebo para morteros no adheridos.

Mortero Topex Seco Piso 140 kg/cm² 40kg.



Imagen 2. A) Contiene: RCD de ladrillo a procesar, b) Contiene: Mortero Topex para elaboración del experimento. C) Contiene: Ladrillo triturado y arena de concreto para elaboración de las pruebas de laboratorio.

FABRICACIÓN DE MOLDES PARA ELABORACIÓN SISTEMA COMPLETO (RECEBO/MORTERO) PARA MORTERO DE NIVELACIÓN NO ADHERIDO



En la elaboración de los recipientes para contener todo el sistema del mortero de nivelación no adherido (recebo/mortero) se utilizó tubería de dos pulgadas (2") de diámetro, lámina de zinc, cinta gris y hueso duro. Garantizamos una altura de 6 cm para distribuir 5 cm de mezcla de mortero y 1 cm de material de agregado de arena de concreto y ladrillo triturado como recebo. Ajustamos la lámina de zinc en la parte inferior del cilindro; Esta nos garantiza que el material de agregados arena/ladrillo triturado permanezca en el momento que se realice los fallos a compresión.

Imagen 3. A) Contiene: Materiales para la elaboración de recipientes que contienen el sistema recebo/mortero. B) Contiene: Recipiente elaborado para contener el sistema recebo/mortero.

Fuente: Elaboración propia.

ELABORACIÓN DEL MORTERO

Inicialmente para corroborar la resistencia del Mortero Topex Seco Piso 140 kg/cm² 40 kg, se elaboraron 9 muestras (cubos) para su compresión a los 7-14-28 días y obtener 13.7293 Mpa. a los 28 días.

La prueba se realizó según los procedimientos establecidos en la NTC 220.

La mezcla se elaboró con una relación de agua de 6 litros por cada 40 kg, según especificación del Mortero Seco piso Topex. Para la elaboración de la mezcla, en la máquina mezcladora tipo repostería, se añadieron 3 kg de mortero seco Topex, y 450 ml de agua donde se mezclaron durante 1 minuto a velocidad media lenta, para lograr una mezcla homogénea.

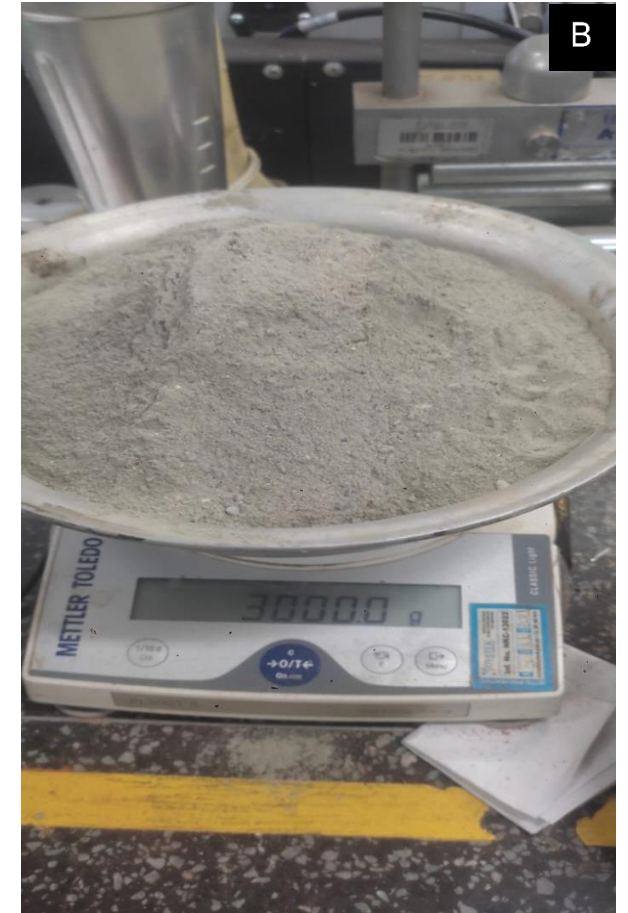
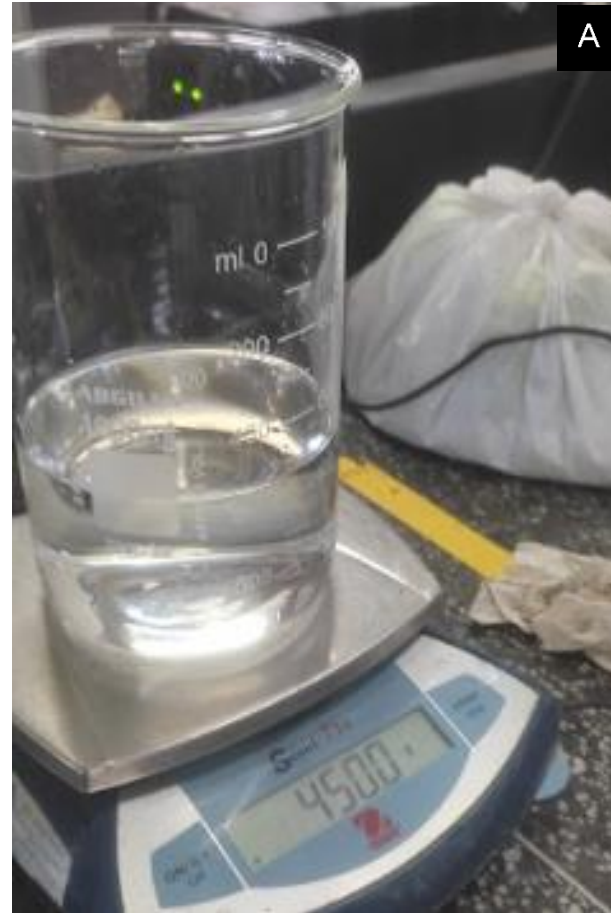


Imagen 4. A) Contiene: Pesaje de agua para elaboración de mortero. B) Contiene: Pesaje de mortero seco Topex para elaboración de mortero en muestras.

ELABORACIÓN DEL MORTERO

Luego de preparada la mezcla de mortero y tener preparados los moldes de cobre para cubos de mortero, estos se llenan con una primera capa aproximadamente a 25 mm (2,5 cm) de mortero y se apisona con 32 golpes del compactador según la figura 1. de la NTC 220; se repite la operación con la segunda capa y se enrazan los moldes. Luego de la operación de llenado de los moldes, y pasadas entre 20 a 72 horas, los cubos se retiran de los moldes, y se disponen en una cámara húmeda, sumergidos en un tanque con agua saturada con cal, durante el tiempo que se tiene estipulada cada muestra a ser ensayada en la máquina de compresión.

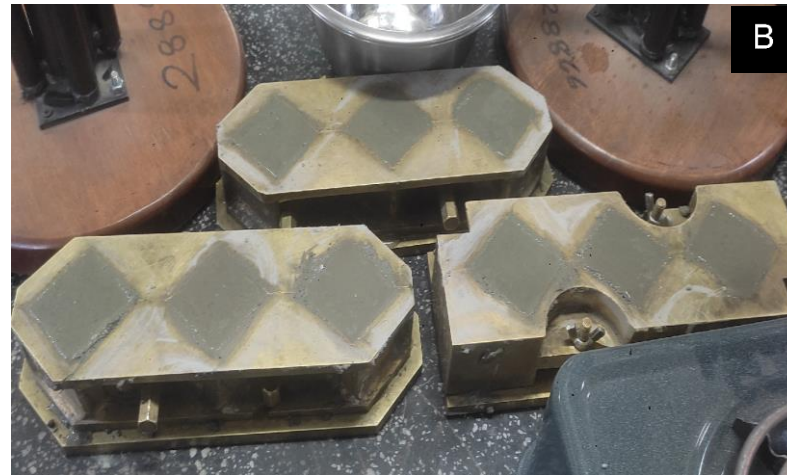


Imagen 5. A) Contiene: Llenado de moldes en cobre para muestras de mortero y apisonamiento de mortero según NTC 220. B) Contiene: Moldes para cubos de concreto con muestras ya vaciadas. C) Contiene: Muestras M1, M2, M3, cubos de mortero desmoldados.

ELABORACIÓN DEL MORTERO

Para determinar la resistencia a la compresión, luego de pasados los 7, 14 y 28 días respectivamente las muestras se deben secar y se deben ensayar dentro de las tolerancias establecidas en la tabla 2. de la NTC 220. Para ello se colocan los cubos cuidadosamente en el centro del bloque de la máquina de ensayo, los cubos deben estar libres de partículas de arena y las caras completamente planas. Luego se someten las muestras a compresión esperando alcanzar la resistencia de 13,7293 Mpa. como mínimo a los 28 días.

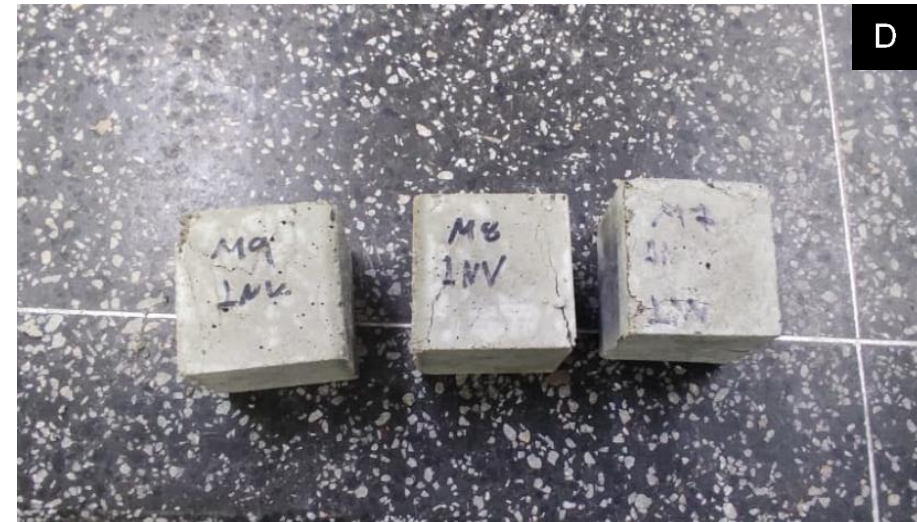
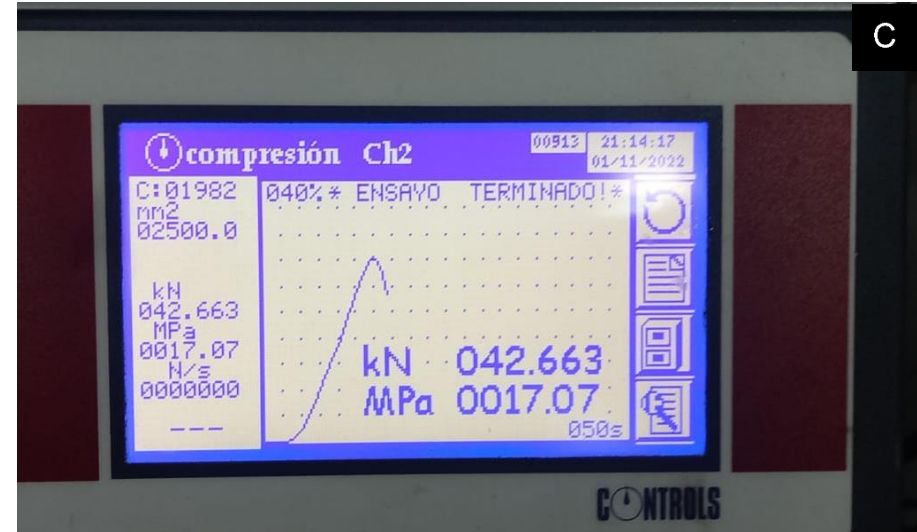


Imagen 6. Proceso para determinar la resistencia a la compresión en muestras de mortero. A) Contiene: Toma de medidas en muestra M5. B) Contiene: Muestra M1 en bloque de máquina de ensayo. C) Carga máxima registrada por la máquina de ensayo en la muestra M6 al momento de la rotura. D) Contiene: Muestras M9, M8, M7 luego de la rotura en máquina de ensayo.

Resultados pruebas de compresión						
# Muestra	Tipo de muestra	Periodo	Carga Máx. (Mpa) Máquina de compresión	Carga Máx. (KN) Máquina de compresión	Área Muestra (mm ²)	Resistencia a la compresión (Mpa)
M1	Mortero	7 días	15,54	38,841	2162,000	17,9653
M2	Mortero	7 días	14,58	36,462	2304,000	15,8255
M3	Mortero	7 días	15,37	38,432	2162,000	17,7761
M4	Mortero	14 días	16,39	40,965	2500,000	16,3860
M5	Mortero	14 días	16,99	42,466	2500,000	16,9864
M6	Mortero	14 días	17,07	42,663	2500,000	17,0652
M7	Mortero	28 días	18,35	45,883	2401,000	19,1100
M8	Mortero	28 días	18,75	46,884	2401,000	19,5269
M9	Mortero	28 días	15,89	39,714	2450,000	16,2098

Tabla 2. Resultados pruebas de compresión, muestras de mortero.

GRANULOMETRÍA

El proceso de la granulometría se ejecutó según el procedimiento descrito en el NTC 77, con el fin de comparar ambos recibos, el de arena de concreto que se utiliza de manera regular como recebo para un mortero no adherido, y el recebo con ladrillo triturado siendo el método alternativo que se está planteando en esta investigación.

En este caso, como se va a trabajar con agregados finos para conformar el recebo, se usaron muestras de 443,7 g para la arena de concreto y 560 g para el ladrillo triturado.

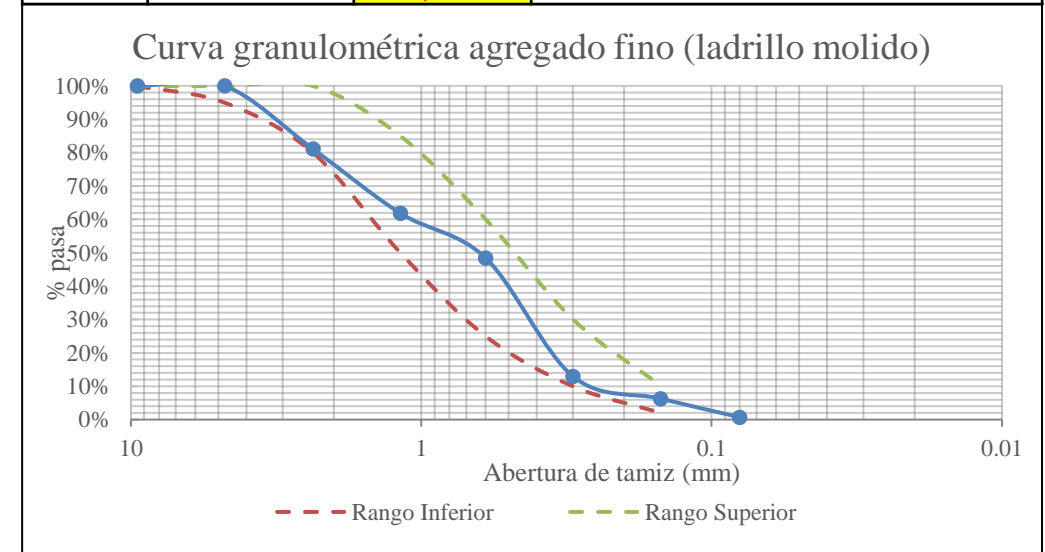
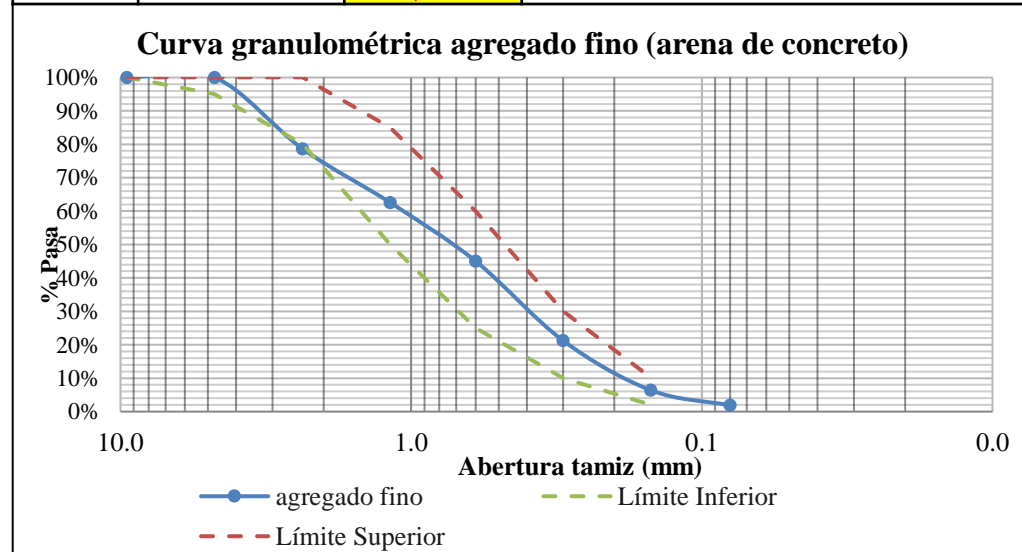
Se deben seleccionar los tamaños de los tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubren el material ensayado.



Imagen 7 . A) Muestra de ladrillo triturado para ensayo granulométrico. B) Contiene: Peso de arena de concreto para Fuente: Elaboración propia.

Granulometría de agregados Arena de concreto					
Masa inicial de 443,7 g					
Tamiz	Abertura (mm)	Masa Retenida (g)	Retenido Acumulado (g)	% Retenido	% Pasante
3/8 in	9,5	0	0	0,0	100,0
N°4	4,75	0	0	0,0	100,0
N°8	2,36	95	95	21,4	78,6
N°16	1,18	71,3	166,3	37,5	62,5
N°30	0,6	77,7	244	55,0	45,0
N°50	0,3	105,5	349,5	78,8	21,2
N°100	0,15	65,7	415,2	93,6	6,4
N°200	0,08	20,2	435,4	98,1	1,9
FONDO	N/A	8,3	443,7		
	Sumatoria	443,7			
	MdeF	3,844			

Granulometría de agregados ladrillo molido					
Masa inicial de 560 g					
Tamiz	Abertura (mm)	Masa Retenida (g)	Retenido Acumulado (g)	% Retenido	% Pasante
3/8 in	9,5	0	0	0,0	100,0
N°4	4,75	0	0	0,0	100,0
N°8	2,36	105,6	105,6	18,9	81,1
N°16	1,18	108,1	213,7	38,2	61,8
N°30	0,6	75,1	288,8	51,6	48,4
N°50	0,3	198,8	487,6	87,1	12,9
N°100	0,15	37,3	524,9	93,7	6,3
N°200	0,08	31,2	556,1	99,3	0,7
FONDO	N/A	3,9	560		
	Sumatoria	560			
	MdeF	3,887			



FABRICACION DEL SISTEMA COMPLETO

Luego de haber obtenido un agregado fino que se adaptara según los requerimientos de la NTC 77, tanto para la arena de concreto y el ladrillo triturado como recebo del mortero no adherido, se procede a realizar el sistema completo (recebo / mortero) de la siguiente manera:

Para el recebo se proceden a hacer 3 tipos de muestras; la primera consta de 100% arena (es el método tradicional con el que se elaboran los morteros no adheridos), una segunda con 100% ladrillo triturado (como reemplazo de la arena) y una tercera con 50% de arena y 50% de ladrillo triturado.



Imagen 8. Proceso de elaboración de muestras del sistema completo de mortero no adherido (recebo / mortero). A) Contiene: Medición con pie de rey para espesor de recebo. B) Contiene: Recipiente con recebo compactado a 1 cm.

FABRICACION DEL SISTEMA COMPLETO

Luego de pasadas entre 20 y 72 horas se procede a remover el encofrado que contiene el mortero, dejándolo expuesto y solo permanece el encofrado que retiene el material de recebo, para luego ser dispuestos en la cámara húmeda de manera invertida cubriendo solamente la sección del mortero.

Pasados los días correspondiente al fallo de cada muestra (7,14,28 días) se disponen los moldes a ser ubicados dentro de la máquina de compresión y así obtener el resultado de la resistencia del sistema completo (recebo/mortero), como se encuentra contemplado en la NTC 220.

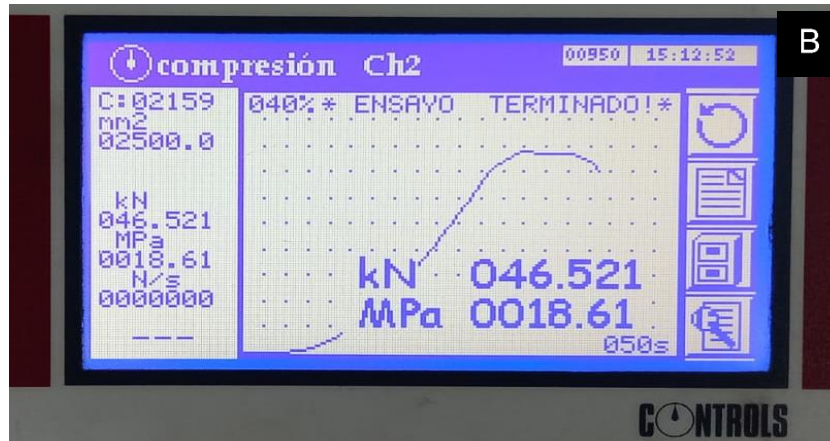


Imagen 9. Secado de muestras, sistema completo (recebo/mortero). B) Contiene: Resultado de muestra 9AL arrojado por la máquina de compresión. C) Contiene: Muestras luego de la rotura en la máquina de compresión

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS PRUEBAS DE COMPRESIÓN SISTEMA COMPLETO

Resultados pruebas de compresión arena de concreto						
# Muestra	Tipo de muestra	Periodo	Carga Máx. (Mpa) Máquina de compresión	Carga Máx. (KN) Máquina de compresión	Área Muestra (mm ²)	Resistencia a la compresión (Mpa)
1 A	Mortero + 100% Arena	7 días	13.02	32.561	2290.226	14.2174
2 A	Mortero + 100% Arena	7 días	13.38	33.457	2375.835	14.0822
3 A	Mortero + 100% Arena	7 días	13.28	33.195	2375.835	13.9719
4 A	Mortero + 100% Arena	14 días	18.66	46.643	2290.226	20.3661
5 A	Mortero + 100% Arena	14 días	14.00	34.999	2290.226	15.2819
6 A	Mortero + 100% Arena	14 días	14.13	35.322	2290.226	15.4229
7 A	Mortero + 100% Arena	28 días	10.60	26.496	2445.453	10.8348
8 A	Mortero + 100% Arena	28 días	15.96	39.892	2507.193	15.9110
9 A	Mortero + 100% Arena	28 días	17.26	43.154	2551.765	16.9114

RESULTADOS PRUEBAS DE COMPRESIÓN SISTEMA COMPLETO

Resultados pruebas de compresión Ladrillo Triturado						
# Muestra	Tipo de muestra	Periodo	Carga Máx. (Mpa) Máquina de compresión	Carga Máx. (KN) Máquina de compresión	Área Muestra (mm ²)	Resistencia a la compresión (Mpa)
1 L	Mortero + 100% Ladrillo	7 días	11.6	29.002	2375.835	12.2071
2 L	Mortero + 100% Ladrillo	7 días	11.93	29.837	2375.835	12.5585
3 L	Mortero + 100% Ladrillo	7 días	13.17	32.913	2375.835	13.8532
4 L	Mortero + 100% Ladrillo	14 días	9.20	24.809	2290.226	10.8326
5 L	Mortero + 100% Ladrillo	14 días	14.27	35.684	2375.835	15.0196
6 L	Mortero + 100% Ladrillo	14 días	17.47	43.664	2375.835	18.3784
7 L	Mortero + 100% Ladrillo	28 días	14.49	36.235	2375.835	15.2515
8 L	Mortero + 100% Ladrillo	28 días	15.41	38.537	2375.835	16.2204
9 L	Mortero + 100% Ladrillo	28 días	14.87	37.181	2375.835	15.6497

RESULTADOS PRUEBAS DE COMPRESIÓN SISTEMA COMPLETO

Resultados pruebas de compresión 50% arena de concreto y 50% ladrillo triturado

# Muestra	Tipo de muestra	Periodo	Carga Máx. (Mpa) Máquina de compresión	Carga Máx. (KN) Máquina de compresión	Área Muestra (mm ²)	Resistencia a la compresión (Mpa)
1 AL	Mortero + 50% Arena y 50% Ladrillo	7 días	13.71	34.287	2290.226	14.9710
2 AL	Mortero + 50% Arena y 50% Ladrillo	7 días	16.33	40.827	2290.226	17.8266
3 AL	Mortero + 50% Arena y 50% Ladrillo	7 días	12.94	32.349	2375.835	13.6158
4 AL	Mortero + 50% Arena y 50% Ladrillo	14 días	15.07	37.666	2290.226	16.4464
5 AL	Mortero + 50% Arena y 50% Ladrillo	14 días	16.04	40.107	2290.226	17.5122
6 AL	Mortero + 50% Arena y 50% Ladrillo	14 días	14.05	35.129	2290.226	15.3387
7 AL	Mortero + 50% Arena y 50% Ladrillo	28 días	20.44	51.090	2463.014	20.7429
8 AL	Mortero + 50% Arena y 50% Ladrillo	28 días	18.88	47.208	2445.453	19.3044
9 AL	Mortero + 50% Arena y 50% Ladrillo	28 días	18.61	46.521	2480.639	18.7536

CONCLUSIONES.

- ✓ Se logró determinar un sistema de mortero de nivelación no adherido, a partir de los recibos para con los desperdicios de ladrillos, mediante la trituración estos, en comparación con los resultados obtenidos frente a la arena de concreto que tiene un uso más común dentro de los procesos constructivos.
- ✓ Se logró caracterizar el recho del mortero no adherido, a partir de los desperdicios de ladrillos mediante un proceso granulométrico en el que se obtuvo un módulo de finura un poco arriba del estándar (2,2 a 3,2) pero aún así respetando los rangos superiores e inferiores como se nota en las curvas granulométricas de las figuras 3 y 4; además de recordar de que los recibos funcionan como un patín entre la losa y el mortero de nivelación.

CONCLUSIONES.

- ✓ Teniendo en cuenta que los morteros trabajan por desempeño se logró la valoración a las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla del mortero con el recebo con desperdicios de ladrillo para el sistema de mortero no adherido, mediante el ejercicio de esfuerzos a compresión donde se alcanzaron hasta 16,22 Mpa a los 28 días hablando del sistema con solo el ladrillo triturado incluso habría una involución a los 14 días donde la resistencia alcanzó 18,37 Mpa. como máxima resistencia registrada hablando del mismo sistema; frente al sistema convencional con arena de concreto a los 28 días alcanzó una resistencia de 16,91 Mpa y una involución a los 14 días de 20,36 Mpa como máxima resistencia registrada; en el caso del mortero con un recebo de 50% arena de concreto y 50% ladrillo triturado a los 28 días alcanzó una resistencia de 20,74 Mpa como máxima resistencia registrada; superando los 13,73 Mpa de resistencia mínima especificada en el producto de mortero seco Topex.
- ✓ Con respecto a la evaluación de las características de los recibos y comparando los valores obtenidos en las muestras del sistema completo, con la máxima resistencia del mortero sin recebo de 19,52 Mpa, y el método tradicional, es notable que cumple con los requisitos de resistencia y desempeño utilizando cualquier proporción ya sea el 100% de ladrillo triturado o un 50% de arena de concreto y un 50% de ladrillo triturado, además de un control mínimo que se puede emplear en obra es la implementación de una zaranda con una abertura en la maya de 2,36 mm equivalente al tamiz N°8.

GRACIAS.

XXI Semana de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 11- No 1-2023 Publicación Semestral

CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE BAMBÚ

Introducción



Las fibras de bambú se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones de construcción, incluyendo el concreto reforzado. La incorporación de fibras de bambú en el concreto puede mejorar significativamente su resistencia a la flexión, así como reducir la propagación de grietas y la fisuración.

Objetivo General

- Desarrollar mezclas de concreto con fibras de bambú como material de refuerzo alternativo.

Objetivos Específicos

- 1. Obtener fibras de bambú mediante procesos físico-químicos para su uso como material de refuerzo alternativo.
- 2. Establecer diseños de mezcla de concretos generados con adición de fibras de bambú, a través de la evaluación de pruebas mecánicas y de durabilidad.
- 3. Analizar el impacto económico de los concretos generados con adición de fibras de bambú.

METODOLOGIA



PROCESO DE OBTENCION DE LA FIBRA.

Se identificó el lote de bambú de la especie *Angustifolia Kunth*. Se cortó el bambú utilizando métodos manuales. Se llevó a cabo la limpieza de las ramas y se dejó únicamente el varillón.



TRATAMIENTO DE LAS FIBRAS.

Los culmos fueron inmunizados mediante una técnica de inmersión en sales de ácido bórico por un periodo de 12h a una concentración del 3%.

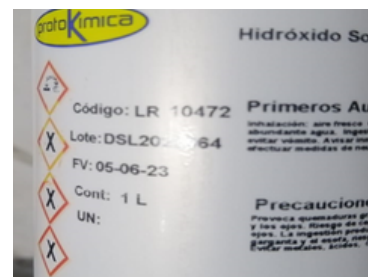


El varillón de bambú se descompone en el sentido de las fibras utilizando técnicas manuales

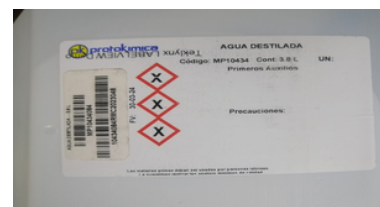


Posteriormente, se van desbastando hasta obtener diámetros de fibra que oscilan entre 0.5 y 2mm, y se cortan para obtener longitudes que varían entre 30mm y 50mm.

Para el tratamiento alcalino, se sometieron las fibras a una solución de hidróxido de sodio con una concentración del 10%, utilizando una proporción de 1 litro por cada 100 gramos de fibra. Por un periodo de 48h.



Después de finalizar la inmersión en hidróxido de sodio, las fibras se lavan con agua destilada.



DISEÑO DE MEZCLAS

1. Mezcla blanco sin fibras 0%
2. Mezcla con fibras 0.5%
3. Mezcla con fibras 0.3%
4. Mezcla con fibras 0.1%



Referencias

- Kumar, P., Gautam, P., Kaur, S., Chaudhary, M., Afreen, A., & Mehta, T. (2021). Bamboo as reinforcement in structural concrete. *Materials Today: Proceedings*, 46, 6793-6799. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.04.342>
- Lima Júnior, H. C., Mesquita, L. P., Fabro, G., Willrich, F. L., & Czarnieski, C. J. (2005). Vigas de concreto reforçadas com bambu *Dendrocalamus giganteus*. I: análise experimental. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9(4). <https://doi.org/10.1590/s1415-43662005000400031>
- Zhang, J., Huang, F., Wu, Y., Fu, T., Huang, B., Liu, W., & Qiu, R. (2022). Mechanical properties and interface improvement of bamboo cellulose nanofibers reinforced autoclaved aerated concrete. *Cement and Concrete Composites*, 134, 104760. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2022.104760>

Estudiantes: Cristian M. Ríos B
Daniel Ospina C.

Asesor: Jose zelaya.

Curso: Diseños investigativos.

profesor: Nicolas pardo.

VIGILADA por el Ministerio de Educación Nacional



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA

Acreditados
en ALTA CALIDAD



Alcaldía de Medellín
Distribución de
Ciencia, Tecnología e Innovación

DESARROLLO DE CONCRETOS A PARTIR DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE AGREGADOS GRUESOS POR AGREGADOS RECICLADOS POLIMÉRICOS

Introducción

En la actualidad se han implementado diferentes materiales (agregados) para la elaboración del concreto, con el fin de mitigar el impacto ambiental y la implementación de un nuevo agregado se han desarrollado concretos con sustituciones parciales de agregado polimérico, donde se han obtenido resistencias a la compresión viables con sustituciones parciales menores del 30%, dichas resistencias obtenidas demuestran la viabilidad del concreto polimérico para su uso en el campo de la construcción tanto estructural como no estructural.

Objetivos

Objetivo general

- Desarrollar concretos reemplazando parcialmente agregado grueso natural por agregado grueso polimérico

Objetivos específicos

- Determinar mediante análisis físico las propiedades de los agregados naturales y residuos poliméricos.
- Establecer diseños de mezcla de concretos generados a partir de sustituciones parciales de agregados naturales por agregados poliméricos reciclados, a través de la evaluación de pruebas mecánicas y de durabilidad.
- Analizar el impacto económico y ambiental de los concretos generados a partir de sustituciones parciales de agregados naturales por agregados poliméricos reciclados.

Metodología

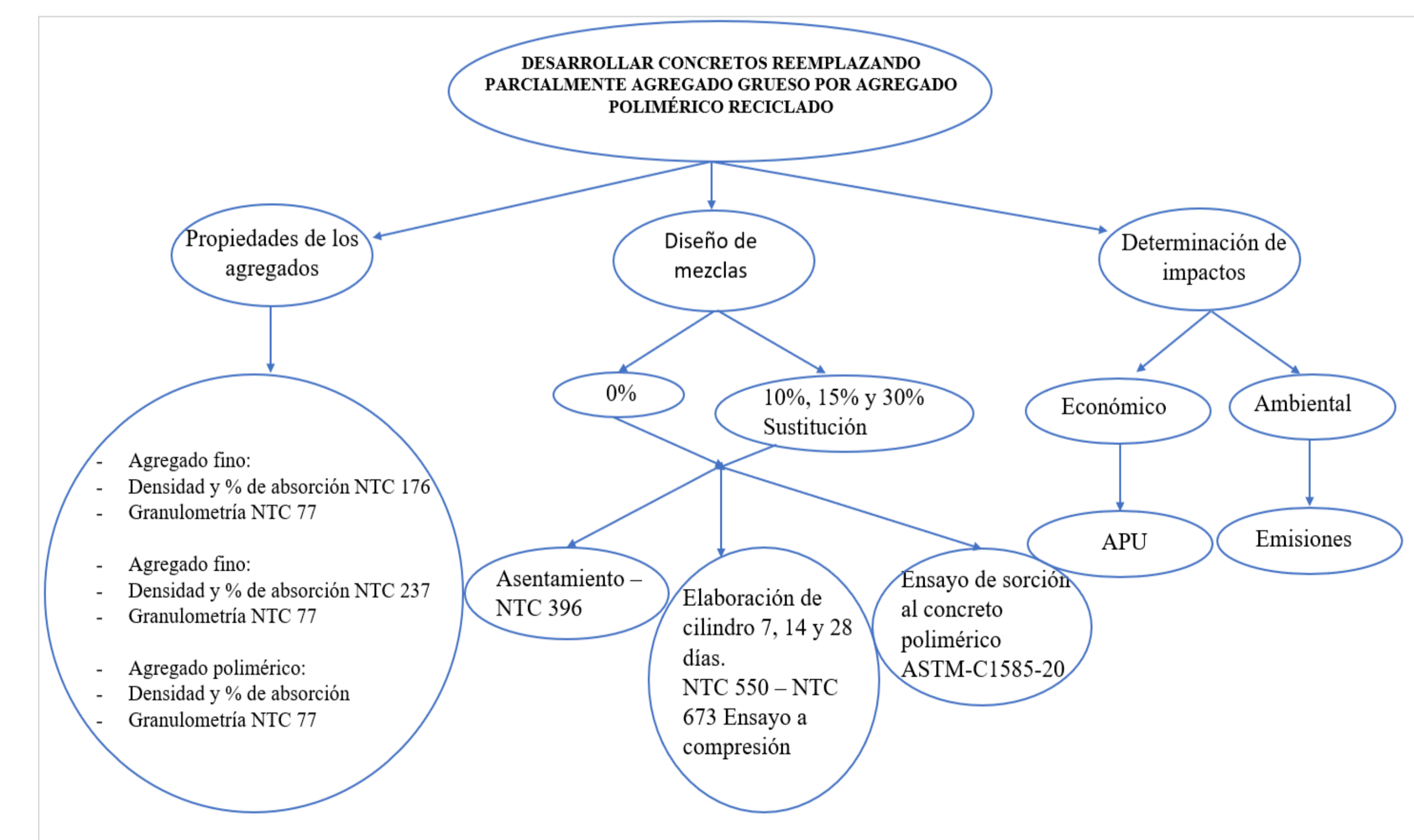


Figura 1. Diagrama metodológico.

Resultados parciales

Tabla 1. Diseño de mezcla.

Diseño de mezclas	
Diseño resistencia (MPa)	27
Asentamiento (mm)	75 a 100
Desviación (MPa)	2
Resistencia con desviación (MPa)	28,16
Relación A/C	0,47
Cantidades finales por m3	
Componentes	Peso (Kg)
Agua	205
Cemento	436
Agregado fino	649
Agregado grueso	1011
Densidad concreto	2301



Figura 2. Resistencia a la compresión para cada diseño a los 7 días.

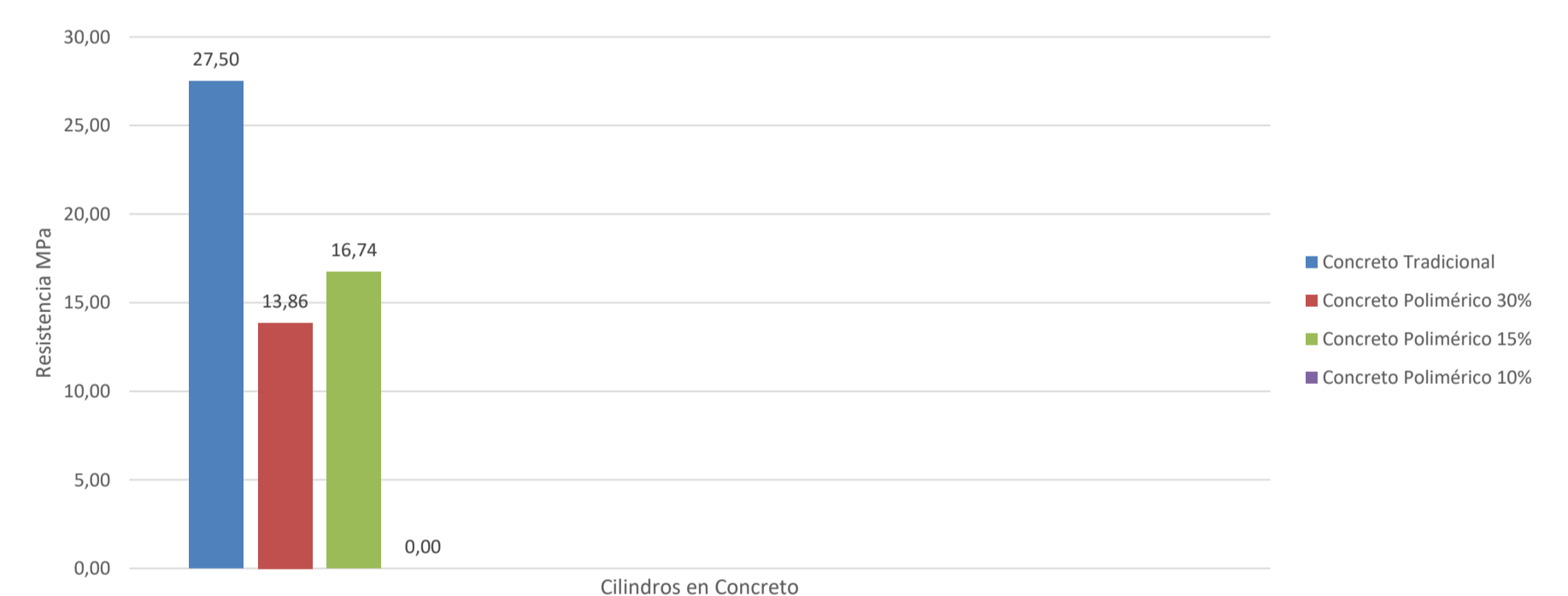


Figura 3. Resistencia a la compresión para cada diseño a los 14 días.

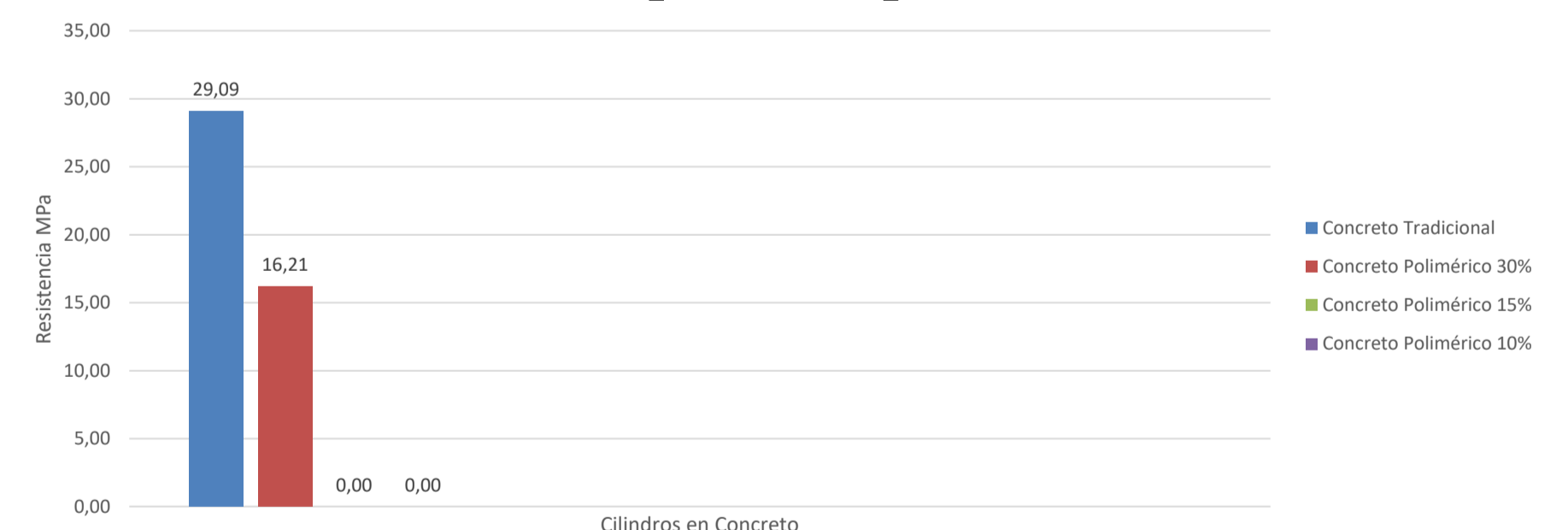


Figura 4. Resistencia a la compresión para cada diseño a los 28 días.

Referencias

- Fuentes Molina, N., Fuentes, N., Jiménez, K., & Otero Añez, R. Y. (2021). APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE RESIDUOS POLIMÉRICOS COMO AGREGADOS DEL CONCRETO: UNA REVISIÓN (Vol. 46, Issue 6).
- William, J., & Montoya, R. (2019). DESARROLLO DE UN AGREGADO LIVIANO PARA CONCRETO LIVIANO A PARTIR DE MEZCLAS DE PET POS CONSUMO Y UN ÁRIDO PÉTREO SARA GONZÁLEZ ALZATE PAOLA ANDREA RAMÍREZ GIRALDO Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera civil.