



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS
DE REVESTIMIENTOS CON MORTEROS MONOCAPA CON ADITIVOS PARA RETENCIÓN
DE HUMEDAD**

German Juan José Choc Pacheco

Asesorado por el Ing. German Oswaldo Choc Gonzales

Guatemala, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS
DE REVESTIMIENTOS CON MORTEROS MONOCAPA CON ADITIVOS PARA RETENCIÓN
DE HUMEDAD**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GERMAN JUAN JOSÉ CHOC PACHECO

ASESORADO POR EL ING. GERMAN OSWALDO CHOC GONZALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Luis Diego Aguilar Ralón |
| VOCAL V | Br. Christian Daniel Estrada Santizo |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|---------------------------------------|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADOR | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| EXAMINADOR | Ing. Darío Francisco Lucas Mazariegos |
| EXAMINADORA | Inga. Karla Giovanna Pérez Loarca |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magali Herrera López |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS
DE REVESTIMIENTOS CON MORTEROS MONOCAPA CON ADITIVOS PARA RETENCIÓN
DE HUMEDAD**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 26 de septiembre de 2017.



German Juan José Choc Pacheco

Guatemala 02 de septiembre del 2019

Ingeniero

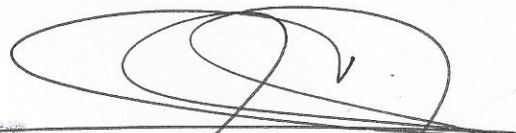
Jefe de área de Materiales de Construcción y obras civiles.

Estimado Ingeniero:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **“DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE REVESTIMIENTOS CON MORTEROS MONOCAPA CON ADITIVOS PARA RETENCIÓN DE HUMEDAD”**, desarrollado por el estudiante universitario German Juan José Choc Pacheco, quien conto con mi asesoría.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante German Juan José Choc Pacheco, satisface los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,



Ing. German Oswaldo Choc Gonzalez

Ingeniero civil. Colégialo No. 3184

Director de Constructora del Atlantico y

Construadhesivos técnicos.



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
 05 de septiembre de 2019

Ingeniero
 Pedro Antonio Aguilar Polanco
 Director Escuela Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Aguilar.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE REVESTIMIENTOS CON MORTEROS MONOCAPA CON ADITIVOS PARA RETENCIÓN DE HUMEDAD** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil German Juan José Choc Pacheco, CUI 2116362740101 y No. De Registro Estudiantil 201046951 quien contó con la asesoría del Ing. German Oswaldo Choc Gonzalez.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑANZA TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

Ing. Civil Wuillian Ricardo Yon-Chavarría
 Coordinador del Área de Materiales y
 Construcciones Civiles

/mrrm.





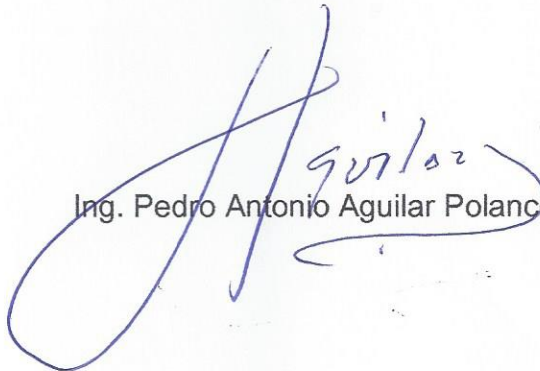
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. German Oswaldo Choc Gonzales y Coordinador del Departamento de Materiales y Construcciones Civiles Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría, al trabajo de graduación del estudiante Juan José Choc Pacheco **DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE REVESTIMIENTOS CON MORTEROS MONOCAPA CON ADITIVOS PARA RETENCIÓN DE HUMEDAD** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, octubre 2019

/mmm.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.424.2019

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE REVESTIMIENTOS CON MORTEROS MONOCAPA CON ADITIVOS PARA RETENCIÓN DE HUMEDAD**, presentado por el estudiante universitario: **German Juan José Choc Pacheco**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, Octubre de 2019

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|-----------------------|---|
| Dios | Por ser una importante influencia en mi carrera y por guiarme en mi camino. |
| Mis padres | German Choc y Olga Pacheco, por su amor, apoyo, esfuerzo, porque sin ellos no hubiera alcanzado mis metas. |
| Mis hermanos | Por ser la inspiración importante en mi vida. |
| Mi novia | Mónica Ventura, por su amor y comprensión y por ser una importante influencia en mi carrera y siempre estar a mi lado. |
| Mis sobrinos | Por ser mi fuente de inspiración. |
| Mis amigos | Lorena Herrera, Gabriela Sican, Héctor Andrés, Melody Chang y Jeyling del Águila, por estar conmigo siempre durante toda la vida. |
| Mis profesores | Por siempre dar lo mejor de sí mismos. |

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|---|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser una importante influencia en mi carrera, y darme la oportunidad de ser profesional. |
| Facultad de Ingeniería | Por darme un lugar digno donde prepararme académicamente. |
| Mis amigos de la facultad | Kevin Orozco, Stephanie Molina y Wilfredo Prisciliano, por nunca darnos por vencidos y trabajar juntos siempre. |
| Mis amigos de infancia | Sebastián Ortiz, Jorge Silva, Angélica Asturias y Carlos Dávila, por su valiosa amistad. |
| Mis amigos del campamento | Por tener siempre una linda amistad. |
| Centro de Investigaciones de la facultad de ingeniería | Por su apoyo y colaboración. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | VII |
| LISTA DE SÍMBOLOS | IX |
| GLOSARIO | XI |
| RESUMEN..... | XIII |
| OBJETIVOS..... | XV |
| JUSTIFICACION..... | XVII |
| INTRODUCCIÓN | XIX |
| | |
| 1. GENERALIDADES..... | 1 |
| | |
| 2. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA..... | 5 |
| 2.1. Block de concreto | 5 |
| 2.2. Clasificación designación y uso..... | 5 |
| 2.3. Ladrillos de barro cocido..... | 6 |
| 2.3.1. Usos | 9 |
| 2.4. Propiedades mecánicas para ladrillos de barro cocido..... | 9 |
| 2.4.1. Resistencia a compresión..... | 10 |
| 2.4.2. Módulo de elasticidad | 10 |
| 2.4.3. Resistencia a cortante | 11 |
| 2.4.4. Permeabilidad..... | 12 |
| 2.4.5. Absorción..... | 12 |
| 2.5. Cambios de resistencia debido a la saturación | 13 |
| 2.5.1. Problemas debido a la absorción..... | 13 |
| 2.5.1.1. Problemas de salud..... | 13 |

| | | | |
|------|----------|--|----|
| | 2.5.1.2. | Problemas estéticos | 14 |
| | 2.5.1.3. | Problemas estructurales..... | 15 |
| 2.6. | | Normas aplicables para unidades de mampostería | 15 |
| 3. | | MORTEROS | 17 |
| 3.1. | | Historia | 17 |
| 3.2. | | Definición de morteros | 18 |
| 3.3. | | Clasificación de los morteros monocapa..... | 18 |
| | 3.3.1. | Mortero de cemento hidráulico | 18 |
| | 3.3.2. | Mortero de cal | 19 |
| | 3.3.3. | Morteros de cal y cemento hidráulico | 19 |
| 3.4. | | Composición de morteros monocapa..... | 20 |
| | 3.4.1. | Aditivos..... | 20 |
| | 3.4.2. | Hidrofugante..... | 21 |
| | 3.4.3. | Polvo de mármol | 22 |
| | 3.4.4. | Cemento..... | 23 |
| | 3.4.5. | Cemento Portland | 23 |
| | 3.4.6. | Cal..... | 24 |
| 3.5. | | Procesos de fabricación | 25 |
| | 3.5.1. | Calculo de volumen | 25 |
| | 3.5.2. | Proceso de mezclado | 26 |
| | 3.5.3. | Utilización | 26 |
| | 3.5.4. | Control de calidad durante la aplicación..... | 26 |
| | 3.5.5. | Cuidados a considerar | 27 |
| 3.6. | | Soportes para morteros monocapa..... | 27 |
| | 3.6.1. | Soportes admitidos..... | 27 |
| | 3.6.2. | Soportes no admitidos..... | 27 |
| | 3.6.3. | Cualidades del soporte..... | 28 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4. | ENSAYOS DE LABORATORIO | 31 |
| 4.1. | Condiciones de laboratorio | 31 |
| 4.2. | Aseguramiento | 31 |
| 4.3. | Sistema de medida..... | 31 |
| 4.4. | Ensayos para agregado grueso..... | 32 |
| 4.5. | % de absorción..... | 32 |
| 4.6. | Análisis granulométrico..... | 32 |
| 4.7. | Porcentaje de materia orgánica..... | 33 |
| 4.8. | Flujo y trabajabilidad..... | 33 |
| 4.9. | Temperatura | 34 |
| 4.10. | Retención de agua | 34 |
| 4.11. | Contenido de aire | 35 |
| 4.12. | Resistencia a la penetración..... | 35 |
| 4.13. | Resistencia a la compresión..... | 35 |
| 5. | PRUEBAS QUE SE REALIZAN EN CAMPO | 37 |
| 5.1. | Pruebas para morteros monocapa gris | 37 |
| 5.2. | Pruebas para morteros monocapa blanco..... | 37 |
| 5.3. | Determinación de la absorción | 37 |
| 6. | DESARROLLO EXPERIMENTAL. | 39 |
| 6.1. | Diseño experimental..... | 39 |
| 6.2. | Materiales utilizados | 39 |
| 6.3. | Equipo utilizado | 40 |
| 6.3.1. | Ensayos para agregado grueso..... | 41 |
| 6.3.2. | Peso específico y % de absorción | 41 |
| 6.3.3. | Análisis granulométrico..... | 42 |
| 6.3.4. | Porcentaje de materia orgánica | 43 |
| 6.3.5. | Flujo y trabajabilidad..... | 44 |

| | | |
|----------|--|----|
| 6.3.6. | Temperatura..... | 46 |
| 6.3.7. | Retención de agua | 47 |
| 6.3.8. | Contenido de aire | 48 |
| 6.3.9. | Resistencia a la penetración | 49 |
| 6.3.10. | Resistencia a la compresión..... | 50 |
| 6.4. | Proporciones evaluadas..... | 52 |
| 6.4.1. | Mortero tipo A..... | 52 |
| 6.4.2. | Mortero tipo B..... | 53 |
| 6.4.3. | Datos obtenidos | 53 |
| 6.5. | Mortero tipo A..... | 54 |
| 6.5.1. | Proporciones para una bolsa de 100 Lb cernido tipo A | 54 |
| 6.5.2. | Granulometría mortero tipo A..... | 55 |
| 6.6. | Mortero tipo B..... | 56 |
| 6.6.1. | Proporciones para una bolsa de 100 Lbs de mortero tipo B..... | 56 |
| 6.6.2. | Granulometría mortero tipo B..... | 57 |
| 6.7. | Mortero ya preparado..... | 58 |
| 6.7.1. | Mortero tipo A..... | 58 |
| 6.7.1.1. | Temperatura..... | 58 |
| 6.7.1.2. | Retención de agua | 58 |
| 6.7.1.3. | Flujo y trabajabilidad | 58 |
| 6.7.1.4. | Resistencia a la penetración | 59 |
| 6.7.1.5. | Compresión para cubos de morteros ... | 59 |
| 6.7.2. | Mortero tipo B..... | 63 |
| 6.7.2.1. | Temperatura..... | 63 |
| 6.7.2.2. | Retención de agua | 63 |
| 6.7.2.3. | Flujo y trabajabilidad | 63 |
| 6.7.2.4. | Resistencia a la penetración | 64 |

| | | | |
|------|----------|--|----|
| | 6.7.2.5. | Compresión | 64 |
| 6.8. | | Resultados obtenidos en campo | 68 |
| | 6.8.1. | Mortero tipo B | 68 |
| | | 6.8.1.1. Manejabilidad para cernido tipo B..... | 68 |
| | | 6.8.1.2. Tiempo de secado para cernido tipo B | 68 |
| | | 6.8.1.3. Tiempo de aplicación para cernido tipo B | 69 |
| | 6.8.2. | Mortero tipo A | 69 |
| | | 6.8.2.1. Manejabilidad para cernido tipo A..... | 69 |
| | | 6.8.2.2. Tiempo de secado para cernido tipo A | 70 |
| | | 6.8.2.3. Tiempo de aplicación para cernido tipo A | 71 |
| 7. | | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 73 |
| | 7.1. | Morteros | 73 |
| | 7.2. | Materiales | 73 |
| | | 7.2.1. Cementos | 73 |
| | | 7.2.2. Polvo de mármol..... | 74 |
| | 7.3. | Características físicas y propiedades mecánicas | 74 |
| | | 7.3.1. Resistencia a compresión..... | 74 |
| | | 7.3.2. Módulo de finura | 75 |
| | | 7.3.3. Tiempos de fraguado | 75 |
| | | 7.3.4. Consistencia normal | 75 |
| | | 7.3.5. Trabajabilidad | 75 |
| | | 7.3.6. Retención de agua..... | 76 |
| | | 7.3.7. Resistencia a la compresión | 76 |

CONCLUSIONES..... 77
RECOMENDACIONES 79
BIBLIOGRAFÍA..... 81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Peso específico y % de absorción | 42 |
| 2. | Análisis granulométrico | 43 |
| 3. | Colorímetro | 44 |
| 4. | Ensayo de flujo y trabajabilidad..... | 46 |
| 5. | Ensayo de temperatura | 47 |
| 6. | Ensayo de retención de agua..... | 48 |
| 7. | Ensayo de velocidad de endurecimiento por el método de Resistencia a la penetración | 50 |
| 8. | Ensayo de compresión..... | 52 |
| 9. | Tamaño en milímetros que pasan por los tamices del 3/8 al 100 para agregado fino del mortero A..... | 55 |
| 10. | Análisis completo para agregado fino mortero B..... | 57 |

TABLAS

| | | |
|------|---|----|
| I. | Proporciones (1:4.5) para cernido tipo A..... | 53 |
| II. | Proporciones (1:4.5) para cernido tipo B..... | 53 |
| III. | Proporciones cernido tipo A | 54 |
| IV. | Cantidad de materiales para la elaboración de una bolsa de 100lb de mortero A | 54 |
| V. | Tamaño en milímetros que pasan por los tamices del 3/8 al 100 para agregado fino del mortero A..... | 55 |
| VI. | Proporciones cernido tipo B | 56 |

| | | |
|--------|--|----|
| VII. | Cantidad de materiales para la elaboración de una bolsa de 100lb de mortero B | 56 |
| VIII. | Tamaño en milímetros que pasan por los tamices del 3/8 al 100 para agregado fino del mortero B | 57 |
| IX. | Tiempo de fraguado para mortero tipo A | 59 |
| X. | Datos de laboratorio de cubos a compresión mortero tipo A | 59 |
| XI. | Cálculo de Área en centímetros cuadrados | 60 |
| XII. | Cálculo de esfuerzo | 61 |
| XIII. | Cálculo de esfuerzo en mega pascales | 61 |
| XIV. | Cálculo de esfuerzo en PSI | 62 |
| XV. | Resumen de resultados mortero tipo A..... | 62 |
| XVI. | Tiempo de fraguado para mortero tipo B | 64 |
| XVII. | Datos de laboratorio de cubos a compresión mortero tipo B | 64 |
| XVIII. | Cálculo de área..... | 65 |
| XIX. | Cálculo de esfuerzo | 66 |
| XX. | Cálculo de esfuerzo en Mpa | 66 |
| XXI. | Esfuerzo en a PSI | 67 |
| XXII. | Resumen de resultado mortero tipo B | 67 |
| XXIII. | Manejabilidad respecto al tiempo mortero tipo B | 68 |
| XXIV. | Secado respecto al tiempo mortero tipo B | 69 |
| XXV. | Manejabilidad respecto al tiempo mortero tipo A | 70 |
| XXVI. | Secado respecto al tiempo mortero tipo A | 70 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|---------------------------------------|
| A | Área |
| σ | Esfuerzo |
| F | Fuerza |
| Kg | Kilogramo |
| Kgf | Kilogramo - fuerza |
| Lb | Libra |
| Lbf | Libra - fuerza |
| MPA | Mega pascales |
| Min | Minutos |
| % | Porcentaje |
| Q | Quetzal (moneda guatemalteca) |
| f'c | Resistencia a compresión del concreto |
| PSI | Unidad de presión |

GLOSARIO

| | |
|---------------------|---|
| Adherencia | Adhesión y enlace entre los morteros de pega y de Inyección con las unidades de mampostería, el refuerzo y los conectores. Es un indicativo de la capacidad de los morteros para atender esfuerzos normales y tangenciales a las superficies con las cuales se une. |
| Agregados | Es el material inerte que, unido con un aglomerante en una masa conglomerada, forma concreto o mortero. Estos se dividen según su tamaño en finos y gruesos, el límite es el tamiz de 4,75 mm de abertura. |
| ASTM | Siglas en inglés que corresponden a la <i>American society for testing and materials</i> , Sociedad Americana para Ensayos y Materiales. |
| Carga máxima | Es la carga máxima a compresión que resiste una unidad o espécimen individualmente. |
| COGUANOR | Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas. |
| Curado | Dar condiciones de humedad y temperatura para que ocurra el fraguado. |

| | |
|------------------------|---|
| Flujo | Propiedad de un mortero, medida en un laboratorio, que indica el porcentaje de incremento en el diámetro de la base de un cono truncado de mortero, cuando se coloca sobre una mesa de flujo, la cual se levanta mecánicamente y se deja caer un número de veces determinado, bajo condiciones específicas. |
| Mesellose | Aditivo que permite la retención de humedad dentro del mortero, mejorando los tiempos de aplicación. |
| Polvo de mármol | Proveniente del mármol triturado que se forma por cristalización de piedras calizas y dolomitas. |
| Textura | Regularidad de la superficie de una unidad o chapa determinada por la dosificación de los materiales y del proceso de fabricación. |
| Trabajabilidad | Característica de un mortero en cuanto a su facilidad para ser colocado o extendido. |

RESUMEN

Los morteros para cernidos monocapa están realizados basándose en cementos puzolánicos; según la necesidad y su uso necesitarán aditivos para aumentar sus capacidades físicas y mecánicas; cuando los cernidos tienen grosores mayores a 1,5 cm son considerados gruesos; si son menores a 1,5 cm y mayores a 0,5 cm se consideran medianos; y menores a 0,5 cm se consideran delgados de acuerdo a su grosor; este tipo de cernidos necesitan aditivos para la retención de humedad lo cual permite que el cernido alcance su resistencia máxima mientras más grueso es el cernido menor será el % de aditivos a utilizar y viceversa.

Dependiendo de las condiciones, el grosor de los cernidos en lugares muy húmedos puede ayudar directamente a resolver problemas debidos a la humedad; este factor está directamente proporcional a la cantidad de cemento utilizado en la fórmula dado que el cemento puzolánico tiene propiedades de permeabilidad.

Los cernidos monocapa se utilizan mayormente en el área de la arquitectura debido a los diversos diseños que se pueden realizar con los mismos entre los que se tiene rayado vertical y horizontal, alisado, remolineado, así como diversos estilos artísticos; así mismo, son una protección de la tipología constructiva reforzada o confinada proporcionando permeabilidad al agua, protección contra hongos, moho y algas; debido a esto ayuda a solucionar problemas respiratorios como las alergias y la sinusitis debido a la humedad.

OBJETIVOS

General

Evaluar las características físicas y propiedades mecánicas a revestimientos con morteros monocapa con aditivos que permitan la permeabilidad en la superficie, mediante ensayos normalizados por la ASTM.

Específicos

1. Conocer las características físicas y las propiedades mecánicas de los morteros realizados.
2. Evaluar el mortero de revestimiento por medio de ensayos a compresión y tensión a los 28 días.
3. Determinar qué ventajas tiene el uso de morteros de recubrimiento en paredes de mampostería reforzada o confinada y como ayuda positivamente en problemas respiratorios.
4. Comparar la manejabilidad, rendimiento y velocidad de endurecimiento en campo entre el mortero estudiado y un mortero líder en el mercado.
5. Ofrecer información técnica a los usuarios del material.

JUSTIFICACION

Debido al incremento en la demanda de morteros tipo monocapa, como trabajo de graduación se determinarán las características físicas y las propiedades mecánicas de un mortero tipo monocapa realizado mayormente de cemento, polvo de mármol y cal; con el cual se pretende proporcionar una protección a la tipología constructiva reforzada o confinada para evitar problemas como eflorescencia de moho, hongos y algas, la absorción de agua y el vapor de agua en unidades de mampostería las cuales ponen en riesgo la salud de los ocupantes debido a problemas como bronquitis, sinusitis alérgica y asma; así mismo, es necesario proporcionar un acabado arquitectónico que permita amplias posibilidades compositivas de color y textura.

También, es necesario ampliar un poco más sobre el tema de salud que proporcione las ventajas de la utilización de morteros monocapa en viviendas unifamiliares y multifamiliares.

INTRODUCCIÓN

Los morteros son mezclas de materiales aglomerantes, agregados finos y aditivos que, al añadirles agua, forman masas plásticas especiales para la unión de unidades de mampostería o para revestimientos de las mismas.

Debido al incremento en la demanda de morteros tipo monocapa en Guatemala se determinó que su mayor uso es en el sistema de mampostería. Existe una gran variedad de morteros debido a que dependiendo de la variación de sus proporciones mejoran unas propiedades a costa de otras; en esto influye también la calidad y el tipo de los agregados que se utilicen. Los más comunes son aquellos que usan arena de río, arena amarilla, arena blanca, polvo de mármol.

En el presente trabajo de graduación mediante ensayos normalizados por la ASTM, siglas en inglés de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales se determinarán las características físicas y las propiedades mecánicas a los morteros de recubrimientos premezclados y determinar si cumple con las especificaciones que se encuentran en las normas aplicables; así mismo, se analizará como ayudan los morteros de recubrimiento en problemas de salud como los respiratorios, por medio de la prevención de hongos y algas.

1. GENERALIDADES

Los morteros monocapa aparecen en España en la década de los ochenta como un revestimiento exterior e interior derivado del avance y la evolución tecnológica de los morteros de cemento. Suponen una alternativa al sistema tradicional de encofrado y pintado que aporta estética y textura características.

Están compuestos por un conglomerante hidráulico, áridos de granulometría seleccionada y poseen aditivos específicos. Llegan a obra lista para su empleo a mano o proyectada con máquina y poseen en estado fresco una serie de propiedades que les hacen más fáciles de aplicar que los morteros tradicionales. En particular, destacan: homogeneidad en la mezcla, escasa tendencia a la segregación, alta adherencia, mayor resistencia al descuelgue, mayor rendimiento, amplio tiempo de trabajabilidad y alta capacidad de retención de agua.

Este revestimiento proporciona funciones decorativas y de protección de elementos sobre los que se asientan es, básicamente, un mortero modificado y pigmentado en masa que admite distintos tipos de acabado.

En la actualidad, existen los morteros embolsados, con los que se pretende reducir los costos de construcción, y facilitar el transporte del producto. Esta modalidad de mortero se adquiere previamente mezclado, con unas cantidades estándar de sus componentes para que la mezcla funcione correctamente. Esta modalidad ayuda a llevar un mejor control en la utilización de los materiales en obra. Además, un mortero embolsado facilita el transporte del mismo, a diferencia del mortero hecho en obra, donde para cada

preparación hay que trasladar diversidad de materiales hasta el lugar de la aplicación. Pero no todos los constructores han desarrollado el hábito de consumir el mortero embolsado, ya que, cambiar la mentalidad de las personas es complicado; debido a que el mortero hecho en obra se ha utilizado durante muchos años.

Los hábitos de los usuarios de morteros han evolucionado con el paso del tiempo. Pero no toda la industria de la construcción ha evolucionado con las nuevas propuestas. A este mercado se le llama mercado tradicional. El cual se define, como aquel mercado que se opone a utilizar los nuevos productos embolsados, ya sea por falta de conocimiento sobre estos productos, temor a no utilizarlos en forma correcta y no lograr hacer el trabajo en forma adecuada, o por la falta de cultura y el temor a cambiar la rutina de los procesos de uso.

La industria guatemalteca se puede dividir en varios sectores importantes: el textil, del hierro, del plástico, del papel, y, el que más interesa en esta investigación, de la construcción.

La construcción cubre actividades como la creación de carreteras, puentes, construcciones industriales y comerciales, instalaciones telefónicas, obras residenciales, entre otras por mencionar. Lo anterior tiene una alta importancia en el desarrollo de los países. Además, la construcción ayuda a que las personas satisfagan sus necesidades, ya que ayuda al suministro de agua potable, drenajes, la creación de hospitales y escuelas.

La industria de la construcción es un punto fundamental sobre el cual los países se deben apoyar para lograr los objetivos económicos y sociales, orientados al logro de una mejora en las condiciones de vida de la población.

Los morteros monocapa aparecen en Guatemala hace ya varios años los cuales se venden como productos predosificados y premezclado en seco compuestos de agregados finos, cal, cemento y aditivos los cuales solo requieren agua, es un recubrimiento final sobre una gran variedad de superficies. Permite trabajar acabados lisos, cernidos varios y texturas especiales se encuentran disponibles en una gran variedad de colores las cuales destacan el gris y blanco antiguo.

En el trabajo de graduación elaborado por Juan Francisco Felipe Guarán *Evaluación del uso de y desempeño de cementos mezclados UGC y de mampostería en moteros de levantado* realizada en junio de 2008, se evaluaron morteros para acabado, levantado, inyección, morteros para la reparación estructural y morteros de inyección; se llegó a la conclusión que el uso de cemento UGC para morteros cumple con las normas relacionadas a los morteros de mampostería (ASTM C-91, C-595, C-1157); así mismo, se determinó que las características físico mecánicas son mayores, ya que este cemento está diseñado para unidades de mampostería; se recomienda el uso de pegablock el cual está diseñado para cumplir con las normas siendo este más económico.

En el trabajo de graduación elaborada por José Mauricio Arriola Donis *Diseño de morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería*, realizada en noviembre de 2009; se evaluaron morteros con cal y sin cal llegando a la conclusión que las proporciones diseñadas en morteros que contienen cal; obtienen mejores resultados respecto a la retención de agua, comparados con aquellos que no contienen adiciones de este material, que retrasan el inicio de su fraguado y aumentan su tiempo en estado plástico. Así mismo, los morteros, elaborados con adiciones de cal en su proporción, cumplen con los requerimientos mínimos establecidos en la norma

ASTM-270 para retención de agua (75 %). Otro punto a resaltar en este trabajo de graduación es que los morteros elaborados con cemento pegablock (norma ASTM C-91) obtienen una mayor densidad; sobre los morteros elaborados con cemento UGC (norma ASTM C-1157), tendencia que se comprueba al comparar los morteros con adición de cal contra aquellos que no contienen dicho material en su proporción.

2. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

2.1. Block de concreto

El bloque o unidad de mampostería de perforación vertical es un elemento prefabricado de concreto, con forma de prisma recto y con una o más perforaciones verticales que superan el 25 % de su área bruta. Se utiliza para elaborar mamposterías (por lo general, muros), y es responsable, en muy buena medida, de las características mecánicas y estéticas de dichas mamposterías. Por su consistencia y resistencia, los bloques de mampostería estructural tienen un menor desperdicio que cualquiera de los otros elementos utilizados para el levante convencional; constituye otro de los factores económicos y ventajosos en los proyectos de construcción.

Para lograr una adherencia adecuada es necesario que la superficie de las unidades de mampostería sea de textura lisa y abierta. Para permitir la unión mecánica del mortero y la unidad, esta debe tener una absorción adecuada, compatible con el mortero. De la adherencia mecánica entre las unidades y el mortero dependen las resistencias a esfuerzos de cortante y de tracción. Se puede concluir, entonces, que esta propiedad es de importancia vital para el correcto funcionamiento de muros sometidos a flexión o a cargas horizontales.

2.2. Clasificación designación y uso

La clasificación se realiza por la resistencia a compresión y por el porcentaje de absorción máxima de humedad determinados como: 4.1.1

- Clase A. Uso estructural con baja absorción de humedad. Para uso en muros exteriores o interiores que soportan carga por debajo o sobre el nivel del suelo. Muros de contención, muros de cimentación, muros de división que soportarán carga. Para edificaciones con áreas mayores de 100 m² de construcción, de uno o dos niveles. Para edificaciones de más de dos niveles se debe cumplir con los requisitos de diseño estructural de la Norma AGIES NSE 7.4; los bloques pueden usarse con o sin recubrimiento protector contra las inclemencias del tiempo.
- Clase B. Uso general con mediana absorción de humedad. Muros exteriores o interiores que soportan carga sobre el nivel del suelo, para edificaciones con un área máxima de 100 m² de construcción y distribución simétrica, de uno o dos niveles. Los bloques externos o expuestos deben usarse con recubrimiento protector contra las inclemencias del tiempo.
- Clase C. Uso no estructural con alta absorción de humedad. Muros exteriores o interiores sobre el nivel del suelo, que no soportan carga, o que la soportan en muros de edificaciones de un nivel, menores de 50 m² de construcción con distribución simétrica. También, para muros colindantes entre terrenos. Si son muros exteriores debe aplicárseles un recubrimiento o acabado protector contra las inclemencias del tiempo.

2.3. Ladrillos de barro cocido

Un ladrillo es una pieza cerámica, generalmente ortoédrica, obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa, cuyas dimensiones suelen ser aproximadamente 24 x 11,5 x 6 cm. Se emplea en albañilería para la construcción de muros, tabiques, tabicones, entre otros.

Los ladrillos y tabiques de barro recocido se clasifican entre los materiales que se obtienen mediante la cocción de arcillas naturales previamente moldeadas o materiales cerámicos extruidos.

El arte de la cerámica es una de las actividades más antiguas del mundo, nació con la elaboración de diversos objetos de arcilla, como recipientes, piezas de ornato. Así con el paso del tiempo surgieron los materiales de construcción que ofrecen grandes ventajas.

Dentro de los productos utilizados en la construcción, se tiene como uno de los más antiguos la pasta de arcilla mezclada con arena y paja secada simplemente al sol y que en la actualidad se le conoce como adobe y otro que es la mezcla con agua o varias clases de arcilla sometidas después al fuego.

Las arcillas utilizadas para la fabricación de productos cerámicos pertenecen a dos grandes grupos: arcillas micáceas y arcillas caolíticas, que son más puras. Con frecuencia se añaden a las arcillas otros materiales que mejoran el producto: desengrasantes como la arena cuarzosa, cuarcita, bauxita y fundentes como alquitrán, grafito y colorantes.

El tabique es toda pieza destinada a la construcción de muros, por lo general, es de forma ortoédrica, fabricado por la cocción de la arcilla y otros. Existen diferentes formatos de ladrillos, por lo general, de un tamaño que permita manejarlo con una mano. En particular, destacan el formato métrico, en el que las dimensiones son 24 x 11,5 x 5,25 / 7 / 3,5 cm (nótese que cada dimensión es dos veces la inmediatamente menor más 1 cm de junta) y el formato catalán de dimensiones 29 x 14 x 5,2 / 7,5 / 6 cm y los más normalizados que miden 25 x 12 x 5 cm. Actualmente, también, se utilizan por su gran demanda dado su reducido coste en obra, medidas de 50 x 24 x 5cm.

- Tipos de ladrillos

Según su forma, los ladrillos se clasifican en:

- Ladrillo perforado: son todos aquellos que tienen perforaciones en la tabla que ocupen más del 10 % de la superficie. Muy popular para la ejecución de fachadas de ladrillo visto.
- Ladrillo macizo; aquellos con menos de un 10 % de perforaciones en la tabla. Algunos modelos presentan rebajes en dichas tablas y en las testas para ejecución de muros sin llagas.
- Ladrillo tejar o manual: simulan los antiguos ladrillos de fabricación artesanal, con apariencia tosca y caras rugosas. Tienen buenas propiedades ornamentales.
- Ladrillo aplantillado: un ladrillo aplantillado es aquel que tiene un perfil curvo, de forma que, al colocar una hilada de ladrillo, generalmente a sardinel, forma una moldura corrida. El nombre proviene de las plantillas que utilizaban los canteros para labrar las rocas, y que se utilizan para dar la citada forma al ladrillo.
- Ladrillo hueco: son aquellos que poseen perforaciones en el canto o en la testa que reducen el volumen de material empleado en ellos. Son los que se usan para tabiquería que no vaya a sufrir cargas especiales. Pueden ser de varios

Tipos:

- Rasilla: su grueso y su soga son mucho mayores que su tizón. Sus dimensiones habituales son 24x11,5x2,5.
- Ladrillo hueco simple: posee una hilera de perforaciones en la testa.
- Ladrillo hueco doble: posee dos hileras de perforaciones en la testa.
- Ladrillo de cara vista: son aquellos que se utilizan en exteriores con un acabado especial.
- Ladrillo refractario: se coloca en lugares donde debe aguantar gran cantidad de calor, como hornos o chimeneas.

2.3.1. Usos

Los ladrillos son utilizados en construcción en cerramientos, fachadas y particiones. Se utiliza principalmente para construir muros o tabiques. Aunque se pueden colocar a hueso, lo habitual es que se reciban con mortero. La disposición de los ladrillos en el muro se conoce como aparejo; existe una gran variedad.

2.4. Propiedades mecánicas para ladrillos de barro cocido

Las propiedades mecánicas de los materiales, indica la capacidad que tiene un material de mantener la forma que adquiere al estar sometido a un esfuerzo que lo deformó.

2.4.1. Resistencia a compresión

La forma más común para determinar la resistencia a compresión de la mampostería y por lo tanto la más confiable, es ensayar pilas formadas con las piezas del tipo de mampostería a emplear en la construcción, unidas con mortero.

Se establece el procedimiento estándar para calcular el esfuerzo a compresión resistente; se propuso el ensayo de pilas con una relación altura espesor del orden de cuatro ($h/t = 4$), se realizan por lo menos nueve pruebas en este tipo de muretes para dar confiabilidad a los valores obtenidos.

Los resultados de las pruebas presentan dispersión por lo que se aplican procedimientos estadísticos que proporcionan valores confiables. El valor nominal de diseño en compresión es:

Donde:

$$f = \frac{fm}{1 + 2,5C}$$

- F = esfuerzo promedio de todos los ensayos
- C = coeficiente de variación de la muestra

2.4.2. Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad se obtiene aplicando fuerza de compresión en etapas sucesivas y midiendo la deformación unitaria mediante extensómetros mecánicos o eléctricos (*strain gages*). Sin embargo, las NTC para mampostería

proponen el empleo de las siguientes expresiones para establecer esta propiedad en función de la resistencia de diseño a la compresión de la mampostería respectiva.

Para tabiques de barro cocido:

- E = 600 F para cargas de corta duración
- E = 350 F para cargas sostenidas

Para mampostería de bloques y tabiques de concreto:

- E = 800 F para cargas de corta duración
- E = 350 F para cargas sostenidas

2.4.3. Resistencia a cortante

El valor del esfuerzo cortante resistente de la mampostería se obtiene en ensayos de muretes aproximadamente cuadrados conteniendo en cada hilada cuando menos una pieza y media sometidos a fuerzas diagonales. Se sugiere que se realicen un mínimo de nueve ensayos de los cuales se obtendrá el esfuerzo resistente en cada prueba mediante la expresión:

En la cual:

$$w = \frac{Pñ}{D * b}$$

- W = esfuerzo cortante resistente de la mampostería empleada
- Pñ = fuerza diagonal resistente sobre el murete
- D = distancia diagonal en el murete

- b = espesor del murete

2.4.4. Permeabilidad

Una absorción baja reduce el ingreso de agua dentro de la masa de la unidad y, por ende, el de materiales contaminantes arrastrados por esta, por lo cual se convierte en un requisito de calidad para la durabilidad de las unidades de mampostería.

Dado que la absorción es inversamente proporcional a la resistencia a compresión las unidades que tienen niveles mayores de absorción son de menor resistencia.

A las unidades de mampostería de uso no estructural se les permite una absorción igual a las unidades de resistencia estructural baja, dado a que sus niveles de resistencia son similares según norma ASTM D-2434 - 68.

2.4.5. Absorción

La absorción es la propiedad de las unidades de mampostería para absorber agua hasta llegar al punto de saturación. Está directamente relacionada con la permeabilidad de la unidad o sea el paso de agua a través de sus paredes.

Los límites para la absorción varían según el tipo de concreto con que está elaborada la unidad de mampostería y su valor se determina mediante el ensayo correspondiente descrito en la NTG 41054.

El control del contenido de humedad de las unidades de mampostería es fundamental pues, dado que el concreto se expande y se contrae con el aumento o disminución de su humedad, la colocación de las unidades muy húmedas conlleva a su contracción posterior y a la aparición de fisuras. Si las unidades se colocan en el muro con un contenido de humedad mayor que el del ambiente, pierden humedad hasta llegar al equilibrio con la humedad ambiente; y dado que los muros poseen restricciones de movimiento, aunque sea solo en su fundición, la contracción de las unidades origina figuración de los muros, por compatibilidad de deformaciones.

2.5. Cambios de resistencia debido a la saturación

Para tener una óptima resistencia se recomienda que las unidades de mampostería no tengan un porcentaje de absorción mayor del 15 %.

2.5.1. Problemas debido a la absorción

A continuación, se detallan los problemas debidos a la absorción en paredes de mampostería.

2.5.1.1. Problemas de salud

Debido a la absorción en las unidades de mampostería se crea un ambiente húmedo el moho es un organismo que crece y se nutre en este ambiente, ya sea por estancamiento de agua o por una mala ventilación del lugar, solo necesita que el ambiente cargado contenga un 60 % de humedad en algunos casos. Si no se eliminan con frecuencia tiende a aumentar de tamaño, esto crea malos olores, manchas y destruye el mobiliario dentro del espacio afectado.

Las enfermedades que mayor riesgo tienen de padecer las personas están relacionadas, principalmente, con problemas respiratorios, de huesos y dermis. Entre ellas, las más comunes son asma, bronquitis, reuma, osteoporosis, alergias y dermatitis. Entre ellas, las más comunes son:

- Aspergilosis: la cual es una infección en los pulmones que también afecta el sistema nervioso.
- Cladosporium: es una enfermedad que provoca problemas dermatológicos principalmente en los adultos mayores.
- Tachybotrys: es provocado por la humedad, dicho moho afecta la salud de los bebés primordialmente provocándoles alergias nasales, dolor de huesos y articulaciones en las personas que padecen de artritis y problemas reumáticos.
- Los bebés pueden desarrollar enfermedades como el asma, sinusitis, rinitis, bronquitis, neumonitis entre otras infecciones pulmonares; se pueden dar también trastornos psicológicos como fatiga, aburrimiento, mal humor, entre otros.
- La eflorescencia es el principal causante de alergias y problemas respiratorios en las personas que interactúan en ambientes húmedos y muros que poseen eflorescencia.

2.5.1.2. Problemas estéticos

Estos problemas surgen al momento de la aparición de manchas en las paredes en consecuencia de exceso de agua en las unidades de mampostería; algunos problemas derivados de este son la aparición de eflorescencia y

posteriormente la aparición de grietas en el cernido; en consecuencia, este se empieza a levantar y desmoronar.

2.5.1.3. Problemas estructurales

Además de los problemas de salud que ocasiona la humedad también afecta estructuralmente donde se encuentra humedad debido a que provoca debilitamiento progresivo de las unidades de mampostería, así como de los elementos corrosivos como el acero de refuerzo de las columnas y esto debilita la estabilidad de los muros, así como de los elementos estructurales.

2.6. Normas aplicables para unidades de mampostería

- Unidades (bloques y ladrillos) de concreto para mampostería estructural (ASTM C-90).
- Determinación de la contracción lineal por secado en unidades (bloques y ladrillos), de concreto, para mampostería (ASTM C-426).
- Método para determinar la resistencia a la tracción indirecta en unidades de mampostería (ASTM C-1006).
- NGO 41 022 ladrillos de barro cocido. Especificaciones.
- NGO 41 023 ladrillos de barro cocido. Toma de muestras.
- NGO 41 054 bloques huecos de hormigón para paredes o muros y tabiques. Especificaciones.

- NGO 41 055 bloques huecos de hormigón para paredes o muros y tabiques. Toma de muestras.

3. MORTEROS

3.1. Historia

Las primeras construcciones fueron realizadas con morteros de barro; luego, se descubrió que la cal producía un excelente aglomerante. El mortero de cal y arena fue usado en la construcción de mampostería hasta poco antes de la aparición del cemento Portland a mediados del siglo XIX. El mortero ocupa entre el 10 % y 20 % del volumen total de material de una pared de mampostería; sin embargo, su efecto en el comportamiento de esta es mucho mayor que lo que indica este porcentaje. Estéticamente, puede añadir un colorido adicional o un acabado muy particular a las paredes.

Funcionalmente, el mortero liga las unidades de mampostería y sirve de sello para impedir la penetración de aire y agua; además, se adhiere al refuerzo de las juntas, a las amarras metálicas y a los pernos anclados de tal modo que hace que actúen conjuntamente. Para la construcción y aplicaciones de cargas, el comportamiento del mortero incide tanto como la resistencia de las piezas de mampostería y la mano de obra.

Recomendaciones para el mejoramiento del mortero.

- Mantener un mínimo de contenido de aire.
- Usar morteros de alta retención de agua.
- Aplicar aditivos que permitan la retención de humedad.
- Adicionar únicamente la cantidad de agua necesaria para conseguir la fluidez requerida.

3.2. Definición de morteros

El mortero es un compuesto de conglomerantes inorgánicos, agregados finos y agua, y posibles aditivos que sirven para aparejar elementos de construcción tales como ladrillos, piedras, bloques de hormigón, etc. Además, se usa para rellenar los espacios que quedan entre los bloques y para el revestimiento de paredes. Los conglomerantes más comunes en la actualidad son los de cemento, aunque históricamente han sido, la cal y el yeso los más utilizados.

3.3. Clasificación de los morteros monocapa

Un mortero monocapa está compuesto por cemento, aditivos, áridos, y fibras, al que únicamente se le añade agua en obra y son las proporciones del mortero las que determinan su clasificación.

3.3.1. Mortero de cemento hidráulico

Cuando se requieren altas resistencias iniciales o resistencias elevadas del mortero, se pueden utilizar como aglomerantes los cementos naturales o los cementos portland. La confección de este mortero ha de efectuarse de un modo continuo, de manera tal que entre el mezclado y la colocación en obra haya el menor tiempo posible debido a lo rápido del fraguado del cemento. Por ello se acostumbra a mezclar en obra, primero el cemento y la arena y luego se añade el agua. Desde luego, la cantidad de cemento no puede disminuir mucho, ya que, si la mezcla es muy pobre en aglomerante, esta se hace áspera e intrabajable porque las partículas de arena rozarán entre sí, al no existir la pasta lubricante de cemento.

3.3.2. Mortero de cal

A los morteros de cal también se le conocen con el nombre de calcáneos debido a que esta es un plastificante y ligador el cual fragua o endurece al ser expuesto al aire. Estas características hacen del mortero de cal el más manejable de los conocidos. Sin embargo, no pueden esperarse de estas altas resistencias iniciales, debido a su baja velocidad de endurecimiento.

Las cales aéreas más conocidas son la cal blanca y la cal dolomítica (cal gris). La arena en este caso en realidad constituye un material inerte cuyo objetivo principal es evitar el agrietamiento y contracción del mortero, para lo cual se recomienda que tenga partículas angulosas y esté libre de materia orgánica, rocas grandes, polvo y arcilla.

Las proporciones cal-arena más usadas en morteros aéreos son 1:2 para acabados y 1:3 o 1:4 para morteros de levantado. Si la proporción aumenta, el mortero es más magro pierde ductilidad y trabajabilidad; y si el mortero es más graso, pueden ocurrir contracciones y agrietamientos no deseables.

3.3.3. Morteros de cal y cemento hidráulico

Cuando se busca una gran trabajabilidad, buena retención de agua y altas resistencias iniciales, este tipo de mortero es aconsejable. Utilizando como base un mortero 1:3 se puede ir sustituyendo parte del cemento por cal. Estos morteros reciben el nombre de morteros de cemento rebajados cuando el contenido de cemento es escaso. Las proporciones más usadas en Guatemala varían de 1:1/4:2 a 1:1:4 (cemento: cal: arena).

La cantidad de agua se encuentra dentro de amplios límites, de acuerdo con la composición del mortero y la consistencia deseados.

Si el contenido de cemento es alto, las características serán alta resistencia, poco tiempo entre amasado y colocación; mezcla más o menos trabajable y habrá contracción (3 %) si está muy seco. Si el contenido de cal es alto, tendrá menos resistencia, será mayor el tiempo entre amasado y colocación, será más plástico y permeable, pero mostrará más retracción (expansión de volumen 9 %). Si el contenido de arena es alto, la resistencia disminuirá considerablemente y será poco trabajable pero el mortero tendrá poca retracción.

Para lograr las condiciones deseadas debe buscarse una combinación adecuada. Los morteros hechos de cemento portland y cal deben combinarse de tal manera que se aprovechen las propiedades adhesivas de la cal y las propiedades cohesivas del cemento portland; es importante tener en cuenta que cada adición de cal incrementa la cantidad de agua de mezclado necesaria.

3.4. Composición de morteros monocapa

Cuando se habla de un mortero se dice que es la mezcla de un material aglomerante (cemento Pórtland y otros cementantes), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente cal y aditivos. La norma ASTM C-270, dentro de sus especificaciones, presenta las propiedades que estos materiales deben cumplir.

3.4.1. Aditivos

- Impermeabilizantes

- Acelerantes
- Plastificantes
- Retardadores
- Mejoradores de adherencia
- Autonivelantes

3.4.2. Hidrofugante

La hidrofugación es una impregnación impermeabilizante al agua que se utiliza para tratar soportes minerales, sobre todo las fachadas, pisos o superficies de concreto. A menudo se habla simplemente de impregnación, dando por sentada la presencia del componente hidrófugo. No obstante, cabe señalar que, por definición, impregnar significa empapar un material poroso con un líquido capilar de baja viscosidad.

No toda impregnación es hidrófuga, es decir, incluso en el caso de mampostería puede haber impregnaciones únicamente consolidantes, de compactación, biocicladas, etc. Nosotros utilizaremos el término hidrofugante como sinónimo de impregnación, para hacer referencia a aquellos productos que confieren propiedades hidrófugas a los sustratos minerales.

Las fachadas expuestas a la acción de la intemperie se hidrofugan a título preventivo para protegerlas de la humedad y los posteriores efectos nocivos que pueda tener sobre el material de construcción.

La impregnación hidrófuga es un tratamiento incoloro, que no forma película e impide la absorción capilar del agua y sus contaminantes sin taponar los poros y, por lo tanto, sin alterar significativamente la permeabilidad del sustrato a los gases y al vapor de agua.

La impregnación hidrófuga es un tratamiento incoloro, que no forma película e impide la absorción capilar del agua y sus contaminantes sin taponar los poros y, por lo tanto, sin alterar significativamente la permeabilidad del sustrato a los gases y al vapor de agua.

3.4.3. Polvo de mármol

El mármol es una roca metamórfica compactada formada por rocas calizas o dolomita la cual debido a la presión y a cambios atmosféricos alcanza una densidad mayor con el paso del tiempo formando así el mármol el cual tiene un alto grado de cristalización, el mármol es un material muy denso (entre 2,6 a 2,8 g/cm³) alcanzando una dureza en la escala de mohs entre 3 y 4.

El componente básico que forma el mármol es el carbonato cálcico el cual supera el noventa por ciento de los componentes que lo conforman (calcita, grafito, clorita, talco, mica, cuarzo y pirita).

El mármol es muy utilizado en la construcción con fines decorativos en acabados finales debido a su brillo y distintos colores que este puede tener (verde, blanco, rojo, gris, azul, amarillo, marrón, así como combinaciones de estos).

El mármol al ser procesado mediante trituración da origen al polvo de mármol el cual es utilizado junto con cemento y resinas para la construcción donde se desea dar un acabado artístico, pero no es posible utilizar mármol tallado debido a la dificultad que este presenta debido a su peso y a la dificultad que el tallado conlleva y debido a ello es mucho más fácil y económico utilizar morteros con polvo de mármol.

3.4.4. Cemento

La palabra cemento define un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales le permiten unir fragmentos minerales, entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas. Esta definición no sólo abarca los cementos propiamente dichos, sino una gran variedad de materiales aglomerantes como las cuales, los asfaltos y los alquitranes

3.4.5. Cemento Portland

El cemento tipo portland es una de las clases de cemento hidráulico que existe y está formado por silicatos hidráulicos de calcio, sílice, alúmina y hierro; a toda la mezcla de los compuestos del cemento se le denomina Clinker el cual se pulveriza después de pasar por procesos en hornos a altas temperaturas y se le agrega yeso para controlar el fraguado. El cemento tipo Portland fragua debido a la reacción química que sufre al tener contacto con agua u otro líquido que lo haga reaccionar químicamente, a dicha reacción química se le denomina hidratación.

Se fabrica generalmente a partir de materiales minerales calcáreos, tales como caliza, alúmina y sílice, que se encuentran como arcilla en la naturaleza. En ocasiones es necesario agregar otros productos para mejorar su composición química, siendo el más común el óxido de hierro. Todo cemento Portland que se utilice para la elaboración de morteros, debe cumplir con la norma *ASTM C-150 standard specification for Portland cement* (especificación estándar para cemento Portland), que los clasifica de la siguiente manera:

- Tipo I: al cemento Portland tipo I se le denomina normal debido a que es para uso general debido a que se emplea donde no se requieren propiedades especiales del cemento; pero aun así se puede emplear en construcciones de edificios, pavimentos y en productos a base de cemento. Los demás tipos de cemento portland atienden necesidades más exigentes que el tipo I.
- Tipo II: destinado a obras expuestas a la acción moderada de los sulfatos y a obras en donde se requiere moderado calor de hidratación.
- Tipo III: desarrolla altas resistencias iniciales.
- Tipos IV: desarrolla bajo calor de hidratación.
- Tipo V: ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos.

3.4.6. Cal

Se le llama comúnmente cal al óxido de calcio (CaO) el cual es muy utilizado en la industria de la construcción. La cal ha sido utilizada como material cementante desde hace siglos antes que existiera el cemento que se conoce hoy en día.

El óxido de calcio es el resultado de calcinar en hornos rocas llamadas calizas o dolomías.

La cal se puede hidratar con agua al igual que es cemento formando la cal apagada la cual aumenta su calor igual que el cemento al hidratarlo. Existen diferentes tipos de cal los cuales se mencionan a continuación:

- Cal apagada: se le llama así a la cal viva que se le agrega agua formando hidróxido de calcio Ca(OH)_2 .
- Cal aérea: se le conoce como cal aérea a la cal apagada que al transcurrir el tiempo se transforma en carbonato de calcio CaCO_3 comúnmente llamada calcita la cual es formada por el hidróxido de calcio (cal apagada) y la portlandita. Este tipo de cal es el más utilizado en la construcción.
- Cal cálcica: se le llama así a la cal aérea pero que no ha sido hidratada.
- Cal dolomítica: se le llama así a la cal aérea que no se hidrato y además no se le agrego otros compuestos como puzolana, magnesio, oxido de calcio, entre otros.
- Cal hidráulica: se le llama así a la cal que se hidrata y que fragua sin necesidad de aire, incluso puede fraguar sumergida en el agua.

3.5. Procesos de fabricación

A continuación, se detallan los pasos para la creación y preparación de una bolsa de mortero monocapa.

3.5.1. Calculo de volumen

La dosificación se hace por volumen, pero es recomendable que se revise por peso, siempre utilizando un recipiente de volumen conocido limpio y seco, el orden recomendado es agregar el mortero monocapa en el recipiente y posteriormente se agrega el agua requería, mezclar por unos minutos (2 a

3 minutos), ya que es necesario para obtener uniformidad sin segregación en la mezcla.

3.5.2. Proceso de mezclado

Si el mezclado se realiza manualmente (recomendado solo para trabajos menores), se abre una bolsa de 90 lb de mortero monocapa y se coloca sobre un lugar limpio y seco posteriormente hace un pequeño hueco en el centro de la mezcla donde se irá incluyendo el agua poco a poco mientras se mezcla hasta obtener una mezcla de aspecto plástico y buena consistencia. Es importante tener en cuenta que la superficie donde se realiza debe ser dura, limpia y no absorbente.

Si el mezclado se realiza por herramientas mecánicas (barreno con broca para mezclar) se recomienda no mezclar por más de 2 minutos para evitar la segregación.

3.5.3. Utilización

Después de mezclarse los morteros monocapa deben usarse inmediatamente, en ningún caso se pueden utilizar después de 2 horas y 30 minutos de haber sido mezclado.

3.5.4. Control de calidad durante la aplicación

Antes de empezar con la actividad es importante tener en cuenta que las piezas de ladrillo o bloque por su propia naturaleza deben humedecerse antes de colocar la mezcla de morteros monocapa, debido a su capacidad de absorción. Si no se hidratan los bloques antes de la colocación, se corre el riesgo de que, al aplicar el mortero, parte del agua de la mezcla sea absorbida,

deshidratando el mortero y haciéndolo perder adherencia. Sin embargo, tampoco se debe saturar en exceso porque causaría el efecto contrario, que incrementaría el agua en la mezcla y se reduciría la resistencia.

3.5.5. Cuidados a considerar

Por último, es importante luego de la colocación, tener en cuenta los cuidados que se le deben dar al mortero para prolongar su vida útil; un buen curado ayuda a permitir la hidratación correcta del cemento dando una mayor resistencia a lo largo del tiempo.

3.6. Soportes para morteros monocapa

Los soportes para morteros monocapa se clasifican en soportes admitidos y soportes no admitidos.

3.6.1. Soportes admitidos

- Hormigón normal
- Bloques de hormigón
- Ladrillos

3.6.2. Soportes no admitidos

- Soportes hidrófugos superficialmente
- Yeso
- Pinturas
- Revestimientos plásticos

3.6.3. Cualidades del soporte

- Resistencia: no degradable ni deformable.
- Limpieza: ausencia de polvo, aceite, pinturas, entre otros.
- Homogéneo: en paramentos irregulares será necesario una capa de regulación, con acabado de una rugosidad tal que permita el correcto anclaje del revestimiento. No aplicando este, hasta pasados no menos de siete días desde la aplicación de la capa reguladora.
- Rugosidad: cuando la superficie del paramento sea demasiado lisa, es conveniente crear rugosidades en la misma. También se puede mejorar la sujeción al revestimiento colocando mallas de fibra de vidrio, que se sujetan con clavos especiales de plástico.
- Porosidad. debe de tener una porosidad suficiente. La baja porosidad puede ser compensada con una mejora de la rugosidad.
- Estabilidad. antes de su aplicación debe asegurarse que en el soporte han tenido ya la mayor parte de las retracciones por secado, etc. Esto sucede a partir de un mes de su ejecución en paramentos cerámicos y de más de dos meses si se trata de soporte realizado con bloques de hormigón.
- Grado de humedad: el soporte no debe estar demasiado seco. En función de las condiciones ambientales y del soporte debe de mojarse previamente y esperar a que absorba el agua. No se debe aplicar sobre soportes saturados de agua. Si hiciera mucho calor o viento seco se

debe de humedecer el soporte antes de su aplicación y al día siguiente el revestimiento aplicado.

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

4.1. Condiciones de laboratorio

Las condiciones de laboratorio que se deben cumplir para la realización de ensayos de morteros son de humedad relativa y temperatura; se recomienda antes de realizar cualquier ensayo leer los manuales de calidad, políticas y procedimientos para determinar si las condiciones de laboratorio son las adecuadas para la realización de los ensayos para morteros.

4.2. Aseguramiento

Para la manipulación de morteros es responsabilidad del usuario de estas normas establecer prácticas de seguridad y salud apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso. Las mezclas cementicias hidráulicas frescas son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas a la piel y tejidos en caso de exposición prolongada.

4.3. Sistema de medida

El sistema de medida recomendado es el sistema internacional de unidades (SI) para ensayos de morteros; se utilizará otro sistema de medidas solo si la normativa del ensayo a realizarse lo sugiere.

4.4. Ensayos para agregado grueso

Se define como agregado grueso a toda partícula que supera los 20 mm de diámetro por lo cual no se recomienda para este tipo de morteros.

4.5. % de absorción

El porcentaje de absorción en una mezcla de mortero monocapa nos ayuda a determinar en laboratorio bajo condiciones controladas la cantidad de agua óptima para la mezcla de morteros; cabe resaltar que en campo dichos valores pueden variar debido a factores como la temperatura ambiente y los tiempos de aplicación.

Normas aplicables:

- ASTM C 128: método de prueba estándar para la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.
- NTG 41010 h9: método de ensayo. Determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino.

4.6. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico estudia la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados finos, se realiza en el laboratorio mediante el tamizado y luego comparado con tamaños normalizados, se establece si son o no adecuadas para la preparación de morteros monocapa.

Normas aplicables:

- Norma NTG 41010 h1: Método de ensayo. Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso.
- *ASTM C136*: análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso.

4.7. Porcentaje de materia orgánica

Este ensayo se basa en inspección visual para el agregado fino de acuerdo al colorímetro se define en un rango de 1 a 5 siendo el menor el número 1.

4.8. Flujo y trabajabilidad

Este método de prueba cubre la determinación del flujo del agregado fino para morteros que contienen materiales cementantes, así como la trabajabilidad del mortero ambos ensayos se realizan con base en la humedad óptima del agregado fino.

Normas aplicables:

- COGUANOR NGO 41 003 h4 (cementos hidráulicos. Determinación de la resistencia a compresión usando especímenes cúbicos de 51 mm de lado).
- COGUANOR NGO 41 011 (cementos hidráulicos. Especificaciones de la mesa de flujo para uso en ensayos).

- ASTM C-230 (especificación estándar para table de flujo para uso en pruebas de flujo de cemento hidráulico).
- ASTM C-1437 método de prueba estándar para el flujo del mortero de cemento hidráulico.)

4.9. Temperatura

Determinación de la temperatura del mortero monocapa con el contenido óptimo de agua a temperatura ambiente en grados Celsius °C.

4.10. Retención de agua

Este método provee los medios para determinar la capacidad de retención de agua en morteros enlucidos bajo succión. Los resultados de la prueba pueden ser utilizados para determinar si el mortero se encuentra bajo especificación técnica.

En morteros de mampostería los resultados de esta prueba no necesariamente indican el grado de retención de agua, cuando se utilizan con unidades de mampostería, el aumento de agua absorbida por la unidad depende de la proporción de absorción de la unidad de mampostería.

Normas aplicables:

- COGUANOR NTG 41104 método de ensayo. Determinación de la retención de agua de morteros en base de cemento y cernidos.
- ASTM C-1506 método estándar para el ensayo de retención de agua.

4.11. Contenido de aire

Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el contenido de aire de un mortero, bajo las condiciones especificadas.

Normas aplicables:

- COGUANOR NGO 41 061 (método que determinara el contenido de aire)
- ASTM C-173 (método para la determinación del contenido de aire)

4.12. Resistencia a la penetración

Este ensayo cubre la determinación del tiempo de secado del mortero monocapa, con revenimiento mayor a cero, por medio de la medición de la resistencia a la penetración del mortero monocapa.

Normas aplicables:

- Norma NTG-41017h12 determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por su resistencia a la penetración.
- ASTM C-403 método estándar para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por su resistencia a la penetración.

4.13. Resistencia a la compresión

Este ensayo cubre la determinación del esfuerzo compresivo de morteros de cemento hidráulico, usando especímenes cúbicos de 2 pulgadas o 50 mm de

lado, cuyos resultados pueden ser utilizados para determinar si estos se encuentran de acuerdo a especificaciones.

Normas aplicables:

- COGUANOR NGO 41003 h4 (cementos hidráulicos. Determinación de la resistencia a la compresión de los morteros usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado).
- ASTM C-109 (*Test method for compressive strength of hydraulic cement mortars using 2-in cube specimens*).
- ASTM C-270 (*Standard specification for mortar for unit masonry*).

5. PRUEBAS QUE SE REALIZAN EN CAMPO

5.1. Pruebas para morteros monocapa gris

Estas pruebas se realizan en campo a paredes de mampostería para comparar los tiempos de secado, manejabilidad y aplicación de morteros monocapa con un grosor máximo de 1 cm en paredes sin imperfecciones y humedecidas 24 horas antes de su aplicación.

5.2. Pruebas para morteros monocapa blanco

Estas pruebas se realizan en campo a paredes de mampostería a las cuales ya se les aplicó mortero monocapa gris previo a aplicar el mortero monocapa blanco con el fin de comparar los tiempos de secado, manejabilidad y aplicación de morteros monocapa con un grosor máximo de 0,5 cms.

5.3. Determinación de la absorción

Esta prueba se realiza para un cubo creado por unidades de mampostería de volumen y área conocida a los cuales se les agregó una capa de mortero monocapa gris y una capa de mortero monocapa blanco para determinar la absorción versus el tiempo.

6. DESARROLLO EXPERIMENTAL.

6.1. Diseño experimental

El diseño de mezcla del mortero monocapa tipo A y tipo B fue dado por la empresa Adetec con las siguientes proporciones.

- Mortero monocapa blanco (tipo A) mortero a base de cemento blanco, cal, polvo de mármol y aditivos.
- Mortero monocapa gris (tipo B) mortero a base de cemento UGC, cal, polvo de mármol y aditivos.

6.2. Materiales utilizados

- Cemento portland tipo I

El cemento debe cumplir con la normal ASTM C-150 especificación estándar para cemento portland y la norma ASTM C-595 especificación estándar para cementos hidráulicos mezclados.

- Cemento portland blanco tipo III

El cemento debe cumplir con la normal: ASTM C-150 especificación estándar para cemento portland y la norma ASTM C-595 especificación estándar para cementos hidráulicos mezclados.

- Cal

La cal debe cumplir con la normal ASTM C-207 especificación estándar para cal hidratada para usos en mampostería. indica los requisitos que debe cumplir la cal: finura, estabilidad, plasticidad, retención de agua y capacidad de incorporación de arena.

- Polvo de mármol

El polvo de mármol debe cumplir con la normal ASTM C-33.

- Agua

Generalmente, se especifica que el agua para el mortero debe ser potable; sin embargo, hay casos en los que se debe utilizar agua de dudosa calidad; se deben realizar ensayos en morteros según la norma ASTM C-109, con el agua en cuestión y compararlos con otros realizados con agua destilada. La norma ASTM C-94 acepta que la resistencia de las probetas realizadas con el agua en estudio sea hasta un 90 % de la resistencia de las probetas patrón.

- Aditivos

Los aditivos deben cumplir con la norma ASTM C-494 especificación estándar de aditivos para concreto.

6.3. Equipo utilizado

El equipo utilizado para los ensayos tiene que estar normado y en buenas condiciones.

6.3.1. Ensayos para agregado grueso

Se define como agregado grueso a toda partícula que supera los 20 mm de diámetro por lo cual no se recomienda para este tipo de morteros.

6.3.2. Peso específico y % de absorción

Se sumerge una muestra del agregado en agua por 24 ± 4 h para llenar esencialmente los poros. Luego, se retira la muestra del agua, se seca el agua de la superficie de las partículas y se determina la masa. Subsecuentemente, se coloca la muestra (o una porción de la misma) en un recipiente graduado, y se determina el volumen de la misma por el método gravimétrico o volumétrico. Finalmente, se seca la muestra al horno y se determina su masa. Utilizando los valores de masa obtenidas y las fórmulas indicadas en este método de ensayo es posible calcular la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

$$\text{Peso específico} = \frac{A}{A + B - C}$$

- A= peso del material
- B= peso del material + H₂O
- C= peso del material + Peso de la probeta + H₂O

$$\% \text{ de absorción} = \frac{A - B}{B}$$

- A = peso inicial
- B= peso final

Equipo utilizado:

- Agregados
- Balanza
- Horno
- Recipiente
- Cucharon

Figura 1. **Peso específico y % de absorción**



Fuente: elaboración propia.

6.3.3. **Análisis granulométrico**

Este ensayo se basa en los porcentajes que pasan por los tamices según norma ASTM C-33 que van del $\frac{3}{4}$ al 100 para este tipo de agregados con base en polvos de mármol, debido a esto solo se realiza el ensayo de agregado fino.

Equipo utilizado:

- Juego de tamices ASTM

- Balanza
- Cepillo
- Pocillo
- Cucharones

Figura 2. **Análisis granulométrico**



Fuente: elaboración propia.

6.3.4. Porcentaje de materia orgánica

Este ensayo se basa en inspección visual de acuerdo al colorímetro se define en un rango de 1 a 5 siendo el menor 1.

Equipo utilizado:

- Horno
- Balanza
- Recipientes
- Colorímetro

Figura 3. **Colorímetro**



Fuente: elaboración propia.

6.3.5. Flujo y trabajabilidad

Este método de prueba cubre la determinación del flujo de morteros de cemento hidráulico, o de morteros que contienen materiales cementantes. La trabajabilidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

Donde:

$$\sum_{l=1}^4 L_n$$

- T = trabajabilidad del mortero expresada en porcentaje
- L = lectura tomada del medidor de flujo

Normas Aplicables:

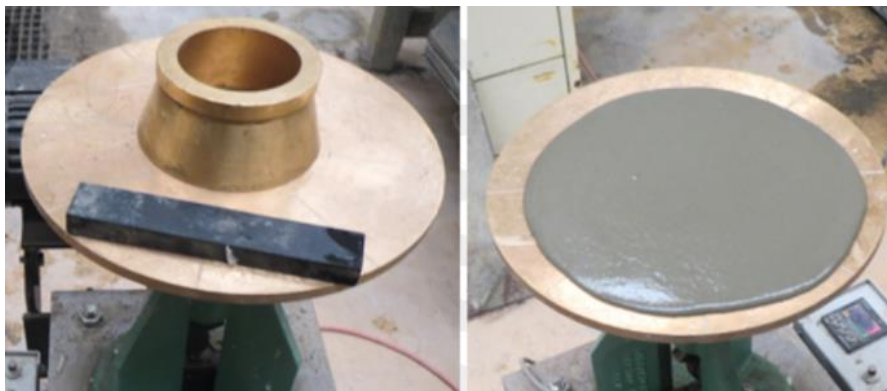
- COGUANOR NGO 41 003 h4 (cementos hidráulicos. Determinación de la resistencia a compresión usando especímenes cúbicos de 51 mm de lado).
- COGUANOR NGO 41 011 (cementos hidráulicos. Especificaciones de la mesa de flujo para uso en ensayos).
- ASTM C-230 (*specification for flow table for use in test of hydraulic cement*).
- ASTM C-1437 (*standard test method for flow of hydraulic cement mortar*).

Equipo utilizado:

- Balanza
- Moldes
- Apisonador
- Probetas graduadas de vidrio

- Mesa y molde de ensayo de flujo
- Espátula
- Cuarto húmedo
- Máquina de ensayo de flujo

Figura 4. **Ensayo de flujo y trabajabilidad**



Fuente: elaboración propia.

6.3.6. **Temperatura**

Determinación de la temperatura del mortero monocapa con el contenido óptimo de agua a temperatura ambiente.

Equipo utilizado:

- Termómetro
- Material
- Recipiente

Figura 5. **Ensayo de temperatura**



Fuente: elaboración propia.

6.3.7. Retención de agua

Este método se utiliza para determinar la retención de agua de morteros y enlucidos que utilizan cemento hidráulico.

Provee los medios para determinar la capacidad de retención de agua en morteros y enlucidos bajo succión. Los resultados de la prueba pueden ser utilizados para determinar si el mortero se encuentra bajo especificación.

En morteros de mampostería los resultados de esta prueba no necesariamente indican el grado de retención de agua, cuando se utilizan con unidades de mampostería; el aumento de agua absorbida por la unidad depende de la proporción de absorción de la unidad de mampostería.

Equipo utilizado:

- Equipo para determinación del límite líquido

- Equipo para determinar peso específico aparente
- Equipo para determinar peso unitario seco
- Equipo de succión
- Equipo de calibración

Figura 6. **Ensayo de retención de agua**



Fuente: elaboración propia.

6.3.8. Contenido de aire

Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el contenido de aire de un mortero preparado con cal hidratada, bajo las condiciones especificadas.

Proporción de la capa base. La retención se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R = \left(\frac{Fd}{Fa} \times 100 \right)$$

Donde:

- R = retención de agua expresada en porcentaje
- Fa = Flujo antes de la succión
- Fd = flujo después de la succión

6.3.9. Resistencia a la penetración

Este ensayo cubre la determinación del tiempo de secado del mortero, con revenimiento mayor a cero, por medio de la medición de la resistencia a la penetración del mortero tamizado de la mezcla de concreto y para la evaluación de morteros y lechadas. La resistencia a la penetración se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde:

- P = resistencia a la penetración
- F = fuerza de presión aplicada mediante el dinamómetro
- A = área de la aguja utilizada en la penetración

Equipo utilizado:

- Capela
- Placa graduada
- Indicador
- Tornillo de retención
- Platillo apto para recibir pesas
- Tornillo de bloqueo
- Aguja de Vicat

Figura 7. **Ensayo de velocidad de endurecimiento por el método de Resistencia a la penetración**



Fuente: elaboración propia.

6.3.10. Resistencia a la compresión

Este ensayo cubre la determinación del esfuerzo compresivo de morteros de cemento hidráulico, usando especímenes cúbicos de 2 pulgadas o 50 mm de

lado, cuyos resultados pueden ser utilizados para determinar si estos se encuentran de acuerdo a especificaciones. La resistencia a la compresión se calcula mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

- C = esfuerzo de compresión
- P = carga de falla
- A = área de la cara del cubo de mortero

Equipo utilizado:

- Aditamento para fallar cubos
- Máquina de compresión
- Cubos a 5, 9, 31 días
- Moldes para la realización de cubos según norma
- Aceite
- brochas

Figura 8. **Ensayo de compresión**



Fuente: elaboración propia.

6.4. Proporciones evaluadas

Las proporciones evaluadas para morteros monocapa tipo A y morteros monocapa tipo B fueron las proporcionadas por la empresa encargada de este estudio.

6.4.1. Mortero tipo A

Las proporciones evaluadas para el mortero tipo A son 1:4.5 según tabla I; este mortero se utiliza como acabado final sobre una base de mortero tipo B, para un espesor no mayor a 5 milímetros el mortero tipo A permite un acabado

rallado, remolineado y alisado; también, proporciona permeabilidad a las unidades de mampostería.

Tabla I. **Proporciones (1:4.5) para cernido tipo A**

| Proporción cernido blanco | | |
|----------------------------------|-----|-----------------|
| cemento blanco | cal | polvo de mármol |
| 0,8 | 0,2 | 4,5 |

Fuente: elaboración propia.

6.4.2. Mortero tipo B

Las proporciones evaluadas para el mortero tipo B son 1:4.5 según tabla II este mortero se utiliza como base para el mortero tipo A, para un espesor no mayor a 1 centímetro el mortero tipo A permite un acabado rallado, remolineado y alisado; también, proporciona permeabilidad a las unidades de mampostería.

Tabla II. **Proporciones (1:4.5) para cernido tipo B**

| Proporción cernido gris | | |
|--------------------------------|-----|-----------------|
| Cemento | Cal | polvo de mármol |
| 0,9 | 0,1 | 4,5 |

Fuente: elaboración propia.

6.4.3. Datos obtenidos

A continuación, se presenta los resultados obtenidos, en los distintos ensayos realizados a las proporciones de morteros propuestos, procediendo al análisis respectivo de los mismos, así como las recomendaciones que se

proponen a las dosificaciones que no cumplen con los estados idealizados a los que se pretende llegar.

6.5. Mortero tipo A

Las proporciones evaluadas para el mortero tipo A son 1:4.5

Tabla III. **Proporciones cernido tipo A**

| Proporción cernido gris | | |
|--------------------------------|-----|-----------------|
| cimento | Cal | polvo de mármol |
| 0,8 | 0,2 | 4,5 |

Fuente: elaboración propia.

6.5.1. Proporciones para una bolsa de 100 Lb cernido tipo A

A continuación, se presenta por medio de una tabla la cantidad de materiales en porcentaje y en libras para una bolsa de mortero tipo A

Tabla IV. **Cantidad de materiales para la elaboración de una bolsa de 100lb de mortero A**

| cernido blanco para una bolsa de 100 lb | | | |
|--|------------|----------|--------|
| Materiales | porcentaje | cantidad | unidad |
| Cemento blanco | 14,50 % | 14,5 | libras |
| Cal | 3,60 % | 3,6 | libras |
| polvo de mármol | 81,90 % | 81,9 | libras |
| Total | 100,00 % | 100,00 | libras |
| ADITIVO | | 100 | gramos |
| Aglomerantes | 18,18 % | | |
| Agregados | 81,82 % | | |

Fuente: elaboración propia.

6.5.2. Granulometría mortero tipo A

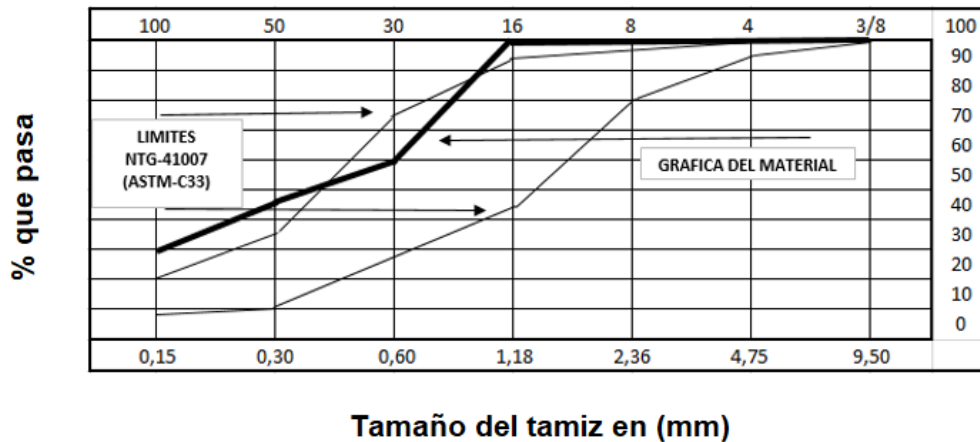
La granulometría del mortero tipo A inicia en el tamiz 3/8 y termina en el tamiz 100 para el análisis de agregado fino como se muestra en la siguiente tabla y gráfica.

Tabla V. **Tamaño en milímetros que pasan por los tamices del 3/8 al 100 para agregado fino del mortero A**

| | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Tamiz No. | 9,50 | 4,75 | 2,36 | 1,18 | 0,60 | 0,30 | 0,15 |
| % Que pasa | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 60,80 | 46,60 | 29,00 |
| % Acumulado | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100 | 55,4 | 19,2 | 14,00 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Tamaño en milímetros que pasan por los tamices del 3/8 al 100 para agregado fino del mortero A**



Fuente: elaboración propia.

6.6. Mortero tipo B

Las proporciones evaluadas para el mortero tipo B son 1:4.5

Tabla VI. **Proporciones cernido tipo B**

| Proporción cernido gris | | |
|-------------------------|-----|-----------------|
| cemento | Cal | polvo de mármol |
| 0,9 | 0,1 | 4,5 |

Fuente: elaboración propia.

6.6.1. Proporciones para una bolsa de 100 Lbs de mortero tipo B

A continuación, se presenta por medio de una tabla la cantidad de materiales en porcentaje y en libras para una bolsa de mortero tipo B

Tabla VII. **Cantidad de materiales para la elaboración de una bolsa de 100lb de mortero B**

| cernido gris para una bolsa de 100 lb | | | |
|---------------------------------------|------------|----------|--------|
| Materiales | porcentaje | cantidad | unidad |
| Cemento | 16,40 % | 16,4 | Libras |
| Cal | 1,80 % | 1,8 | Libras |
| Polvo de mármol | 81,80 % | 81,8 | Libras |
| Total | 100 % | 100,00 | libras |
| ADITIVO: | | 363 | gramos |
| Aglomerantes | 18,18 % | | |
| Agregados | 81,82 % | | |

Fuente: elaboración propia.

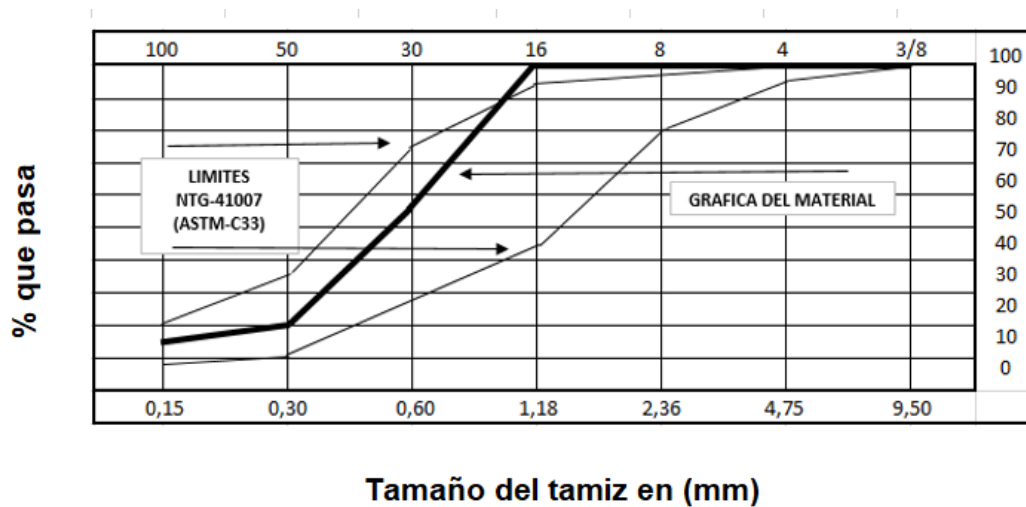
6.6.2. Granulometría mortero tipo B

La granulometría del mortero tipo B inicia en el tamiz 3/8 y termina en el tamiz 100 para el análisis de agregado fino como se muestra en la siguiente tabla y gráfica.

Tabla VIII. **Tamaño en milímetros que pasan por los tamices del 3/8 al 100 para agregado fino del mortero B**

| | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| Tamiz No. | 9,50 | 4,75 | 2,36 | 1,18 | 0,60 | 0,30 | 0,15 |
| % Que pasa | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 54,50 | 19,20 | 14,00 |
| % Acumulado | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 66,80 | 86,00 | 100,00 |

Figura 10. **Análisis completo para agregado fino mortero B**



Fuente: elaboración propia.

6.7. Mortero ya preparado

El mortero ya preparado es un compuesto de conglomerantes inorgánicos, agregados finos al cual ya se le ha agregado agua según su dosificación.

6.7.1. Mortero tipo A

El mortero tipo A ya preparado tiende a tener un color blanco lo cual permite identificarlo fácilmente y es utilizado para nivelación de muros y losas.

6.7.1.1. Temperatura

Se analizó la temperatura por el método directo colocando un termómetro inmediatamente después de preparar la mezcla obteniendo un dato promedio para ambas muestras mortero tipo A y mortero tipo B de 23.1° Celsius; por lo que no se considera un dato relevante para dichas muestras debido a que no existe alzas ni bajas en la temperatura durante el fraguado.

6.7.1.2. Retención de agua

Resultados para la retención del agua es del 60 % para morteros tipo A.

6.7.1.3. Flujo y trabajabilidad

Resultados obtenidos para el ensayo de trabajabilidad y flujo del mortero tipo A bajo condiciones ideales en laboratorio.

- Flujo: (27+27+27+28)
- Mortero tipo A= 109 %

6.7.1.4. Resistencia a la penetración

La resistencia a la penetración determina la resistencia de un material hacer penetrado por una aguja de vicat.

Tabla IX. **Tiempo de fraguado para mortero tipo A**

| Ensayo | Normas | Resultados | |
|---|----------------------------------|---|--------------|
| Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico usando aguja de Vicat | NORMA NTG 41003 h10 (ASTM C-191) | Tiempo de fraguado inicial vicat(A) (min) | 588,80(min) |
| | | Tiempo de fraguado final vicat(A) (min). | 1310,00(min) |

Fuente: elaboración propia.

6.7.1.5. Compresión para cubos de morteros

La compresión en cubos de moteros permite identificar el tipo de falla que sufren los morteros al ser sometidos a una fuerza de compresión en una de sus secciones.

Tabla X. **Datos de laboratorio de cubos a compresión mortero tipo A**

| Fecha hechura | Fecha ruptura | Días | P | L | L2 |
|---------------|---------------|------|-----|------|------|
| 1/03/2018 | 5/03/2018 | 4 | 136 | 5,04 | 5,13 |
| 1/03/2018 | 5/03/2018 | 4 | 136 | 5,05 | 5,12 |
| 1/03/2018 | 5/03/2018 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 1/03/2018 | 19/03/2018 | 18 | 227 | 5,06 | 5,13 |
| 1/03/2018 | 19/03/2018 | 18 | 227 | 5,1 | 5,13 |
| 1/03/2018 | 19/03/2018 | 18 | 227 | 5,1 | 5,08 |
| 1/03/2018 | 3/04/2018 | 33 | 273 | 5,06 | 5,07 |
| 1/03/2018 | 3/04/2018 | 33 | 273 | 5,1 | 5,1 |
| 1/03/2018 | 3/04/2018 | 33 | 273 | 5,06 | 5,14 |

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de área:

Fórmula:

$$A = L1 * L2$$
$$A1 \quad 26,0075 = 5,05 * 5,15$$

Tabla XI. **Cálculo de Área en centímetros cuadrados**

| L | L2 | Área |
|------|------|---------|
| 5,04 | 5,13 | 25,8552 |
| 5,05 | 5,12 | 25,856 |
| 0 | 0 | 0 |
| 5,06 | 5,13 | 25,9578 |
| 5,1 | 5,13 | 26,163 |
| 5,1 | 5,08 | 25,908 |
| 5,06 | 5,07 | 25,6542 |
| 5,1 | 5,1 | 26,01 |
| 5,06 | 5,14 | 26,0084 |

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de esfuerzo (con aproximación)

$$\sigma = \frac{P/2,2046}{(L1 * L2)}$$

$$\sigma_1 \quad 2,3923 \frac{136/2,2046}{(25,8552)}$$

Tabla XII. **Cálculo de esfuerzo**

| No | δ |
|-----------|----------------------------|
| 1 | 2,3923288 |
| 2 | 2,39225478 |
| 3 | 0 |
| 4 | 3,97145493 |
| 5 | 3,94030627 |
| 6 | 3,97908881 |
| 7 | 4,82214528 |
| 8 | 4,75618144 |
| 9 | 4,75647404 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Cálculo de esfuerzo en mega pascales**

| No | Mpa |
|-----------|------------|
| 1 | 1,10 |
| 2 | 1,10 |
| 3 | 0,00 |
| 4 | 1,90 |
| 5 | 1,90 |
| 6 | 1,90 |
| 7 | 2,30 |
| 8 | 2,30 |
| 9 | 2,30 |

Fuente: elaboración propia.

- Esfuerzo en PSI (con aproximación)

- Fórmula:

$$\text{PSI} = \text{MPa} * 145,1$$

$$\text{PSI (1)} \quad 75,0271 = 0,5171 * 145,1$$

Tabla XIV. **Cálculo de esfuerzo en PSI**

| No | PSI |
|----|--------|
| 1 | 75,03 |
| 2 | 75,02 |
| 3 | 0,00 |
| 4 | 124,55 |
| 5 | 123,57 |
| 6 | 124,79 |
| 7 | 151,23 |
| 8 | 149,16 |
| 9 | 149,17 |

Tabla XV. **Resumen de resultados mortero tipo A**

| No | Area | KG/CM2 | δ | MPA | PSI |
|----|--------|--------|------|-----|-----|
| 1 | 25,855 | 5,27 | 2,39 | 0,5 | 70 |
| 2 | 25,856 | 5,27 | 2,39 | 0,5 | 70 |
| 3 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 |
| 4 | 25,958 | 8,76 | 3,97 | 0,9 | 130 |
| 5 | 26,163 | 8,69 | 3,94 | 0,8 | 120 |
| 6 | 25,908 | 8,77 | 3,98 | 0,9 | 130 |
| 7 | 25,654 | 10,63 | 4,82 | 1 | 150 |
| 8 | 26,01 | 10,49 | 4,76 | 1 | 150 |
| 9 | 26,008 | 10,49 | 4,76 | 1 | 150 |

Fuente: elaboración propia.

6.7.2. Mortero tipo B

El mortero tipo B ya preparado tiende a tener un color gris lo cual permite identificarlo fácilmente y es utilizado para acabados finales en muros y losas.

6.7.2.1. Temperatura

Se analizó la temperatura por el método directo colocando un termómetro inmediatamente después de preparar la mezcla obteniendo un dato promedio para ambas muestras mortero tipo A y mortero tipo B de 23.1° Celsius; por lo que no se considera un dato relevante para dichas muestras debido a que no existe alzas ni bajas en la temperatura durante el fraguado.

6.7.2.2. Retención de agua

Resultados para la retención del agua es del 20 % para morteros tipo B.

6.7.2.3. Flujo y trabajabilidad

Resultados obtenidos para el ensayo de trabajabilidad y flujo del mortero tipo B bajo condiciones ideales en laboratorio.

- Flujo: (27+27+26+26)
- Mortero tipo B flujo = 106 %

6.7.2.4. Resistencia a la penetración

A continuación, se muestra el tiempo de fraguado para mortero tipo B.

Tabla XVI. **Tiempo de fraguado para mortero tipo B**

| Ensayo | Normas | Resultados | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico usando aguja de Vicat | NORMA NTG 41003 h10 (ASTM C-191) | Tiempo de fraguado inicial vicat(A) (min) | 560,60(min) |
| | | Tiempo de fraguado final vicat(A) (min). | 1 265,00(min) |

Fuente: elaboración propia.

6.7.2.5. Compresión

La compresión en cubos de moteros permite identificar el tipo de falla que sufren los morteros al ser sometidos a una fuerza de compresión en una de sus secciones.

Tabla XVII. **Datos de laboratorio de cubos a compresión mortero tipo B**

| Fecha hechura | Fecha ruptura | Días | P | L | L2 |
|---------------|---------------|------|-------|------|------|
| 1/03/2018 | 5/03/2018 | 4 | 1 091 | 5,05 | 5,15 |
| 1/03/2018 | 5/03/2018 | 4 | 1 136 | 5,11 | 5,09 |
| 1/03/2018 | 5/03/2018 | 4 | 1 045 | 5,09 | 5,13 |
| 1/03/2018 | 19/03/2018 | 18 | 1 364 | 5,1 | 5,14 |
| 1/03/2018 | 19/03/2018 | 18 | 1 364 | 5,1 | 5,12 |
| 1/03/2018 | 19/03/2018 | 18 | 1 273 | 5,09 | 5,07 |
| 1/03/2018 | 3/04/2018 | 33 | 1 682 | 5,17 | 5 |
| 1/03/2018 | 3/04/2018 | 33 | 1 727 | 5,11 | 5,12 |
| 1/03/2018 | 3/04/2018 | 33 | 1 591 | 5,15 | 5,07 |

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de área
- Fórmula:

$$A = L1 * L2$$

Tabla XVIII. **Cálculo de área**

| L | L2 | Área |
|------|------|---------|
| 5,05 | 5,15 | 26,0075 |
| 5,11 | 5,09 | 26,0099 |
| 5,09 | 5,13 | 26,1117 |
| 5,1 | 5,14 | 26,214 |
| 5,1 | 5,12 | 26,112 |
| 5,09 | 5,07 | 25,8063 |
| 5,17 | 5 | 25,85 |
| 5,11 | 5,12 | 26,1632 |
| 5,15 | 5,07 | 26,1105 |

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de esfuerzo (con aproximación)

$$\sigma = \frac{P/2,2046}{(L1 * L2)}$$

$$\sigma_1 \quad 19 = \frac{1\ 091/2,2046}{(26,0075)}$$

Tabla XIX. **Cálculo de esfuerzo**

| No | δ |
|-----------|----------------------------|
| 1 | 19,0266 |
| 2 | 19,8175 |
| 3 | 18,1610 |
| 4 | 23,5958 |
| 5 | 23,6880 |
| 6 | 22,3707 |
| 7 | 29,5113 |
| 8 | 29,9461 |
| 9 | 27,6376 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Cálculo de esfuerzo en Mpa**

| No | Mpa |
|-----------|------------|
| 1 | 4,10 |
| 2 | 4,30 |
| 3 | 3,90 |
| 4 | 5,10 |
| 5 | 5,10 |
| 6 | 4,80 |
| 7 | 6,40 |
| 8 | 6,50 |
| 9 | 6,00 |

Fuente: elaboración propia.

- Esfuerzo en PSI (con aproximación)

- Fórmula:

$$PSI = MPa * 145,1$$

$$PSI (1) \quad 590 = 4,1 * 145,1$$

Tabla XXI. **Esfuerzo en a PSI**

| No | PSI |
|----|----------|
| 1 | 596,7016 |
| 2 | 621,5068 |
| 3 | 569,5571 |
| 4 | 740,0014 |
| 5 | 742,8920 |
| 6 | 701,5794 |
| 7 | 925,5198 |
| 8 | 939,1550 |
| 9 | 866,7571 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Resumen de resultado mortero tipo B**

| No | Área | KG/CM2 | δ | MPA | PSI |
|----|--------|--------|-------|-----|-----|
| 1 | 26,008 | 41,95 | 19,03 | 4,1 | 590 |
| 2 | 26,01 | 43,69 | 19,82 | 4,3 | 620 |
| 3 | 26,112 | 40,04 | 18,16 | 3,9 | 570 |
| 4 | 26,214 | 52,02 | 23,60 | 5,1 | 740 |
| 5 | 26,112 | 52,22 | 23,69 | 5,1 | 740 |
| 6 | 25,806 | 49,32 | 22,37 | 4,8 | 700 |
| 7 | 25,85 | 65,06 | 29,51 | 6,4 | 930 |
| 8 | 26,163 | 66,02 | 29,95 | 6,5 | 940 |
| 9 | 26,111 | 60,93 | 27,64 | 6 | 870 |

Fuente: elaboración propia.

6.8. Resultados obtenidos en campo

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en campo con el mortero tipo B.

6.8.1. Mortero tipo B

Las proporciones evaluadas para el mortero tipo B son 1:4.5

6.8.1.1. Manejabilidad para cernido tipo B

Se determinó la manejabilidad al iniciar la aplicación del mortero monocapa gris donde la manejabilidad depende del tiempo en que se aplica en la superficie el mortero después de mezclarlo con agua.

Tabla XXIII. **Manejabilidad respecto al tiempo mortero tipo B**

| Tiempo (min) | manejabilidad en porcentaje (%) |
|---------------------|--|
| 10 min a 30 min | 90 % |
| 30 min a 1 hora | 80 % |
| 1 hora a 2 horas | 70 % |
| 2 horas en adelante | no usarse |

Fuente: elaboración propia.

6.8.1.2. Tiempo de secado para cernido tipo B

El tiempo de secado depende del espesor del mortero monocapa gris que se aplicara en las unidades de mampostería, este ensayo se realizó para una capa de 1 cm de espesor después de su aplicación.

Tabla XXIV. **Secado respecto al tiempo mortero tipo B.**

| Tiempo (min) | secado en porcentaje (%) |
|---------------------|---------------------------------|
| 10 min a 30 min | 10 % |
| 30 min a 1 hora | 15 % |
| 1 hora a 2 horas | 80 % |
| 2 horas en adelante | totalmente seco |

Fuente: elaboración propia.

6.8.1.3. Tiempo de aplicación para cernido tipo B

Este ensayo depende de la velocidad de cada trabajador y su experiencia en la aplicación de morteros monocapa, así como en la calidad de las herramientas necesarias para la aplicación del mismo.

6.8.2. Mortero tipo A

A continuación, se muestran los resultados obtenidos con el mortero tipo A.

6.8.2.1. Manejabilidad para cernido tipo A

La manejabilidad promedio a la hora de la aplicación del mortero monocapa gris depende del tiempo en que se use el mortero después de mezclarlo con agua.

Tabla XXV. **Manejabilidad respecto al tiempo mortero tipo A**

| Tiempo (min) | manejabilidad en porcentaje (%) |
|---------------------|--|
| 10 min a 30 min | 90 % |
| 30 min a 1 hora | 80 % |
| 1 hora a 2 horas | 70 % |
| 2 horas en adelante | no usarse |

Fuente: elaboración propia.

6.8.2.2. Tiempo de secado para cernido tipo A

El tiempo de secado depende del espesor del mortero monocapa blanco en la pared este ensayo se realizó para una capa de 0,5 cm de espesor después de su aplicación.

Tabla XXVI. **Secado respecto al tiempo mortero tipo A**

| Tiempo (min) | secado en porcentaje (%) |
|---------------------|---------------------------------|
| 10 min a 30 min | 10 % |
| 30 min a 1 hora | 15 % |
| 1 hora a 2 horas | 80 % |
| 2 horas en adelante | totalmente seco |

Fuente: elaboración propia.

6.8.2.3. Tiempo de aplicación para cernido tipo A

Este ensayo depende de la velocidad de cada trabajador y su experiencia en la aplicación de moteros monocapa, así como en la calidad de las herramientas necesarias para su aplicación.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1. Morteros

Las características del mortero influyen en las propiedades de la mampostería confiada o reforzada, de absorción y tiempo de vida, ya que ofrece una protección para la intemperie y los cambios climáticos; en Guatemala, la mayor parte de las construcciones que se realizan utilizan morteros elaborados en obra los cuales no cumplen con las proporciones adecuadas para morteros de acabados por lo cual se recomienda la utilización de morteros elaborados en fábrica que solo necesitan agua para su preparación ya que cumplen con normas internacionales en sus características físicas y propiedades mecánicas.

7.2. Materiales

A continuación, se muestran los materiales utilizados en los morteros.

7.2.1. Cementos

El cemento utilizado cumple con las especificaciones de las normas ASTM aplicables, su uso debiera estar orientado de acuerdo a sus características físicas, mecánicas y químicas particulares. El cemento mezclado de uso general en la construcción UGC es producido por la empresa Cementos Progreso (ASTM C-595); tiene adición de puzolanas que permiten usarlo en morteros con resultados aceptables, pero bajo las proporciones y condiciones adecuadas; se puede mencionar que su resistencia mecánica alcanza valores

más altos que los cementos de mampostería a la misma edad, por lo que su uso puede estar condicionado por el tipo mortero a utilizar y las condiciones del proyecto. De acuerdo a lo indicado en el trabajo de graduación del Ingeniero Walter Álvarez (2007) la mayoría de morteros elaborados con este tipo de cemento en el área metropolitana de Guatemala están sobre dosificados, con valores de resistencia a compresión arriba de los 34,3 MPa (350 kg/cm²),

7.2.2. Polvo de mármol

La granulometría recomendada para morteros de acabados es del tamiz No 16 al tamiz 200 dado que los espesores máximos de las capas para morteros monocapa tipo A y tipo B no permiten mayores diámetros.

7.3. Características físicas y propiedades mecánicas

Las características físicas y propiedades mecánicas de los materiales son aquellas que nos permiten diferenciar un material de otro.

7.3.1. Resistencia a compresión

De acuerdo con los resultados obtenidos el valor de la resistencia a compresión del mortero tipo B es mayor al mortero tipo A, el f'_c a los 28 días del mortero tipo B 6,3 MPa (64.21 kg/cm²) y el mortero tipo A 1,00 MPa (10,55 kg/cm²); por este motivo se recomienda al usuario utilizar primero una capa de mortero tipo B como base que tiene mayor resistencia a la compresión y posteriormente una capa de mortero tipo A como acabado final.

7.3.2. Módulo de finura

De acuerdo a los resultados obtenidos el valor de finura en el tamiz Núm. 200, el Mortero tipo A (15,70 %) módulo de finura (1,64) es mayor al mortero tipo B (11,30 %) módulo de finura (2,12), a mayor finura mejor resistencia a la absorción por lo que se recomienda como acabado final.

7.3.3. Tiempos de fraguado

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de fraguado, el Mortero tipo A (inicial 588,80 minutos y final 1 310,00 minutos) tiene tiempos mayores a los del mortero tipo B (inicial 560,69 minutos y final 1 265,00 minutos), tiempos de fraguado más altos significan mayor posibilidad de manipular el mortero al momento de su aplicación, característica necesaria en morteros para acabados y sobre todo en los morteros para acabados finales.

7.3.4. Consistencia normal

El porcentaje de agua para consistencia normal, para el mortero tipo A (72,00 %) es mayor que el del mortero tipo B (48,00 %), valores que están de acuerdo a las características de cada tipo de acabado, acabado final y de base respectivamente. Mayor demanda de agua significa menor resistencia a compresión y mayores tiempos de fraguado.

7.3.5. Trabajabilidad

Medida por medio de la mesa de flow, a mayor demanda de agua significa menor resistencia a compresión y mayores tiempos de fraguado, también permite que el mortero pueda ser manipulado durante más tiempo, condición necesaria en acabados dados los procesos que involucra. La trabajabilidad fue

similar para mortero tipo A (109 %) y mortero tipo B (106 %) que queda dentro del rango 110 ± 5 % indicado en la norma ASTM C-270 para el control de morteros en laboratorio.

7.3.6. Retención de agua

La retención de agua es uno de los factores de mayor importancia en morteros para acabados ya que esta nos permite un mayor tiempo de aplicación, para aumentar el porcentaje de retención de agua se utilizan aditivos que permitan la retención de humedad (Mesellose) de la marca Samsung es el utilizado para los morteros tipo A y tipo B vemos en los resultados que el mortero tipo A (60 %) tiene mayor retención de agua que el mortero tipo B (20 %).

7.3.7. Resistencia a la compresión

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de cubos a compresión, se presentaron valores más altos para el mortero tipo B para todas las edades, estos valores son los esperados para el mortero de base y el mortero de acabado final siendo el mortero tipo B el que debe ser más resistente dado que es un mortero de base para la aplicación del mortero tipo A.

- Mortero tipo A: 4,92 Kg_f a 7 días y 10,55 Kg_f a 28 días
- Mortero tipo B: 41,71 Kg_f a 7 días y 64,21 Kg_f a 28 días

CONCLUSIONES

1. Los morteros elaborados con adiciones de cal y aditivos en su proporción, cumplen con los requerimientos mínimos establecidos en la norma ASTM-270 para retención de agua menor al (75 %).
2. El tiempo de fraguado inicial se retarda en morteros con adiciones de cal comparando el motero tipo A con 3,6 % de cal en sus proporciones fraguo más lento que el mortero tipo B con 1,8 % de cal en sus proporciones.
3. La utilización del aditivo mesellose en los morteros monocapa aumenta los tiempos de aplicación reteniendo la humedad al momento de aplicación en los mismos permitiendo cubrir más área en metros cuadrados.
4. El análisis comparativo entre los morteros tipo A y morteros tipo B entre los formulados por adetec y la marca líder en el mercado revelan tiempos en secado y tiempo de aplicación muy parecidos con una variación del 15 % al 25 %.
5. Se realizó una ficha técnica con la información proporcionada en este trabajo de graduación la cual será entregada a la empresa correspondiente para que pueda ser proporcionada a los usuarios de morteros monocapa.

6. El uso de morteros monocapa previene la humedad por la alta permeabilidad que proporciona cuando es aplicado a dos manos una con mortero tipo B como base y la segunda con mortero tipo A como acabado final, que dan un beneficio positivo directo para la salud que previene enfermedades respiratorias y a largo plazo enfermedades asmáticas.

RECOMENDACIONES

1. Es importante tener los menores niveles de absorción posibles dado que a mayor absorción en las unidades de mampostería, estas sustraen más agua del mortero monocapa; reduce o en casos más graves, anula la hidratación del cemento en la superficie que los une, con lo cual se pierde la adherencia y se originan fisuras. Por el contrario, las unidades totalmente permeables evitan el intercambio de humedad y la creación de una superficie de adherencia, dando como resultado unidades de baja resistencia, que se manifiestan como fisuras.
2. Para prevenir la absorción se debe realizar sondeos en el suelo donde se construirá la cimentación para determinar el nivel freático debido a que este es un factor altamente negativo para la edificación, se debe analizar la inclusión de pozos de absorción para drenar el agua. Otro de los tratamientos para reducir la humedad puede ser el uso de resinas en la base de los cimientos.
3. Existen otros métodos no tan utilizados como la electroosmosis con la cual se invierte la polaridad del suelo y la pared y esto provoca que al agua no pueda ascender del suelo hacia la pared.
4. Existen láminas impermeables elaboradas de polipropileno (caucho) las cuales pueden ayudar a evitar la humedad en las obras civiles.
5. En el diseño de un hogar es muy importante tomar en cuenta la ventilación y la iluminación no solo por requisitos arquitectónicos; también, para prevenir inconvenientes de humedad, muros ventilados e

iluminados son naturalmente resistentes a la humedad proveniente del suelo; tomar en cuenta estos factores ayuda grandemente a la que estructura sea más resistente al paso del tiempo y factores climáticos además de que mejora las condiciones para los habitantes que se encuentran disfrutando de su hogar.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing and Materials. *Annual Book of ASTM Standards*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2002. 139 p.
2. ECUTÉ BANTES, Francisco Javier. *Evaluación de variabilidad de las propiedades de los agregados de dos plantas, una en Escuintla y la otra en Tecún Uman*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 120 p.
3. HANFORD, Desiree J. *Cómo especificar y utilizar un mortero para mampostería*. México: The Aberdeen Group, 1994. 231 p.
4. MACAL DOMÍNGUEZ, Jorge Francisco, *Morteros de levantado para mampostería en área urbanas*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1988. 200 p.
5. SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. *Tecnología del concreto y del mortero*. 5a ed. Colombia: Bhandar editores Ltda., 2001. 129 p.

