

**DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA RECUBRIMIENTO
DE CASAS EN BAHAREQUE**



**Diseño de mezcla de mortero cartón para el mejoramiento del recubrimiento de
casas en bahareque encementado**

GUTIERREZ RODRIGUEZ DORIS SOFIA

ID: 537708

CRUZ PRIETO JOHAN SEBASTIAN

ID: 538782

MIRANDA CUERVO PEDRO PABLO

ID: 542649

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE

[Haga clic aquí o pulse para escribir una fecha.](#)

**DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA RECUBRIMIENTO
DE CASAS EN BAHAREQUE**

**DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL
RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO**

GUITIERREZ RODRIGUEZ DORIS SOFIA

CRUZ PRIETO JOHAN SEBASTIAN

MIRANDA CUERVO PEDRO PABLO

Monografía Presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor

JACKSON ERMILZUL MONROY GUTIÉRREZ

Ingeniero Civil

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA RECUBRIMIENTO
DE CASAS EN BAHAREQUE

[Haga clic aquí o pulse para escribir una fecha.](#)

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Dedicatoria

Principalmente A Dios... Porque a partir de la vida me ha dado la oportunidad de generar pensamiento, a partir del pensamiento me ha dado la oportunidad de adquirir conocimiento y a partir del conocimiento me ha dado la oportunidad de crecer.

A mis hijos, María José y Gabriel Felipe, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor

A mi esposo, por que indudablemente su apoyo y amor han contribuido a la plenitud de cada meta lograda. Gracias Alexander Zabala por la felicidad que me has hecho disfrutar en estos últimos años de mi vida.

A mi madre, Luz Mila, Por ser el pilar de mi formación humana y profesional. Gracias madre porque sin esos primeros pasos donde tu apoyo fue total yo no hubiese llegado a esta etapa; agradezco a Dios por haberme permitido cumplir lo que algún día te prometí, gracias por cuidarme y apoyarme siempre mamá.

Doris Sofia Gutiérrez Rodríguez

Agradezco primero que todo a Dios por permitirme estar donde estoy, agradezco a mi mamá por todo el apoyo incondicional que me ha dado, a mi padre por los consejos que me ha dado durante este proceso de mi formación, a mis hermanos que han estado pendientes y me han colaborado, quiero agradecerles a todas las personas que me han visto crecer y que me ayudaron a ser un gran profesional y un gran ser humano, estoy contento de alcanzar este sueño, lo cual ha sido muy difícil, donde ha habido obstáculos y barreras, pero las ganas de salir adelante empujan

más que cualquier dificultad y gracias a ello he aprendido que siempre tenemos que luchar por lo que queremos.

Johan Sebastián Cruz Prieto

Doy gracias a Dios por permitirme estudiar esta hermosa profesión, a él le debo lo que soy y lo que seré, agradezco a mi madre por todo su acompañamiento y bases en mi vida, a Alix Sofía que siempre ha estado presente y ha sido un soporte incondicional, estando en las buenas y en las malas, a la Sra. Lucrecia quien me ha apoyado cuando más lo he necesitado, impidiendo así que se desvaneciera este objetivo, y a todas las personas que de una u otra manera aportaron un granito de arena en toda mi formación, a todos los docentes que me brindaron su tiempo, su paciencia y que con mucha dedicación estuvieron para entregarme los mejores conocimientos. Mil y mil Gracias.

Pedro Pablo Miranda Cuervo

Agradecimientos

Agradecemos a Dios, a nuestras familias y seres queridos por el apoyo incondicional que nos han brindado en este proceso de formación, no hubiese sido posible recorrer este camino que se emprendió hace unos años sin ellos, camino que nos puso grandes retos, los cuales fuimos superando gracias al acompañamiento y enseñanzas también de nuestros docentes, quienes entregaron sus conocimientos y nos ofreciéndonos una formación de calidad enfocada en la ética y la moral.

Queremos agradecer a la Ingeniera María Claudia, quien fomentó desde el semillero a indagar en todo momento cosas nuevas, a investigar para lograr un objetivo, además queremos agradecer al Ingeniero Jackson Ermilzul Monroy Gutiérrez, quien nos brindó su acompañamiento, disposición, asesoría, conocimientos, y sus ideas, que han permitido culminar este proceso investigativo.

Gracias a la Corporación Universitaria Minuto de Dios porque estamos a pocos pasos de recibir el título universitario, fue una experiencia muy bonita y enriquecedora que nos ha llevado a cumplir un sueño, gracias UNIMINUTO.

Contenido

Dedicatoria.....	VI
Agradecimientos.....	VIII
Lista de Tablas.....	XIII
Lista de Ilustraciones.....	XV
Lista de Graficas.....	XVI
Lista de Anexos.....	XVII
Resumen.....	18
Glosario.....	20
Introducción.....	24
2 Planteamiento del problema.....	25
2.1 Definición del problema.....	25
2.2 Descripción del problema.....	25
2.3 Formulación del problema.....	26
3 Justificación de la investigación.....	26
3.1 Justificación ambiental.....	27
3.2 Justificación económica.....	29
3.3 Justificación social.....	30
4 Objetivos.....	32

4.1	Objetivo general.....	32
4.2	Objetivos específicos.	32
5	Marco de referencial.....	33
5.1	Marco teórico.....	33
5.2	Marco legal	49
6	Metodología.	50
6.1	Enfoque de la investigación.....	50
6.2	Tipo de investigación.....	51
6.3	Muestras.....	52
6.3.1	Muestra ensayo de fluidez.	52
6.3.2	Ensayo a la compresión.	52
7	Procedimiento para el cálculo del diseño de mezcla del mortero cartón	53
7.1	Diseño de mezcla del mortero tradicional.	53
8	DISEÑO DE MEZCLA DOSIFICACION MORTERO CARTON	61
8.1	Dosificación de la Mezcla.....	63
8.2	Cantidad de cemento.....	63
8.3	Cantidad de agua.....	63
8.4	Contenido de arena	63
8.5	Cartón picado.....	64
9	TOMA DE MUESTRAS	64

9.1	Descripción del laboratorio de Fluidéz	64
9.2	Descripción del laboratorio de Compresión y Fluidéz de mortero cartón en diferentes concentraciones.....	65
9.3	Muestra # 1 – Mortero Normal	65
9.3.1	Ensayo a compresión	66
9.3.2	Ensayo a compresión en cubos.....	66
9.3.3	Ensayo de fluidéz.....	67
9.4	MUESTRA 2 – Mortero con 1% de Cartón	67
9.4.1	Ensayo a compresión	68
9.4.2	Ensayo a compresión en cubos.....	68
9.4.3	Ensayo de fluidéz.....	69
9.5	MUESTRA 3 - Mortero con 3% de cartón	69
9.5.1	Ensayo a compresión	70
9.5.2	Ensayo a compresión en cubos.....	70
9.5.3	Ensayo de fluidéz.....	71
9.6	MUESTRA 4 - Mortero con 5 % de cartón	71
9.6.1	Ensayo a compresión	72
9.6.2	Ensayo a compresión en cubos.....	72
9.6.3	Ensayo de fluidéz.....	73
10	Análisis Resultado de Fluidéz de Pasta de Cemento	73
11	Conclusiones	75

12 Referencias76

13 Anexos.....79

Lista de Tablas

Tabla 1 - Cantidad de Cartón en los Almacenes Spring Step.....	29
Tabla 2 - Clasificación ASTM C-270 de los morteros.....	36
Tabla 3 - Clasificación ASTM C-476 de morteros	37
Tabla 4 - Morteros de relleno - Partes por volumen.....	38
Tabla 5 - Usos de los morteros de cemento.....	40
Tabla 6 - Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructuras y condiciones de colocación.....	43
Tabla 7 - Determinación del módulo de finura.....	54
Tabla 8 - Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructuras y condiciones de colocación.....	57
Tabla 9 - Valores relación agua/ Cemento	59
Tabla 10 - La resistencia mínima a la compresión de morteros realizada en cubos o cilindros....	62
Tabla 11 - Dosificación	64
Tabla 12 - resistencia a la compresión INVE 410 - Muestra 1.....	66
Tabla 13 - Resistencia A La Compresión De Morteros INVE 323 - Muestra 1.....	66
Tabla 14 - Determinación Ensayo De Campo - Muestra 1.....	67
Tabla 15 - Resistencia a La Compresión INVE 410 - Muestra 2.....	68
Tabla 16 - Resistencia a La Compresión De Morteros INVE 323 - Muestra 2.....	68
Tabla 17 - Determinación Ensayo De Campo - Muestra 2.....	69
Tabla 18 - Resistencia a La Compresión INVE 410 - Muestra 3.....	70

Tabla 19 - Resistencia a la compresión de morteros INVE 323 - Muestra 3	70
Tabla 20 . Determinación ensayo de campo - Muestra 3	71
Tabla 21 - RESISTENCIA A LA COMPRESION INVE 410 - Muestra 4	72
Tabla 22 - Resistencia a La Compresión De Morteros INVE 323 - Muestra 4.....	72
Tabla 23 - DETERMINACION ENSAYO DE CAMPO - Muestra 4	73

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 - Cartón Obtenido en Almacenes Spring Step.....	28
Ilustración 2 - Retracción de mortero	44

Lista de Graficas

Grafica 1 - Valores de relación agua cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento portland tipo I y arena de forma redondeada y textura lisa.....	55
Grafica 2 - Correspondencia entre los valores de relación agua cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento portland tipo I y arena de forma angular textura rugosa	56
Grafica 3 - Relación A/C	56
Grafica 4 - Relación Entre % Fluidez y relación agua -Cemento	60

Lista de Anexos

Anexo 1 – Fotografías Cartón picado en bascula	79
Anexo 2 – Fotografía Cemento portland en bascula	79
Anexo 3 – Fotografía Arena en bascula	80
Anexo 4 – Fotografía Mezcla de materiales sin agua.....	80
Anexo 5 – Fotografía Mezcla mortero cartón	81
Anexo 6 – fotografía Desencofrado de Cilindros	81
Anexo 7 – Fotografía Cilindros para fraguado.....	82
Anexo 8 – Fotografía 1 Falla de Cilindro.....	82
Anexo 9 – Fotografía 2 Falla de Cilindro.....	83
Anexo 10 – Fotografía 3 Falla de Cilindro.....	83
Anexo 11 – Fotografía Laboratorio de Fluidez 1	84
Anexo 12 – Fotografía 2 - Laboratorio de Fluidez 2.....	84
Anexo 13 - Fotografía 3 Laboratorio de Fluidez.....	85
Anexo 14 - Fotografía Elaboración de Cubos	85
Anexo 15 - Fotografía Desencofrado de Cubos	86
Anexo 16 - Fotografía Falla de Cubo	86

Resumen

La investigación es un proceso de experimentar, analizar y comprender un conjunto de métodos que se aplican de modo sistemático, con la finalidad de buscar una respuesta o de conocer nuevos métodos de un asunto o un tema, el cual puede ser interés humano, social, de conociendo o tecnológico. Para nosotros es muy importante indagar nuevos procesos en nuestro ámbito profesional, que sean aplicables, innovadores y que mitigue el impacto ambiental, por ellos queremos realizar y diseñar un tipo de mezcla con un agregado como el cartón, el cual es un material que el ser humano desecha y no le a una disposición final, que su proceso de degradación puede tardar hasta 1 año y ha afectado el planeta porque son desechados en fuentes hídricas o sistemas de desagües, generando taponamiento y contaminación.

El objetivo de la investigación es realizar una mezcla de un mortero con un agregado como cartón (Mortero Cartón), el cartón se utilizará como un agregado para disminuir la cantidad de arena de la mezcla, y que sea aplicable en casas de Bahareque encementado, logrado un recubrimiento para mejorar las fachadas de este tipo de vivienda.

En este proceso investigativo se realizaron los ensayos de laboratorio, estos ensayos que se realizaron fueron tomados en cuenta a la norma bajo las normas ASTM C305, INVE-323-07 y NORMA INVE-325-07

- Resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico
- Fluidez de morteros de cemento hidráulico (mesa de flujo)

Con los resultados de los laboratorios se puede obtener la información y determinar si el mortero cartón es admisible para ser utilizado en el recubrimiento de los muros de las casas en bahareque encementado.

Glosario

MORTERO: Mezcla de diversos materiales, como cal o cemento, arena y agua, que se usa en la construcción para fijar ladrillos y cubrir paredes.

CARTON: Lámina gruesa y dura, compuesta de varias capas de pasta de papel, de pasta de trapos, de papel viejo u otras materias que, en estado húmedo, se adhieren unas a otras por compresión y después se secan por evaporación.

MORTERO CARTON: Es la combinación de cemento y material agregado (arena + cartón) y agua. Que en combinado en diferentes proporciones obtiene resistencias a la compresión.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: Es la capacidad que tiene el concreto y el mortero para resistir y que es medida a través de ensayos de laboratorios que cuantifica esta resistencia.

BAHAREQUE: Es la mezcla entre arcilla y paja, utilizada para relleno de paredes en estructuras.

DESCASCARAMIENTO: Sucede generalmente en las áreas expuestas al sol, la causa es la humedad atrapada en las paredes que sale a la superficie por efecto del calor.

PAÑETE: Es el revestimiento de muros y techos con una o varias capas de mezcla de arena lavada fina y cemento, llamada mortero, y cuyo fin es el de emparejar la superficie que va a recibir

un tipo de acabado tal como pinturas, forros etc.; dándole así mayor resistencia y estabilidad a los muros. Este proceso también es llamado revoque o repello. (UNAD, 2016)

RETRACCIÓN: Es una contracción que experimenta el mortero por disminución de volumen durante el proceso de fraguado y principio de endurecimiento. Dicha retracción es provocada por la pérdida de agua sobrante tras la hidratación del mortero.

EL FRAGUADO: El fraguado inicia con la pérdida de viscosidad de la pasta, en el momento en que esta deja de ser deformable bajo cargas relativamente pequeñas y empieza el proceso de endurecimiento, en el que la estructura del cemento va adquiriendo resistencia mecánica. En el estado final de fraguado, debe iniciarse el proceso de curado. (360 en concreto, 2020)

DOSIFICACIÓN: Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el hormigón, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o pegado correctos. Generalmente expresado en gramos por metro (g/m).

EN BAHAREQUE: Es la denominación de un sistema de construcción de viviendas a partir de palos o cañas entretejidos y barro. Esta técnica ha sido utilizada desde épocas remotas para la construcción de vivienda en pueblos indígenas de América. Un ejemplo es el bohío, vivienda muy usada por amerindios, principalmente en Colombia y Venezuela (WIKIPEDIA, 2016).

BAHAREQUE ENCEMENTADO: El bahareque encementado es un sistema estructural de muros que se basa en la fabricación de paredes construidas con un esqueleto de guadua, o guadua y madera, cubierto con un revoque de mortero de cemento, que puede apoyarse en esterilla de guadua, malla de alambre, o una combinación de ambos materiales.

TECNIFICACIÓN: Es la aplicación de procedimiento y normas técnicas en actividades en la que antes no se utilizaban.

ENSAYO DE FLUIDEZ MORTERO: Este ensayo se realiza para garantizar la fluidez del mortero, con base a la cantidad de agua calculada. Si el mortero no alcanza la fluidez se debe adicionar agua a la mezcla hasta obtener la fluidez requerida en este caso de 110%. NORMA ASTM C 230

ENSAYO A COMPRESIÓN: Este ensayo se realiza para medir la resistencia que puede alcanzar el mortero, con base a la cantidad de material calculado. NORMA ASTM C305: NORMA INV E- 323

MORTEROS DE MAMPOSTERÍA: Se define mortero de mampostería como aquella combinación de materiales cementantes (o aglutinantes), agregados y aditivos, que mezclados con una cantidad conveniente de agua formarán una masa plástica que se adherirá a una superficie y se endurecerá, preservando cualquier forma y textura que se le haya dado mientras es plástica.

NORMA INVE-323-07: Establece el procedimiento mediante un ensayo para determinar la resistencia de compresión del mortero.

NORMA INVE-325-07: Esta norma, establece el método para determinar la fluidez de morteros de cemento hidráulico, utilizando la mesa de flujo.

ASTM C305: Establece el procedimiento para las pastas de mortero, los materiales deben cumplir con las cantidades necesarias que establece el ensayo de compresión.

Introducción

Los sistemas constructivos con el pasar del tiempo han cambiado y han ido mejorando con el fin de brindar una construcción digna y segura, uno de estos sistemas fue el del bahareque, el cual ha sido utilizado a través de varios siglos en nuestro país para construir viviendas, fue usado en primera instancia por grupos indígenas, y se convirtió en la primera elección de los colonizadores europeos o mestizos, que supieron adaptarlo a las condiciones ambientales, aprovechando diversos materiales y técnicas nativas.

Con el tiempo muchas de estas viviendas en bahareque fueron reemplazadas por nuevas técnicas como en adobe o tapia, sin embargo, el bahareque siguió siendo utilizado, según estadísticas en Colombia cerca del 16% de las viviendas han sido construidas en adobe, tapia o bahareque, la mayoría de estas se encuentran en zona rural, ya que por su proceso de construcción y poco presupuesto su construcción es fácil y rápida.

La presentación de estas viviendas actualmente no es buena, las fachadas no tienen un acabado muy estético, por lo cual la construcción con este tipo de material ya no se está aplicando en las viviendas o obras en las zonas urbanas de nuestros municipios.

Las viviendas en bahareque con el pasar del tiempo presentan patologías como agrietamientos, descascaramiento y malformaciones, estas patologías se presentan por exposición ambiental (Humedad por el nivel freático, agentes biológicos, exposición a lluvias y al sol), esto hace que se presenten fallas por cortante en el plano del muro asociadas a los altos empujes horizontales, fisuras o pérdida del recubrimiento.

Para contribuir con este tipo de viviendas, se realizará la investigación que tiene como objetivo hacer una mezcla de un mortero con un agregado como cartón (Mortero Cartón). En distintas

dosificaciones se analizará si este diseño mejora las propiedades del mortero común, en resistencia, permeabilidad, retracción y estética para las fachadas en bahareque.

1 Planteamiento del problema

1.1 Definición del problema.

Para lograr verificar que las propiedades del mortero cartón cumplan con las condiciones mínimas establecidas, es necesario realizar los ensayos de laboratorio (Comprensión y Fluidez) establecidos por las normas **ASTM C305, I.N.V.E 323-07, INVE-325-07**, que permitan garantizar que el diseño de mezcla mortero cartón cumple con la resistencia y fluidez que se requiere.

Obteniendo los resultados de estos laboratorios se puede obtener la información y aclarar si el mortero cartón es admisible para ser utilizado en el recubrimiento de los muros de las casas en bahareque encementado.

1.2 Descripción del problema

Un mortero debe tener unas características aceptables de resistencia, permeabilidad, y retracción que le permitan soportar las condiciones ambientales o daños generados por los movimientos sísmicos que son causantes de patologías como agrietamientos, descascaramiento debido a la erosión producida por los cambios de temperatura, malformaciones por acción de las fuerzas de pandeo que se producen en los muros, entre distintos causantes del deterioro, contribuyen con el daño del mortero debido a su baja permeabilidad.

Para poder emplear el mortero cartón es necesario que cumpla con estas condiciones de resistencia, permeabilidad, retracción y estética, para que pueda ser usado como un nuevo recubrimiento a las viviendas en bahareque encementado y así mejorar la calidad de estas fachadas.

1.3 Formulación del problema

Para el mejoramiento de las fachadas y acabados con el recubrimiento de los muros de casas en bahareque encementado se propone elaborar un diseño de mezcla de mortero cartón en diferentes prototipos de mezclas, con el objetivo de ser analizado en el laboratorio y verificar su resistencia a la compresión, retracción que permita demostrar cuál de los diseños cumple con los requerimientos fijados en las normas ASTM C305, I.N.V.E 323 y la resistencia de compresión entre (179 a 214 Kg/m²) y de fluidez de (110%) como se especifica en el libro (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001) según su dosificación para ser utilizados como recubrimiento y que proporcione acabados de calidad.

2 Justificación de la investigación

La investigación que tiene como objetivo hacer una mezcla de un mortero con un agregado como cartón (Mortero Cartón). En distintas dosificaciones se analizará si este diseño mejora las propiedades del mortero común, en resistencia, permeabilidad, retracción y estética para las fachadas en bahareque, con este tipo de mortero poder restablecer las fachadas de las casas en bahareque encementado, que permita mejorar este tipo de viviendas, con ello se puede incitar al

uso del mortero cartón, mejorando los acabados y también aportando en la conservación del patrimonio cultural que generan este tipo de vivienda.

El diseño de mezcla de mortero Cartón se realizará en diferentes diseños, que consiste en reemplazar un porcentaje del agregado de la mezcla (Arena), por cartón reciclado, ya con las dosificación de cada uno de los prototipos, se realizarán los ensayos de laboratorio (Comprensión y Fluidez) establecidos por las normas ASTM C305, I.N.V.E 323-07, INVE-325-07, que permitan garantizar que el diseño de mezcla mortero cartón cumple con la resistencia y fluidez que se requiere y poder ser utilizado como recubrimiento. (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001).

El reto desde la ingeniería civil es verificar por medio de la investigación, si el mortero cartón puede ser aplicado como recubrimiento dentro de las normas que garantizan las funcionalidades de los morteros, validados por la norma ASTM C305 y I.N.V.E 323

2.1 Justificación ambiental.

El cartón como material muy fácil de adquirir y que, por el mal manejo de este tipo de residuo, es desechado sin tener una disposición final, siendo arrojados en drenajes que pueden causar obstrucción en las tuberías, causando inundaciones y malos olores al ambiente, por otro lado, también son arrojados a los ríos, lo cual afecta la calidad del agua, el desarrollo de la fauna y flora, ya que el cartón contiene propiedades químicas que las puede afectar.

El cartón al ser incinerado emite gases como dióxido de carbono (CO₂) el cual contribuye a la contaminación ambiental causante del calentamiento global y es uno de los gases causantes del efecto invernadero generador del cambio climático (ruiz, 2011).

Con la reutilización del cartón se quiere mitigar el impacto ambiental que genera por el mal manejo de este material, por ello se optó en realizar el diseño de mezcla de mortero con material reciclado, con el objeto de mejorar sus propiedades de retracción plástica y térmica que son las causantes de patologías como agrietamiento que sufren las fachadas de las casas en bahareque encementado.

Estos desechos de cartón no solo están afectando al medio ambiente sino a las personas que a diario transitan por las diferentes vías de nuestro país. (HERNANDEZ, 2011)



Ilustración 1 - Cartón Obtenido en Almacenes Spring Step

Fuente: Sofía Gutiérrez

Por otra parte, los Almacenes Spring Step de la ciudad de Girardot, desechan gran cantidad de cartón resultante de las cajas que se utilizan para el almacenamiento y transporte de sus productos. Realizando una investigación del cartón desechado en los Almacenes Spring Step, se encuentra que desechan un promedio de 80 kg de cartón semanal por Almacén como lo indica la Tabla 1.

Tabla 1 - Cantidad de Cartón en los Almacenes Spring Step

Almacenes Spring Step	CANTIDAD DE CARTON SEMANAL (kg)
Almacén centro	55
Almacén Unicentro	25
TOTAL	80

Fuente: Almacenes Spring Step y tabulada por Sofía Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

En la actualidad existen diferentes sistemas constructivos para la construcción de una vivienda, utilizan materiales que no son amigables con el medio ambiente y contribuyen con la contaminación. Uno de ellos es ladrillo que para su elaboración deben extraer sus materiales afectando la flora y fauna, sometidos a altas temperaturas en hornos que emite altos contenidos de Monóxido de carbono, Dióxido de nitrógeno, Óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, Dióxido de Carbono entre otros causantes del efecto invernadero, aportando al calentamiento global.

Con el diseño de mezcla de mortero, utilizando cartón como agregado, se ayuda a la disminución de contaminación al medio ambiente

2.2 Justificación económica

Con el diseño de mezcla de mortero cartón en casas en bahareque encementado tiene como objetivo disminuir costos en la elaboración del mortero, el cartón como agrado suplementará la arena en la mezcla.

Costos que se reducen:

- Transporte del material (Arena)
- Compra de materiales (Arena)
- Mano de obra.

Al mejorar la estética de las casas en bahareque encementado con el diseño de mezcla de Cartón, se puede incentivar a la construcción de este tipo de vivienda. La norma NSR-10. Capítulo E7 fija las condiciones de construcción para la vivienda en bahareque y que validan que el sistema es apto para ser habitado.

Esto conlleva a que se podrían construir casas con un bajo presupuesto, mucho más económicas que las casas en mampostería y así poder disminuir el déficit de vivienda que actualmente afronta las zonas rurales de Colombia. (Sismica Asociacion Colombiana de Ingenieria).

2.3 Justificación social

La necesidad de contribuir con el mejoramiento de las fachadas de las casas en bahareque encementado, con un diseño de mezcla de mortero con un agrado con material reciclado como el cartón, se realizarán prototipos con diferentes dosificaciones, los cuales se analiza la Compresión y fluidez, ensayos realizados bajo las normas ASTM C305, I.N.V.E 323, que permitirán verificar las propiedades de resistencia, durabilidad y retracción que debe tener el mortero cartón para ser usado como recubrimiento.

Basados en los resultados de estos laboratorios se puede obtener la información y aclarar si el mortero cartón es admisible para ser utilizado en el recubrimiento de los muros de las casas en

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

31

bahareque encementado. El diseño de mezcla de mortero cartón permitiría mejorar el aspecto estético de la vivienda haciéndola más atractiva para el comprador. La construcción de este tipo de viviendas puede brindar la oportunidad a una familia de obtener un techo digno y mejorar sus condiciones sociales, logrando desarrollarse en un entorno con mejor calidad de vida.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar un mortero con material reciclado “cartón”, con el objeto poder brindar una mezcla que cumpla con las condiciones mínimas de resistencia, compresión y retracción, establecidas en las normas ASTM C305 y I.N.V.E 323, para con ello validar si este tipo de mortero es aplicable como revestimiento en casas de bahareque.

3.2 Objetivos específicos.

Realizar un diseño de mezcla que alcance las resistencias de compresión entre (179 a 214 Kg/m²) y fluidez de 110 %, con el objeto de determinar cuál cumpla las condiciones que mejoren la estética del recubrimiento de bahareque encementado.

Mediante ensayos de laboratorios determinar la resistencia a la compresión del mortero cartón y conocer los resultados que alcanzan los diferentes diseños, para definir si el mortero cartón puede ser aplicable en recubrimientos de bahareque encementado.

4 Marco de referencial

4.1 Marco teórico

La utilización del mortero proviene de tiempos ancestrales, en culturas donde aplicaron el mortero de cal como materia prima para uso frecuente en la construcción de sus refugios, se les conoce como mortero prehistórico.

La procedencia del mortero de cal parece remontarse a la época neolítica. Este estudio ofrece una revisión histórica de la evolución de los morteros como material ligante en la construcción a través de las distintas civilizaciones, todo ello desde el enfoque de las técnicas de aplicación, de la composición de las mezclas y de la durabilidad y calidad de las mismas. Romanos y griegos innovaron la técnica de mortero de cal, a su vez los egipcios dominaban la preparación) aplicación de los morteros de yeso.

En el siglo XVIII comienza la aparición de ligantes hidráulicos modernos, que desembocará en el siglo siguiente con el revolucionario cemento Portland. (Álvarez Galindo, Martín Pérez, & García Casado, pág. 2).

La procedencia del mortero de cal:

De esta manera los egipcios son los primeros en la utilización de morteros con la implementación de mortero yeso que lo utilizaban para pegamento de bloques en sus pirámides de Keops (hacia 2600 a. J.C.) (Furlan, 1975), de modo que los primeros en utilizar el mortero de cal fueron los griegos que conocían las propiedades que le brindaba, las utilizaban para construcción de muros. Fueron los romanos que acogieron la técnica de los griegos para utilizarlas a sus obras, construcciones que a su vez también adoptaron la capacidad de mejorar el mortero adicionándole

a la mezcla sustancias para mejorar sus propiedades. (Álvarez Galindo, Martín Pérez, & García Casado, págs. 3,4).

En la edad media el mortero sufrió grandes transformaciones en la composición del mortero, fue en ese tiempo en donde se practicaron variedad de adiciones al mortero con sustancias orgánicas, sin arrojar buenos resultados de resistencia, por lo contrario, se obtuvieron morteros muy bajos de calidad. (Álvarez Galindo, Martín Pérez, & García Casado, págs. 5,6).

Sin embargo, los morteros modernos fueron los que impulsaron la aparición del cemento “Portland”. *Joseph Apsdin, un albañil de Wakefield, patenta en 1824 un cemento “tan duro como la piedra Portland”’. Este es el origen del primer tipo de cemento Portland. Apsdin lo preparaba desmenuzando y calcinando la caliza, mezclando la cal resultante con arcilla y tierra y luego hidratando la mezcla cuidadosamente. A continuación, calcinaba la mezcla, la desmenuzaba y la calcinaba por segunda vez, con lo que se desprendía el ácido carbónico residual. Como se empleaban a temperaturas bajas, la calidad del cemento no podía ser alta (Furlan, 1975; Ashurst, 1983).* (Álvarez Galindo, Martín Pérez, & García Casado, pág. 8).

TIPO DE MORTERO

Atendiendo a su endurecimiento se pueden resaltar dos tipos de morteros: Los aéreos que son aquellos que endurecen al exponerse al aire pierden agua por su secado y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación, y los hidráulicos o acuáticos que endurecen bajo el agua, debido a que su composición les permite aumentar resistencias iniciales relativamente altas.

Teniendo en cuenta los materiales que los forman, pueden ser:

Morteros calcáreos: los que interviene la cal como aglomerante, se distinguen, según el origen de ésta en aéreos e hidráulicos.

Las cuales aéreas más conocidas son la cal blanca y la cal gris (dolomítica); en los morteros aéreos la arena tiene como objetivo principal evitar el agrietamiento por las contracciones del mortero al ir perdiendo el agua de amasado. Se recomienda que la arena sea de partículas angulares y que esté libre de materia orgánica. La proporción de cal-arena más usada para revoque es de 1 - 2 y para mampostería simple de 1-3 o de 1-4. Si la proporción aumenta el mortero pierde ductilidad y trabajabilidad.

En Colombia sólo se utiliza este mortero en trabajos de embellecimiento de interiores que requieren esquinas perfectas.

Morteros de yeso: Se preparan con yeso hidratado con agua. El contenido de agua es variable según el grado de cocción, calidad y finura de molido del yeso. En obras corrientes se agrega el 50%, para estucos el 60% y para moldes el 70%. El mortero se prepara a medida que se necesita, pues comienza a fraguar a los cinco minutos y termina más o menos en un cuarto de hora.

Morteros de cal y cemento: Son aconsejables cuando se busca gran trabajabilidad, buena retención de agua y alta resistencia (superior a la de los morteros de cal; en estos morteros se sustituye parte del cemento por cal, razón por la cual se les conoce también como Morteros de Cemento Rebajado.

Las relaciones de mezcla más usadas varían entre 1: 2:6 y 1: 2:10 de cemento, cal y arena y el agua necesaria varía de acuerdo a la composición del mortero y a la consistencia deseada. Si el contenido de cemento es alto, el mortero será de alta resistencia y de poco tiempo entre amasado

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

y colocación, será más o menos trabajable y tiene una contracción del 3% si el mortero es seco; en cambio si el contenido de cal es alto tendrá menor resistencia, será mayor el tiempo entre amasado y colocación, será más plástico y permeable, pero tendrá mayor retracción. Si el contenido de arena es alto, la resistencia disminuirá y será poco trabajable, pero tendrá poca retracción. Por lo anterior debe buscarse una combinación adecuada a las condiciones de obra.

En cada país la clasificación de los morteros obedece a propiedades específicas de resistencia a la compresión. La norma más difundida es la ASTM-270, la cual clasifica los morteros de pega por propiedades mecánicas y por dosificación. En esta norma se aceptan 5 tipos de mortero en orden decreciente de resistencia. La tabla No.2 a continuación resume esta clasificación.

Tabla 2 - Clasificación ASTM C-270 de los morteros

TIPO DE MORTERO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			CEMENTO PORTLAND	CEMENTO ALBANILERÍA	CAL	AGREGADO FINO SUELTO
	(Mpa)	(Kg/cm ²)	(P.S.I.)				
M	17.2	175	2500	1 1	1 -	0.25	Entre 2.25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizado
S	12.4	126	1800	0.5 1	1 -	0.25 a 0.50	
N	5.2	53	750	- 1	1 -	0.5 a 1.25	
O	2.4	25	350	- 1	1 -	1.25 a 2.50	
K	0.5	5	75	1	-	2.50 a 4.00	

Fuente: La tabla 2 es la tabla 14.1 del libro TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001)

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

37

El mortero para mampostería sin refuerzo debe ser del tipo M, S o N, y los morteros para mampostería reforzada están regulados por la norma ASTM C-476 en la cual se distinguen los tipos PM y PL. (Ver tabla N° 3).

Tabla 3 - Clasificación ASTM C-476 de morteros

TIPO DE MORTERO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			CEMENTO PORTLAND	CEMENTO MAMPOSTERÍA	CAL	AGREGADO FINO SUELTO
	(Mpa)	(Kg/cm ²)	(P.S.I.)				
PM	17.2	175	2500	1	1	0.25 a 0.50	2.25 a 3.00
PL	17.2	175	2500	1	-		

Fuente: La tabla 3 es la tabla 14.2 del libro TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001)

Los morteros de relleno se encuentran regulados por la Norma ASTM C-476 (Ver tabla No.3). Los morteros de relleno son aquellos que se utilizan para verter en el interior de los muros con el objeto de aumentar la sección neta resistente del muro y favorecer la unión entre la mampostería y el refuerzo.

Tabla 4 - Morteros de relleno - Partes por volumen

TIPO DE RELLENO	CEMENTO PORTLAND	CAL	AGREGADO FINO SUELTO	AGEGADO GRUESO SUELTO
Relleno fino	1	0 a 0.1	2.25 a 3.0	-
Relleno grueso	1	0 a 0.1	2.25 a 3.0	1 a 2

Fuente; La tabla 4 es la tabla 14.3 del libro TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001)

En Colombia el uso de los morteros de cal y cemento empezó en el año 1975 cuando se observó que la resistencia a la compresión de los ladrillos de arcilla con los cuales se construyeron algunos edificios de cinco pisos con muros portantes era baja. Sin embargo, el uso de estos morteros ha encontrado dificultades por la mala calidad de las calles.

Morteros de cemento: Son los más empleados en Colombia, se componen de arena y cemento Portland. Este mortero tiene altas resistencias y sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo a la proporción de cemento y arena usados. Es hidráulico y debe prepararse teniendo en cuenta que haya el menor tiempo posible entre el amasado y la colocación; se acostumbra mezclarlo en obra, revolviendo primero el cemento y la arena y después adicionando el agua.

En el mortero de cemento al igual que en el hormigón, las características de la arena, tales como la granulometría, módulo de finura, forma y textura de las partículas, así como el contenido de materia orgánica, juegan un papel decisivo en su calidad.

En algunos casos se emplean arenas con ligeros contenidos de limo o arcilla, para darle mayor trabajabilidad al mortero, sin embargo, los morteros fabricados con este tipo de arena no son muy resistentes.

Si el mortero tiene muy poco cemento la mezcla se hace áspera y poco trabajable ya que las partículas de arena se rozan entre sí, pues no existe suficiente pasta de cemento que actúe como lubricante.

Por otro lado, si el mortero es muy rico, es decir, con alto contenido de cemento, es muy resistente, pero con alta retracción en el secado, o sea muy susceptible de agrietarse; estos morteros muy ricos sólo se usan en obras de ingeniería que exijan altas resistencias, tales como muros de contención o cimientos.

En Colombia el uso del mortero de cemento es ampliamente difundido, y se dosifica de acuerdo a la proporción en peso de cemento y arena.

Tabla 5 - Usos de los morteros de cemento

MORTERO	USOS
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos. Rellenos
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1:4	Pega para ladrillos en muros y baldosines. Pañetes finos
1:5	Pañetes exteriores. Pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:6 y 1:7	Pañetes interiores: pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos
1:8 y 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.

Fuente; La tabla 5 es la tabla 14.4 del libro TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001)

La tabla No 5 resume las diferentes proporciones de los morteros usados en Colombia:

- Los morteros 1:1 a 1:3 son morteros de gran resistencia y deben hacerse con arena limpia.
- Los morteros 1:4 a 1:6 se deben hacer con arena limpia o semilavada.
- Para los morteros 1:7 a 1:9 se puede usar arena sucia, pues estos morteros tienen muy poca resistencia.

Los morteros según su uso se pueden clasificar así:

- Morteros que poseen mayor resistencia y por lo tanto pueden soportar cargas a compresión, como sucede en la mampostería estructural.
- Morteros que mantienen unidos los elementos en la posición deseada, tal es el caso del mortero de pega.
- Morteros que proveen una superficie lisa y uniforme, estos son los morteros de revestimiento y revoque.
- Morteros que sirven para rellenar, juntas entre diferentes elementos constructivos.

USOS DEL MORTERO

Los morteros pueden tener una función estructural, y pueden usarse entonces en la construcción de elementos estructurales, o en la mampostería estructural en donde puede ser de pega o de relleno en las celdas de los muros.

Existen otros morteros que no tienen función estructural y se destinan a recubrimiento como pañetes, repellos o revoques.

Mortero de pega: debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión.

Morteros de relleno: Se utilizan para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que el mortero de pega debe tener una adecuada resistencia.

Morteros de recubrimiento: Ya que su función no es estructural sino de embellecimiento, o la de proporcionar una superficie uniforme para aplicar la pintura, no requieren una resistencia determinada; la plasticidad juega en ellos un papel muy importante.

Propiedades que debe tener el mortero de cemento Portland.

Según el libro TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001, pág. 307) Son:

- Estado Plástico
- Estado Endurecido.

Propiedades en estado plástico.

Manejabilidad: Este estado es fundamental porque Según su uso, la mezcla debe tener una consistencia que le permita tener un comportamiento óptimo según su aplicación. Es decir, un estado dura (seca) o blanda (fluida).

Tabla 6 - Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructuras y condiciones de colocación

Consistencia	Fluidez%	Condiciones de colocación	Ejemplo de tipos de estructura	Ejemplo de tipos de colocación
Dura (seca)	80 - 100	secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimientos de tuneles, galerías, pantalla de cimentación, pisos.	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (Plástica)	100- 120	sin vibración	Pega de mampostería, Baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (Húmeda)	120 - 150	sin vibración	Pañetes rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

Fuente: La tabla 6 es la tabla 14.5 del libro (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001)

Propiedades en estado endurecido.

Es importante establecer el comportamiento del mortero cartón en su estado endurecimiento para poder cuantificar sus propiedades en cuanto: Retracción, Adherencia, Resistencia.

Retracción: Es de vital importancia contener la retracción que se produce en las mezclas generadas por las reacciones químicas causadas por la hidratación que hay en ella, en el proceso de fraguado ya que se pueden generar agrietamientos.

Según (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001, pág. 309) Define que las mezclas que contiene buena cantidad de arena solucionan el

problema que retracción, debido que forma un esqueleto que evita los cambios de volúmenes evitando el peligro de agrietamiento.

Considerando las especificaciones mencionadas, el Mortero cartón debe tener un comportamiento apropiado ante la retracción, esta será medida mediante observación, donde se podrá determinar si el material reciclado “cartón” tiene una buena estructuración interna que evite la retracción causado por el cambio térmico producido por el fraguado de la mezcla.



Ilustración 2 - Retracción de mortero

Fuente: Tomada de la web - <http://tolsaindustrial.com/>

Adherencia: Es fundamental porque es la capacidad que tiene el mortero en absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que une al mortero con la estructura. Esta capacidad de adherencia es importante porque de ella depende que el mortero pueda resistir pandeos, cargas transversales y excéntricas, dando resistencia a la estructura (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001, pág. 309).

Resistencia: Esta propiedad la debe adquirir el mortero una vez aplicada en obra, es de vital importancia ya que de ella dependerá que la estructura soporte fuerzas externas e internas que la afectan directamente. Para que el mortero tenga buenas características de resistencia e Impermeabilidad.

La mezcla entre Cemento + Arena Deberá contener la cantidad de agua adecuada que le permita alcanzar la resistencia mínima a la compresión.

La mezcla con una arena con granulometría fina requiere mayor agua que una arena con granulometría gruesa. Es así que el agua juega un papel importante en el diseño de mezcla.

Consideraciones: morteros secos dan más resistencia que morteros húmedos esto depende de la densidad del mortero. (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001, pág. 310).

Durabilidad: Está directamente relacionada con la resistencia que tiene el mortero ya que de ella depende el comportamiento que tiene ante factores externos como alta y bajas temperaturas, fuerzas de tracción y contracción, penetración del agua, retracción al secado, Etc. Que influyen en el desgaste del mortero, es decir un mortero con gran resistencia es un mortero con buena durabilidad. (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001, pág. 309).

Apariencia: La dosificación de un mortero cobra importancia a la hora de acabados, debido a que un mortero con una buena concentración y plasticidad da buenos acabados en mampostería a la vista y en general.

Los cementos producidos a partir de 1850 lo fueron con métodos modernos, moliendo la cal y la arcilla en un molino húmedo y calcinando la mezcla a temperaturas entre 1300° y 1500° C. La caliza se convierte así en cal viva, que se une químicamente con la arcilla formando un Clinker de cemento Portland. Después de volver a moler y calcinar, el Clinker blanco caliente se deja enfriar y se añade una pequeña cantidad de yeso para prolongar el tiempo de fraguado. (Álvarez Galindo, Martín Pérez, & García Casado, pág. 8).

Es así que el mortero durante toda la historia de la humanidad ha jugado un papel importante para su desarrollo en su entorno y en busca del mejoramiento de su calidad de vida, además de buscar alternativas que ayuden a mejorar el medio ambiente.

Tomando como referencia las reglamentaciones de la NSR-10. La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica “AIS” junto con el Fondo para la reconstrucción y desarrollo social del eje cafetero “FOREC”. Realizan el MANUAL DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO, manual que permite la construcción de casas de uno y dos pisos en bahareque. Suministrado la información necesaria a profesionales y a personas no expertas la construcción de casa individuales con la reglamentación mínima regida bajo la NSR-10 capítulo E-7 (Sismica Asociacion Colombiana de Ingenieria).

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

47

Las casas en bahareque son muy económicas, resistentes y fáciles de elaborar, la construcción en bahareque es uno de los sistemas que mejor se comporta ante movimientos sísmicos. entre los estudiados está el bahareque, sistema estructural autóctono que había tenido un buen comportamiento en el sismo. (jimenez, 2002).

Basados en las propiedades físicas y químicas y el comportamiento que tiene el mortero, las cuales son similares a las del concreto. (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001). Se desea elaborar un diseño de mezcla de mortero cartón que será utilizado como recubrimiento en los muros de las casas en bahareque encementado para mejorar su estética.

La investigación se centra en mejorar el aspecto de los muros a través del mortero cartón que será analizado mediante ensayos de laboratorios y así determinar si se puede utilizar como recubrimiento.

Utilizando cartón que será incorporado a la mezcla como un agregado.

Con el mejoramiento de los acabados del revestimiento en las casas en bahareque encementado se podría aumentar la demanda por la construcción de las mismas, ya que serían más económicas y. motivando su construcción.

Al incentivar la construcción de casas en bahareque encementado, gracias a su apariencia, se estaría contribuyendo a reducir los índices de déficit de vivienda. Considerando que los recursos económicos son unos de los factores influyentes que hacen que las personas no puedan elaborar

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

48

sus propias casas, se realizara el diseño de mezcla del mortero cartón con base a lo descrito en el libro Tecnología del concreto y del mortero, javeriana, universidad, 2001, (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001).

En donde se pretende cambiar la concentración de material agregado a la mezcla por material reciclado “Cartón” y realizar los ensayos de compresión y así poder determinar si la mezcla cumple o no cumple con las resistencias mínimas.

4.2 Marco legal

Procesos constructivos de Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica A.S.I, manual de construcción sismo resistente de casas de Bahareque Encementado. Basado en la norma NSR-10. Capitulo E-7.4.3 y E-7.4.5 Donde se establece las propiedades del mortero de casas en bahareque encementado, (Sismica Asociacion Colombiana de Ingenieria).

Tecnología del concreto y del mortero, javeriana, universidad, 2001, Guzmán, Sánchez, diego. (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001, pág. 303).

5 Metodología.

El mortero durante toda la historia de la humanidad ha desempeñado un papel muy importante para el desarrollo integral como ser humano, en busca de desarrollar su calidad de vida. Pese a que la investigación pretende ampliar los beneficios que se pueden lograr con el mortero y la adición de material reciclable.

Tomando como mención los estudios realizados por (Roger, y otros, 2013) quienes demuestran a través de experimentación, el buen comportamiento del concreto papel para la elaboración de paneles para la edificación de viviendas a partir de material reciclable. Con base a ese estudio, se desea verificar la dosificación apropiada para la producción de un mortero con material reciclable “CARTÓN” que sea resistente y duradero. El cual será utilizado como revestimiento de los muros de las casas en bahareque como recubrimiento, con el fin de darle una apariencia estética del recubrimiento de los muros de las casas.

5.1 Enfoque de la investigación

A partir de la necesidad de tener opciones útiles que faciliten el avance de la humanidad. El diseño de mezcla de mortero cartón tiene como fin ser utilizado para el mejoramiento de las paredes, especialmente en las fachadas de las casas en bahareque encementado.

La investigación sigue el alineamiento y el proceder lógico de todo proceso investigativo que le permite expresar, argumentar y explicar de manera objetiva su teoría, basado en métodos y

normas que validen los estudios realizados. Con el objeto de comprobar si este tipo de diseño con material reciclado puede ser empleado como recubrimiento.

5.2 Tipo de investigación

La búsqueda realizada es de clase mixta, ya que contiene los distintos procedimientos investigativos que a su vez argumentarían y dan solides al proceso realizado.

Clases de investigación son:

- Exploratorio ya que indaga como ampliar el conocimiento de los estudios realizados anteriormente. Uno de ello es el papercrete que mediante exploración se busca arreglar las propiedades que tiene, a través del diseño de mezcla.
- Histórico porque la investigación toma solides de análisis realizados y de textos que brindan la confiabilidad y valides para poder ejecutar las experimentaciones correspondientes que con lleven a una argumentación efectiva.
- Experimental, porque hay una relación clara entre la variable independiente que es el mortero Cartón con la variable dependiente casas en bahareque. A causa de que dependiendo del diseño de mezcla del mortero Cartón estará dada la apariencia, resistencia, durabilidad de la casa en bahareque encementado en sus muros. (Perez, y otros, pág. 14)
- Descriptivo porque denominan las características de los objetos que se emplean para la fundamentación del diseño de mezcla “materiales”. (tipos y enfoque de investigacion, s.f.).

- Cuantitativa porque permite que el análisis de la búsqueda con los datos numéricos permita fortalecer la investigación y demostrar si resuelven las preguntas de manera objetiva.
- Cualitativo porque permite la recopilación de datos a partir de forma descriptiva y observativa. (tipos y enfoque de investigación, s.f.)

5.3 Muestras

Para el crecimiento de la investigación, se ejecutará los ensayos de fluidez y resistencia a la compresión de morteros que serán desarrollados y evaluados en la Corporación Universitaria Minuto de Dios en la sede Girardot Cundinamarca siguiendo las normas técnicas que avalen los procedimientos para la toma de las muestras.

5.3.1 Muestra ensayo de fluidez.

Este procedimiento se desarrolla con el objetivo de medir la consistencia de la mezcla, en busca de garantizar que se alcance la fluidez calculada. Basados en la Norma ASTM C 305, ASTM C230, que establecen el procedimiento que se debe seguir para medirla.

5.3.2 Ensayo a la compresión.

Este procedimiento se desarrolla con el objetivo de medir la resistencia a la compresión que la mezcla puede alcanzar, basados en la Norma I.N.V.E 323, que establecen el procedimiento que se debe seguir para realizar los ensayos.

6 Procedimiento para el cálculo del diseño de mezcla del mortero cartón

Para dar inicio al diseño de mezcla de mortero cartón, en el mejoramiento del recubrimiento de casas en bahareque encementado acompañando la metodología contenida en el libro (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001, págs. 302-312) que indica las consideraciones y planteamiento que se deben tener en cuenta al momento de efectuar el cálculo de un diseño de mezcla de mortero, se inicia con los siguientes procedimientos

6.1 Diseño de mezcla del mortero tradicional.

Se desea diseñar un mortero cartón de consistencia plástica con una fluidez del 110 %, que tenga una resistencia a la compresión de 210 Kg/cm². Se utilizará arena de planta que contiene un módulo de finura de (3,0) con una densidad aparente seca (2,28) g/cm³. El cemento que se utilizara para el mortero contiene una densidad específica de (3.03) g/cc.

PASO 1

Determinación del tipo de Arena:

Dependiendo del mortero que se quiere elaborar se debe utilizara el tipo arena, esta condición se determina mediante el módulo de finura de la arena.

Para elaborar mortero con resistencia altas se debe utilizar arenas con módulo de finura alto y además que sean de depósitos sedimentario, ríos.

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

54

Morteros elaborados con arenas de módulo de finura baja, son más frágiles y porosos, además que se requiere mayor cantidad de agua.

Al utilizar módulos de finuras altos la cantidad de cemento a utilizar disminuye. (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001, pág. 311).

La arena que se utilizara para el diseño de mezcla del mortero es de la planta de materiales de arrastre ubicada en el municipio Flandes Tolima, arena que es traída del rio Coello Tolima.

Teniendo en cuenta si el módulo de finura de una arena es de 2.3 se trata de una arena fina; y si el módulo se encuentra entre 2.3 a 3.1 se trata de una arena mediana. Y si el módulo es mayor de 3.1 se trata de una arena gruesa.

Tabla 7 - Determinación del módulo de finura

Numero se malla	% Acumulado	% Que pasa
4	10	84,8
8	28,1	66,6
16	41,2	53,1
30	63,2	21,4
50	75,1	12,9
100	82,4	9,0

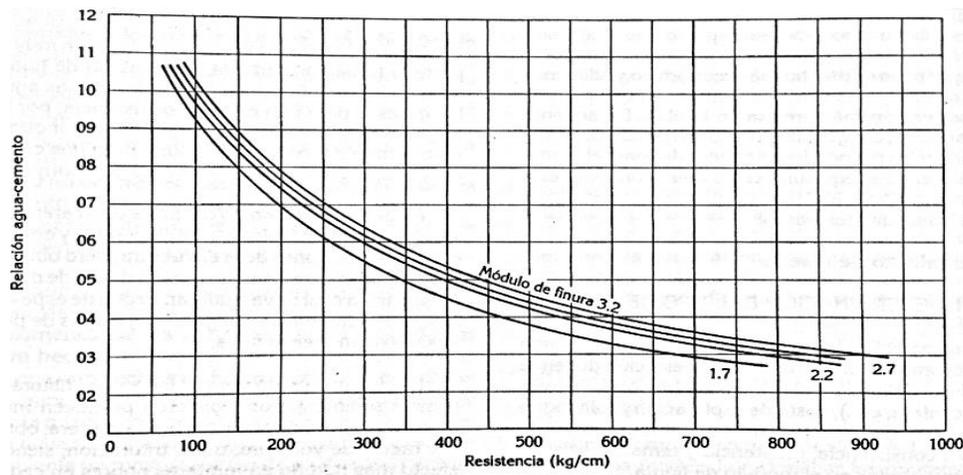
Fuente: fue suministrada por la planta Nautilia Flandes Tolima y elaborada por Sebastián Cruz, Pedro Miranda y Sofía Gutiérrez.

MODULO DE FINURA = $(10+28,1+41,6+63,2+75,1+82,4) / 100 = 300/100 = 3,0$ es una arena mediana

PASÓ 2

Determinación de la relación Agua- Cemento.

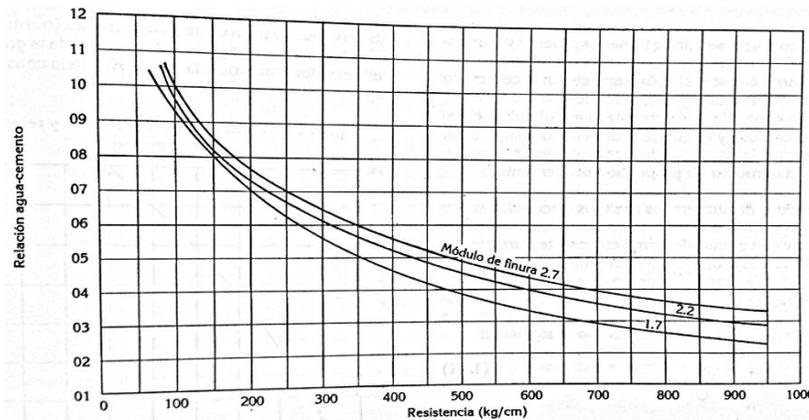
La relación del agua – cemento, no solo está directamente relacionada con la resistencia que se desea alcanzar. Entre otros factores como la adherencia, retracción, durabilidad y propiedades para el acabado, debido a que por la existencia de diferentes tipos de arenas y cemento se obtienen distintas resistencias con la misma relación agua - cemento. Teniendo en cuenta la gráfica 1 y 2 Se puede calcular la relación A/C



Grafica 1 - Valores de relación agua cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento portland tipo I y arena de forma redondeada y textura lisa

Fuente: Tomada Del Libro Tecnología De Concreto Y Mortero Autor Guzmán Sánchez

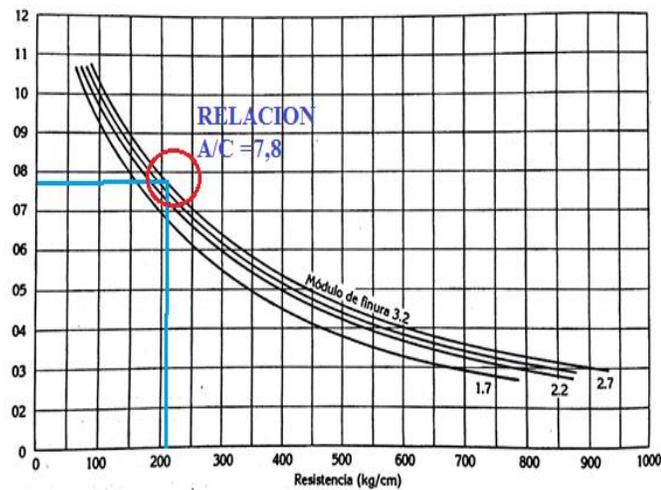
DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO



Grafica 2 - Correspondencia entre los valores de relación agua cemento y resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento portland tipo I y arena de forma angular textura rugosa

Fuente: Tomada Del Libro Tecnología De Concreto Y Mortero Autor Guzmán Sánchez

Teniendo en cuenta que la granulometría de la arena del diseño tiene un valor de 3,0, es opto por utilizar la gráfica 1 y hallar el valor de A/C



Grafica 3 - Relación A/C

Fuente: Tomada del libro tecnología de concreto y mortero autor Guzmán Sánchez y el valor identificado fue hallado por Sebastián Cruz Sofía Gutiérrez y Pedro Miranda

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

57

La relación que existe entre el módulo de finura (3,2) VS la resistencia a la comprensión de 210 Kg/cm². Se determina que contiene una relación de Agua – Cemento de (0.78g/cc).

PASO 3

Consistencia de la mezcla

Según el tipo de trabajo a utilizar, seleccione la consistencia de acuerdo con la Tabla 8. Esta es la tabla 14.5 del libro (GUZMAN, SANCHEZ, TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001, página 312). Esto indica que el mortero debe ser consistente según las actividades a realizar e indica la fluidez que debe poseerse cuando se aplica el mortero en el sitio de construcción.

Tabla 8 - Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructuras y condiciones de colocación

Consistencia	Fluidez%	Condiciones de colocación	Ejemplo de tipos de estructura	Ejemplo de tipos de colocación
Dura (seca)	80 - 100	secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimientos de tuneles, galerías, pantalla de cimentación, pisos.	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (Plástica)	100-120	sin vibración	Pega de mampostería, Baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (Húmeda)	120 - 150	sin vibración	Pañetes rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

Fuente: Tomada del libro tecnología de concreto y mortero Autor Guzmán Sánchez

La consistencia que debe tener el mortero papel según las consideraciones de la Seria:

- Teniendo en cuenta que el mortero que se desea diseñar es para recubrimiento de muros según su uso la consistencia que debe tener es Media Plástica, con una fluidez de 100- 120.

PASO 4

Valores que influyen en el contenido de Agua.

Para determinar la cantidad de agua en la mezcla, se debe tener en cuenta varios factores que determinan la consistencia y resistencia de la mezcla tales como:

- La cantidad de Cemento: Dependiendo del tipo y cantidad de cemento
- La cantidad de Arena: El tipo de arena es fundamental, ya que una arena fina consume mayor cantidad de cemento que una arena gruesa. Esto implica que las concentraciones de agua varié.

Se Especifica que no existe una forma exacta de determinar la cantidad de agua en la mezcla, la única forma es mediante ensayo y error. Esto incluye probar la proporción de la mezcla de pasta de cemento hasta obtener la proporción deseada. Este tipo de proceso es el más exitoso, ya que le permite realizar expresiones matemáticas para indicar la cantidad de agua en la mezcla diseñada. Después de la prueba, se puede determinar la ecuación de la relación agua-cemento para una mezcla dada. (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001, pág. 312).

Mediante la expresión matemática exponencial:

$$\frac{A}{C} = Ke^{bn}$$

Tabla 9 - Valores relación agua/ Cemento

VALORES	
A/C =	Es la relacion Agua - Cemento
n =	Es el numero de partes de Arena por una parte de cemento en peso
b =	Factor que relaciona la consistencia requerida. Cuando es : (seca, plastica, fuida)
e =	2,7183 Es la base de los logaritmos neperianos
K =	Es el valor de la relacion Agua-Cemento, en terminos de fluidez de la mezcla. Cuando n=0 no hay arena. Entoces K = A/C

Fuente: *Tomada Del Libro Tecnología De Concreto Y Mortero* Autor Guzmán Sánchez

Procedimiento para resolver la ecuación:

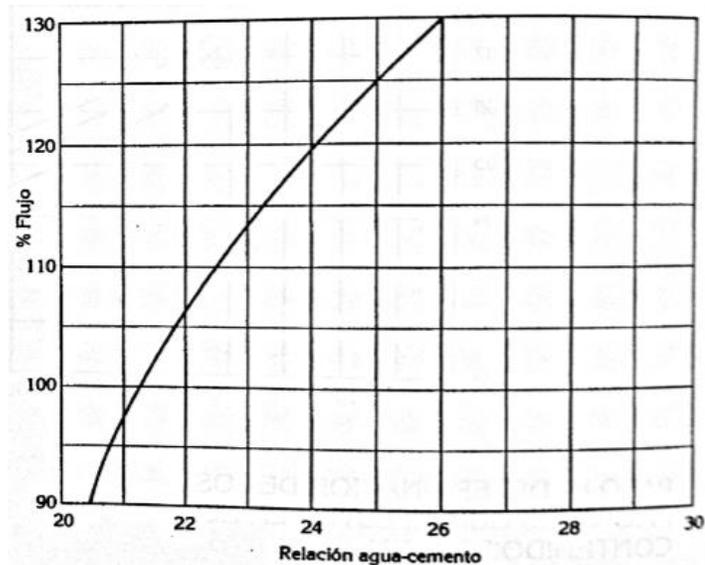
Teniendo en cuenta que si n = 0, significa que no se incluye la arena, y K = A / C

"relación agua-cemento" se incluye en el paso 1.

Para determinar el valor K, se deben preparar varias lechadas o mezclas de cemento utilizando diferentes concentraciones de agua para construir una gráfica del porcentaje de flujo y la relación agua-cemento.

Utilizando tablas de flujo. Cumplir con el procedimiento de mezcla de pasta de cemento (norma ASTM C-302) y ensayo de flujo (norma ASTM C-230).

Una vez realizada la gráfica se halla el valor de K, para consistencia que se quiere calcular. (GUZMAN,SANCHEZ , TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, 2001, pág. 314).



Gráfica 4 - Relación Entre % Fluidez y relación agua -Cemento

Fuente: Tomada del Libro Tecnología De Concreto Y Mortero Autor Guzmán Sánchez

Valor de K:

K = al valor de la relación del agua cemento.

Lo primero que debe hacer es calcular la cantidad de cemento que se utilizará para hacer la pasta de cemento, y luego calcular la cantidad de agua que se agregará a la mezcla a través del A / C. La prueba de fluidez se realiza en el caso de la pasta inicial y el contenido inicial de

agua, y luego se continúa utilizando más pastas de cemento con diferentes concentraciones de agua para obtener diferentes concentraciones de agua, con la misma cantidad de cemento.

$$K = \frac{A}{C}$$

7 DISEÑO DE MEZCLA DOSIFICACION MORTERO CARTON

Para realizar el diseño de mezcla de mortero Cartón en diferentes concentraciones, se toma como referencia el m³ de mortero tradicional calculado. Dado que el cartón es el material que se le adiciona a la mezcla como agregado, este será incorporado en diferentes porcentajes % con respecto a la arena. Es decir, la concentración de la arena será modificada en la mezcla por porcentajes de cartón.

En la mezcla la concentración de cemento será la misma para todos los diseños.

Solamente se realizará el cambio de la concentración de la arena en la siguiente manera:

- Mortero con 100 % Arena – 0 % Cartón.
- Mortero con 99 % Arena – 1 % Cartón
- Mortero con 97% Arena – 3 % Cartón.
- Mortero con 95% Arena – 5 % Cartón

Antes de proceder a dosificar un mortero se debe de conocer las propiedades de los materiales que se emplean en la construcción.

Materiales utilizados:

- Cemento: Las propiedades más relevantes del cemento son: la finura, la fluidez o consistencia normal, la densidad, la resistencia a la compresión, la expansión, los tiempos de fraguado y el fraguado rápido.
- Arena: Su uso frecuente será para la elaboración de mortero y concreto. Si la arena es fina, el uso más común es para los trabajos de albañilería y trabajos de mampostería. También se usa para mezclas asfálticas.
- Cartón: El cartón es un material que resulta de la superposición de capas de papel constituidas por fibra virgen o papel reciclado, Reciclable, Biodegradable, Sostenibilidad, ligereza y resistencia, versatilidad y ergonomía
- Agua: El agua tiene unas propiedades específicas como Polaridad, Calores específicos de vaporización y fusión, Cohesión y densidad
- Para conocer las proporciones de las mezclas se procede a realizar y preparar una primera mezcla de prueba teniendo como base unas proporciones iniciales.

MORTERO TIPO	R'm (MPa)
M	17,5
S	12,5
N	7,5

Tabla 10 - La resistencia mínima a la compresión de morteros realizada en cubos o cilindros

Fuente: Realizada por Sofía Gutiérrez,

7.1 Dosificación de la Mezcla

La dosificación que se trabajo fue 1.3 los cuales son morteros de alta resistencia y se deben de hacer con arena limpia.

7.2 Cantidad de cemento

Con la resistencia a la compresión de 210 kg/cm² y con un módulo de finura de la arena de 3.0 se obtiene:

$$\text{Cemento} = 454 \text{ kg por m}^3 \text{ de mortero}$$

7.3 Cantidad de agua

Para dar una resistencia máxima a los 28 días se encuentra:

La relación agua-cemento $A/C = 0.52$

Cantidad de agua =

$$A/C = 0.52$$

$$A = 0.52 * 484 = 251 \text{ Litros}$$

$$\text{Agua} = 251 \text{ litros por metros } 3$$

7.4 Contenido de arena

$$\text{Contenido de arena} = 1.10 \text{ m}^3 \text{ de mortero}$$

Al dosificar el mortero con la anterior proporción se deben de hacer sus respectivas correcciones por humedad de la arena en el momento de mezclado.

7.5 Cartón picado

Se realiza la dosificación para agregar cartón picado las cuales fueron 1%,3% y 5%

8 TOMA DE MUESTRAS

Para el ensayo de laboratorio de realizaron 3 muestras con diferente dosificación, para el cálculo de los materiales, se realizaron teniendo en cuenta los volúmenes de los recipientes de laboratorio.

$$V_c = 0.0031416 \text{ m}^3$$

CEMENTO	ARENA	AGUA
484 KG	1,10 m ³	251 LITROS

Tabla 11 - Dosificación

Fuente: Realizada por Sofía Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

8.1 Descripción del laboratorio de Fluidez

- Como parte preliminar se inicia con la organización de los elementos de laboratorio y materiales.
- Se realiza varios ensayos con la misma concentración de cemento con diferentes cantidades de agua en ml. para obtener diferentes % de fluidez K.

Las cantidades de materiales fueron calculados teniendo en cuenta el procedimiento que establece en el libro tecnología de concretos para diseños de morteros, pg. 312. Los ensayos de laboratorio se desarrollaron siguiendo la norma ASTM C 230, ASTM C305.

8.2 Descripción del laboratorio de Compresión y Fluidéz de mortero cartón en diferentes concentraciones

El laboratorio tiene como fin determinar la resistencia a compresión admisibles que debe tener un mortero que está entre (179 a 214 Kg/m²) y de fluidéz de (110%).

1. Como parte preliminar se inicia con el ensayo de fluidéz de cada muestra, con el objetivo de establecer la consistencia de la mezcla en un 110%. Siguiendo la norma ASTM C 230 que establece los procedimientos de medición que se debe tener mediante el ensayo de la mesa de flujo.
2. Una vez determinada la fluidéz de la mezcla al 110%, se procederá a la toma de la muestra de los cubos de 50 X 50 mm los cuales serán almacenados para su posterior curado. Para luego ser fallados y medir la resistencia que alcanzara a la compresión, siguiendo la norma ASTM C305, Norma INV E-323.
3. Los ensayos de laboratorio se realizaron en los laboratorio de la Universidad Minuto de Dios Regional Girardot, se utilizó la maquina Marshall para realizar las cargas verticales a compresión.

8.3 MUESTRA # 1 – Mortero Normal

Para este laboratorio se realizó con una mezcla de mortero tradicional y con estos datos poner realizar la comparación con datos arrojados por el mortero cartón

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

66

Dosificación:

Cemento_ 1.520 kg

Arena = 4,56 kg

Agua= 0,788 kg

8.3.1 Ensayo a compresión

RESISTENCIA A LA COMPRESION INVE 410							
MUESTRA	FECHA DE TOMA	FECHA DE FALLA	EDAD	ANCHO	ALTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESION MPA	RESISTENCIA A LA COMPRESION PSI
1	1/10/2020	7/10/2020	7 DIAS	100 mm	200 mm	13	1,885
1	1/10/2020	14/10/2020	14 DIAS	100 mm	200 mm	14	2,03
1	1/10/2020	28/10/2020	28 DIAS	100 mm	200 mm	14,9	2,1605

Tabla 12 - resistencia a la compresión INVE 410 - Muestra 1

Fuente: Realizada por Sofia Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

8.3.2 Ensayo a compresión en cubos

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS INVE 323							
MUESTRA	FECHA DE TOMA	FECHA DE FALLA	EDAD	ANCHO	ALTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESION MPA	RESISTENCIA A LA COMPRESION PSI
1	1/10/2020	7/10/2020	7 DIAS	50 mm	50 mm	13,5	1,9575
1	1/10/2020	14/10/2020	14 DIAS	50 mm	50 mm	14,2	2,059
1	1/10/2020	28/10/2020	28 DIAS	50 mm	50 mm	15,1	2,1895

Tabla 13 - Resistencia A La Compresión De Morteros INVE 323 - Muestra 1

Fuente: Realizada por Sofia Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

8.3.3 Ensayo de fluidez

LECTURA	DETERMINACION ENSAYO DE CAMPO		
D(i)	DIAMETRO PROMEDIO OPTENIDO (cm)	DIAMETRO INICIAL (cm)	FLUIDEZ %
21,1	21,1	10,16	107
21			
21,2			
21,1			

Tabla 14 - Determinación Ensayo De Campo - Muestra 1

Fuente: Realizada por Sofia Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

8.4 MUESTRA 2 – Mortero con 1% de Cartón

Dosificación:

Cemento= 1.520 kg

Arena = 4,56 kg

Agua= 0,788 kg

Cartón = 0,0608 kg

8.4.1 Ensayo a compresión

RESISTENCIA A LA COMPRESION INVE 410							
MUESTRA	FECHA DE TOMA	FECHA DE FALLA	EDAD	ANCHO	ALTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESION MPA	RESISTENCIA A LA COMPRESION PSI
2	1/10/2020	7/10/2020	7 DIAS	100 mm	200 mm	10,5	1,5225
2	1/10/2020	14/10/2020	14 DIAS	100 mm	200 mm	11	1,595
2	1/10/2020	28/10/2020	28 DIAS	100 mm	200 mm	11,5	1,6675

Tabla 15 - Resistencia a La Compresión INVE 410 - Muestra 2

Fuente: Realizada por Sofía Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

8.4.2 Ensayo a compresión en cubos

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS INVE 323							
MUESTRA	FECHA DE TOMA	FECHA DE FALLA	EDAD	ANCHO	ALTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESION MPA	RESISTENCIA A LA COMPRESION PSI
2	1/10/2020	7/10/2020	7 DIAS	50 mm	50 mm	9,7	1,4065
2	1/10/2020	14/10/2020	14 DIAS	50 mm	50 mm	10,3	1,4935
2	1/10/2020	28/10/2020	28 DIAS	50 mm	50 mm	11,4	1,653

Tabla 16 - Resistencia a La Compresión De Morteros INVE 323 - Muestra 2

Fuente: Realizada por Sofía Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

8.4.3 Ensayo de **fluidez**

LECTURA	DETERMINACION ENSAYO DE CAMPO		
D(i)	DIAMETRO PROMEDIO OPTENIDO (cm)	DIAMETRO INICIAL (cm)	FLUIDEZ %
20,7	20,52	10,16	102
20,8			
20,3			
20,5			

Tabla 17 - Determinación Ensayo De Campo - Muestra 2

Fuente: Realizada por Sofia Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

8.5 MUESTRA 3 - Mortero con 3% de cartón

Dosificación:

Cemento= 1.520 kg

Arena = 4,56 kg

Agua= 0,788 kg

Cartón = 0,1824 kg

8.5.1 Ensayo a compresión

RESISTENCIA A LA COMPRESION INVE 410							
MUESTRA	FECHA DE TOMA	FECHA DE FALLA	EDAD	ANCHO	ALTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESION MPA	RESISTENCIA A LA COMPRESION PSI
3	1/10/2020	7/10/2020	7 DIAS	100 mm	200 mm	7,3	1,0585
3	1/10/2020	14/10/2020	14 DIAS	100 mm	200 mm	7,8	1,131
3	1/10/2020	28/10/2020	28 DIAS	100 mm	200 mm	8,2	1,189

Tabla 18 - Resistencia a La Compresión INVE 410 - Muestra 3

Fuente: Realizada por Sofía Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

8.5.2 Ensayo a compresión en cubos

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS INVE 323							
MUESTRA	FECHA DE TOMA	FECHA DE FALLA	EDAD	ANCHO	ALTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESION MPA	RESISTENCIA A LA COMPRESION PSI
3	1/10/2020	7/10/2020	7 DIAS	50 mm	50 mm	6,8	0,986
3	1/10/2020	14/10/2020	14 DIAS	50 mm	50 mm	7,5	1,0875
3	1/10/2020	28/10/2020	28 DIAS	50 mm	50 mm	8,6	1,247

Tabla 19 - Resistencia a la compresión de morteros INVE 323 - Muestra 3

Fuente: Realizada por Sofía Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

8.5.3 Ensayo de fluidez

LECTURA	DETERMINACION ENSAYO DE CAMPO		
D(i)	DIAMETRO PROMEDIO OPTENIDO (cm)	DIAMETRO INICIAL (cm)	FLUIDEZ %
19	19,45	10,16	91
19,6			
19,5			
19,7			

Tabla 20 . Determinación ensayo de campo - Muestra 3

Fuente: Realizada por Sofía Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

8.6 MUESTRA 4 - Mortero con 5 % de cartón

Cemento= 1.520 kg

Arena = 4,56 kg

Agua= 0,788 kg

Cartón = 0,304 kg

8.6.1 Ensayo a compresión

RESISTENCIA A LA COMPRESION INVE 410							
MUESTRA	FECHA DE TOMA	FECHA DE FALLA	EDAD	ANCHO	ALTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESION MPA	RESISTENCIA A LA COMPRESION PSI
4	1/10/2020	7/10/2020	7 DIAS	100 mm	200 mm	4,2	0,609
4	1/10/2020	14/10/2020	14 DIAS	100 mm	200 mm	4,8	0,696
4	1/10/2020	28/14/2020	28 DIAS	100 mm	200 mm	5,3	0,7685

Tabla 21 - RESISTENCIA A LA COMPRESION INVE 410 - Muestra 4

Fuente: Realizada por Sofía Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

8.6.2 Ensayo a compresión en cubos

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MORTEROS INVE 323							
MUESTRA	FECHA DE TOMA	FECHA DE FALLA	EDAD	ANCHO	ALTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESION MPA	RESISTENCIA A LA COMPRESION PSI
4	1/10/2020	7/10/2020	7 DIAS	50 mm	50 mm	3,4	0,493
4	1/10/2020	14/10/2020	14 DIAS	50 mm	50 mm	4,1	0,5945
4	1/10/2020	28/10/2020	28 DIAS	50 mm	50 mm	5,1	0,7395

Tabla 22 - Resistencia a La Compresión De Morteros INVE 323 - Muestra 4

Fuente: Realizada por Sofía Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

8.6.3 Ensayo de fluidez

LECTURA	DETERMINACION ENSAYO DE CAMPO		
D(i)	DIAMETRO PROMEDIO OPTENIDO (cm)	DIAMETRO INICIAL (cm)	FLUIDEZ %
18	17,8	10,16	75
17,8			
17,8			
17,6			

Tabla 23 - DETERMINACION ENSAYO DE CAMPO - Muestra 4

Fuente: Realizada por Sofia Gutiérrez, Pedro Miranda y Sebastián Cruz

9 Análisis Resultado de Fluidez de Pasta de Cemento

Después de conocer los resultados obtenidos en el laboratorio podemos evidenciar que:

- En la primera pasta de cemento con 100 % arena y 788 ml de agua. Alcanzo una fluidez de 107%.
- En la segunda pasta de cemento con 99 % arena, 1% de cartón y 788 ml de agua. Alcanzo una fluidez de 102%.

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

74

- En la tercera pasta de cemento con 97 % arena, 3 % de cartón y 788 ml de agua Alcanzo una fluidez de 91%.
- En la cuarta pasta de cemento con 95 % arena, 5% de cartón y 788 ml de agua Alcanzo una fluidez de 75%.

10 Conclusiones

Con los resultados obtenidos en laboratorio por los ensayos de Compresión y Fluidez podemos determinar que los diseños de mezcla de mortero cartón, no cumplen con las resistencias compresión de 179 - 214 Kg/m² y fluidez de 110% que se requieren, ningunos de los ensayos alcanzo la fluidez que se necesita, esto debido a la cantidad de cartón presente en la mezcla, el analizar evidenciamos que el cartón deja vacíos al mezcla y hace que no halla unificación entre los materiales, también se observó que el cartón es un material muy absorbente, reteniendo agua directamente afecta la mezcla y hace que no se produzca plasticidad en ella, saturando la mezcla en un estado semisólido que no permite alcanzar la fluidez requerida de 110%.

En los ensayos de laboratorio se pueden evidenciar que el mortero tradicional cumple su resistencia y fluidez, pero a medida que diseñando la mezcla con cartón como agregado, va pierde resistencia y su fluidez, al analizar las caras de los cubos de las muestras del mortero cartón en su proceso de fraguado, se aprecia de que sufren agrietamientos y descascaramineto, se logra deducir que el mortero no tiene buen comportamiento ante la retracción ya que ante los ensayos de laboratorio a compresión los cubos no mantienen sus formas y no cumple con la resistencia deseada.

Teniendo en cuenta las observaciones realizadas de los diferentes prototipos de mezclas de mortero cartón, se concluye que el diseño de mezcla de mortero cartón, no cumple con la resistencia y fluidez mínima permitida, por otro lado, no aconsejable utilizarlo como recubriendo en la casa de bahareque encementado, esto debido a que la concentración de cartón absorbería gran cantidad de agua en el invierno, que serían causante de daños y deformación del revestimiento de los muros.

Para los ensayos de laboratorio se aplicaron las normas descritas para cada proceso, dejando en claro que la parte legal es fundamental dentro de nuestra profesión.

11 Referencias

- Álvarez Galindo, J. I., Martín Pérez, A., & García Casado, P. (s.f.). *HISTORIA DE LOS MORTEROS*. Recuperado el 10 de 06 de 2014 , de HISTORIA DE LOS MORTEROS: file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/263-263-1-PB.pdf
- 360 en concreto. (2020). Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/proteccion-y-curado-del-concreto>
- GUZMAN,SANCHEZ , D. (2001). TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO. En U. JAVERIANA, *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO* (pág. 308). BOGOTA: BIBLIOTECA DE LA CONSTRUCCION.
- GUZMAN,SANCHEZ , D. (2001). TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO. En U. JAVERIANA, *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO* (pág. 314). BOGOTA: BIBLIOTECA DE LA CONSTRUCCION.
- HERNANDEZ, L. (20 de Noviembre de 2011). Obtenido de <http://decechosdecarton2011.blogspot.com.co/>
- jimenez, j. o. (2002). *El bahareque encementado - SEDE MANIZALES*. Obtenido de El bahareque encementado - SEDE MANIZALES: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/Lecciones/Capitulo%203/BAHAREQUE%20ENCEMENTADO.HTM>
- Perez, W., Larrazabal, I., Rojas, J., Vega, J., Linare, J., Epieyu, V., . . . Urdaneta, A. (s.f.). *Reutilizacion de Botellas Plasticas Para la fabricacion de Bloque Ecologicos*. Recuperado el 23 de 01 de 2015, de Reutilizacion de Botellas Plasticas Para la

fabricacion de Bloque Ecologicos.: <http://es.slideshare.net/tammyurbe/2-a-3-cieb-reutilizacion-de-botellas-plasticas-para-la-fabricacion-de?related=1>

Roger, Y., Sanchez, K., Romero, J., Medina, J., Nava, J., Mendoza, L., . . . Robayo, E. (09 de mayo de 2013). *fabricacion de paneles a partir de materiales reciclables (plastico,papel,carton) y concreto para la construccion de viviendas*. Recuperado el 04 de 10 de 2014, de fabricacion de paneles a partir de materiales reciclables (plastico,papel,carton) y concreto para la construccion de viviendas: http://es.slideshare.net/linayri_gabriela/tesis-21629776

ruiz, e. m. (01 de noviembre de 2011). Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos89/contaminacion-ambiental-quema-basura/contaminacion-ambiental-quema-basura.shtml>

Sismica Asociacion Colombiana de Ingenieria, A. (s.f.). *MANUAL DE CONSTRUCCION,EVALUACION Y REHABILITACION SISMORESISTENTE DE VIVIENDA DE MAMPOSTERIA*. Recuperado el 10 de 08 de 2014, de CONSTRUCCION,EVALUACION Y REHABILITACION SISMORESISTENTE DE VIVIENDA DE MAMPOSTERIA: http://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersrv/mamposteria_lared.pdf

tipos y enfoque de investigacion, M. (s.f.). *Metodo,tipos y enfoque de investigacion*. Recuperado el 15 de 09 de 2014, de Metodo,tipos y enfoque de investigacion: <http://sanjahingu.blogspot.com.co/>

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL
RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

78

UNAD, U. (18 de ENERO de 2016). Obtenido de

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102803/MODULO_ACADEMICO/leccin_12_acabados_muros_techos_y_pisos.html

WIKIPEDIA. (07 de NOVIEMBRE de 2016). *Bahareque*. Obtenido de Bahareque:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Bahareque>

12 Anexos



Anexo 1 – Fotografías Cartón picado en bascula

Fuente: *Tomada en el laboratorio por Sofia Gutiérrez*



Anexo 2 – Fotografía Cemento portland en bascula

Fuente: *Tomada en el laboratorio por Sofia Gutiérrez*



Anexo 3 – Fotografía Arena en bascula

Fuente: Tomada en el laboratorio por Sofia Gutiérrez



Anexo 4 – Fotografía Mezcla de materiales sin agua

Fuente: Tomada en el laboratorio por Johan Cruz

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

81



Anexo 5 – Fotografía Mezcla mortero cartón

Fuente: *Tomada en el laboratorio por Johan Cruz*



Anexo 6 – fotografía Desencofrado de Cilindros

Fuente: *Tomada en el laboratorio por Pedro Miranda*



Anexo 7 – Fotografía Cilindros para fraguado

Fuente: Tomada en el laboratorio por Pedro Miranda



Anexo 8 – Fotografía 1 Falla de Cilindro

Fuente: Tomada en el laboratorio por Pedro Miranda



Anexo 9 – Fotografía 2 Falla de Cilindro

Fuente: Tomada en el laboratorio por Pedro Miranda

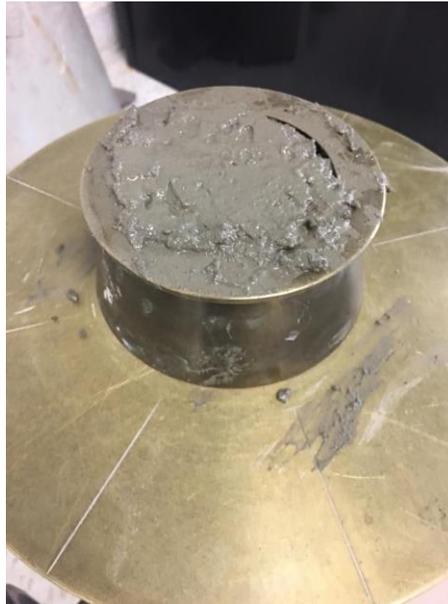


Anexo 10 – Fotografía 3 Falla de Cilindro

Fuente: Tomada en el laboratorio por Pedro Miranda

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

84



Anexo 11 – Fotografía Laboratorio de Fluides 1

Fuente: *Tomada en el laboratorio por Sofia Gutiérrez*



Anexo 12 – Fotografía 2 - Laboratorio de Fluides 2

Fuente: *Tomada en el laboratorio por Sofia Gutiérrez*

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

85



Anexo 13 - Fotografía 3 Laboratorio de Fluides

Fuente: *Tomada en el laboratorio por Sofia Gutiérrez*



Anexo 14 - Fotografía Elaboración de Cubos

Fuente: *Tomada en el laboratorio por Sebastián Cruz*



Anexo 15 - Fotografía Desencofrado de Cubos

Fuente: *Tomada en el laboratorio por Sebastián Cruz*

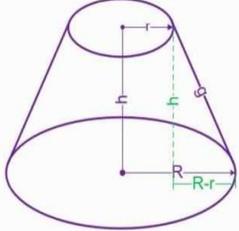


Anexo 16 - Fotografía Falla de Cubo

Fuente: *Tomada en el laboratorio por Sebastián Cruz*

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO CARTON PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CASAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

Teoría de Área & Volumen (Cono Trunco)



Área de Cono Truncado

$$A_{Total} = \pi[g(R + r) + R^2 + r^2]$$

$$A_{Lateral} = \pi(R + r)g$$

$$g^2 = h^2 + (R - r)^2$$

$$g = \sqrt{h^2 + (R - r)^2}$$

Volumen de Cono Truncado

$$V = \frac{1}{3}\pi h(R^2 + r^2 + Rr)$$

CUBOS	PARA EL LABORATORIO SE UTILIZARAN 3 CUBOS DE 50 X 50		
DIMENSIONES	H	5	cm
	B	5	cm
	h	5	cm
Area	B x B	25	
Area	(B X H)	25	cm ²
Volumen CUBOS	A X h	125	cm ³
		0,00012500	m ³



Anexo 17 - Volumen Cubo y Cilindro

Fuente: *Elaborado por Sofía Gutiérrez*