



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

**EVALUACIÓN DE MORTEROS CON CEMENTO ROMANO MODIFICADO PARA EL
PEGADO DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO Y REVESTIMIENTO CERÁMICO**

Benjamín Leví Battz Ramírez
Asesorado por el Ing. Yefry Rosales Juárez

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE MORTEROS CON CEMENTO ROMANO MODIFICADO PARA EL
PEGADO DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO Y REVESTIMIENTO CERÁMICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

BENJAMIN LEVI BATTZ RAMÍREZ

ASESORADO POR EL ING. YEFRY ROSALES JUÁREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy OlympoPaiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy OlympoPaiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Linares Cruz
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

EVALUACIÓN DE MORTEROS CON CEMENTO ROMANO MODIFICADO PARA EL PEGADO DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO Y REVESTIMIENTO CERÁMICO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha agosto de 2011.



Benjamin Levi Battz Ramirez

Guatemala, 05 de Septiembre de 2012

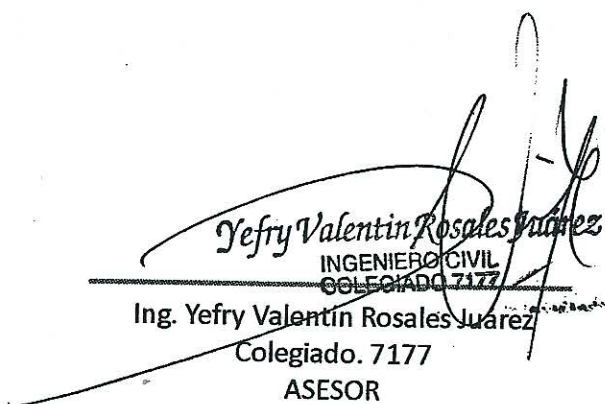
Ingeniero Guillermo Francisco Melini Salguero
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil
Área de Materiales y Construcciones Civiles
Coordinador

Ingeniero Melini

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación **"EVALUACIÓN DE MORTEROS CON CEMENTO ROMANO MODIFICADO PARA EL PEGADO DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO Y REVESTIMIENTO CERÁMICO"** elaborado con el estudiante universitario Benjamín Levi Battz Ramírez, quien conto con la asesoría del suscrito.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante universitario Benjamín Battz satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,


INGENIERO CIVIL
COLEGIADO 7177
Ing. Yefry Valentin Rosales Juarez
Colegiado. 7177
ASESOR



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
9 de octubre de 2012

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DE MORTEROS CON CEMENTO ROMANO MODIFICADO PARA EL PEGADO DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO Y REVESTIMIENTO CERÁMICO** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Benjamín Levi Battz Ramírez, quien contó con la asesoría del Ing. Yefry Valentín Rosales Juárez.

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 ENSEÑAD A TODOS

Ing. Civil Guillermo Francisco Melini Salguero
Coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES

USAC

/bbdeb.



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Yefry Valentín Rosales Juárez y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación de la estudiante Benjamín Leví Battz Ramírez, titulado **EVALUACIÓN DE MORTEROS CON CEMENTO ROMANO MODIFICADO PARA EL PEGADO DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO Y REVESTIMIENTO CERÁMICO**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, noviembre de 2012.

/bbdeb.



El Decano 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: **EVALUACIÓN DE MORTEROS CON CEMENTO ROMANO MODIFICADO PARA EL PEGADO DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO Y REVESTIMIENTO CERÁMICO**, presentado por el estudiante universitario **Benjamín Leví Battz Ramírez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano a.i.



Guatemala, 16 de noviembre de 2012

/gdch

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por su fidelidad y darme la sabiduría.
Mis padres	Emilio Battz y Ester Ramírez de Battz, por su amor incondicional, apoyo, paciencia y sabios consejos.
Mis hermanos	David Battz y Linda Battz, por su cariño y apoyo constante.
Mi familia	Por la ayuda, apoyo, entendimiento y satisfacción.
Mi iglesia	Por sus oraciones constantes, aliento y apoyo espiritual.
Amigos y compañeros	Por su compañía, apoyo y momentos compartidos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser la razón de mi existir.
Mi familia	Por su apoyo moral, económico, sentimental y espiritual.
Mis amigos y compañeros de estudio	Por los desvelos compartidos, la enseñanza mutua y los ánimos; por brindarme su amistad incondicional y por ser como una familia para mí.
Ing. Yefry Rosales Juárez	Por su asesoría de el presente trabajo de graduación.
Mis establecimientos educativos	Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Educativo Técnico Laboral Kinal y Colegio Evangélico Bethel.
Mis docentes	Quienes contribuyeron a mi formación educativa.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
OBJETIVOS/JUSTIFICACIÓN	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. MORTEROS	1
1.1. Definición	1
1.2. Tipos y usos de morteros	2
1.2.1. Tipos	2
1.2.1.1. Clasificación de los morteros según el medio	2
1.2.1.1.1. Aéreos	2
1.2.1.1.2. Hidráulicos	3
1.2.1.2. Clasificación de los morteros de acuerdo con el aglomerante compuesto	3
1.2.1.2.1. Mortero de cal	3
1.2.1.2.2. Mortero de cemento	3
1.2.1.2.3. Mortero de cemento Portland y cal	5
1.2.1.3. Clasificación de los morteros de acuerdo con su resistencia	6
1.2.2. Usos	6

1.3.	Propiedades de los morteros.....	9
1.3.1.	Propiedades en estado plástico.....	9
1.3.2.	Propiedades en estado endurecido	10
1.4.	Composición de los morteros	13
1.4.1.	Cemento.....	13
1.4.2.	Cal viva o hidratada.....	13
1.4.3.	Puzolana/pumita/sílice activo	14
1.4.4.	Agregados	14
1.4.5.	Agua.....	15
1.4.6.	Aditivos.....	15
2.	CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA	17
2.1.	Características de los diferentes elementos de mampostería	17
2.1.1.	Elementos de mampostería fabricados en el medio	18
2.1.1.1.	Bloques de adobe.....	18
2.1.1.2.	Bloques de hormigón.....	18
2.1.1.3.	Ladrillos de barro cocido.....	19
2.1.1.4.	Rocas naturales.....	21
2.1.1.5.	Cerámicos	22
3.	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA.....	23
3.1.	Mampostería de ladrillos de barro cocido	23
3.1.1.	Resistencia a la compresión	23
3.1.2.	Módulo de elasticidad	25
3.1.3.	Resistencia a cortante	25
3.2.	Propiedades de revestimiento cerámico.....	26

4.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	29
4.1.	Muestreo	29
4.2.	Proporciones de cementos	29
4.3.	Fabricación de cementos	30
4.4.	Caracterización de morteros	31
4.4.1.	Parámetros fisicomecánicos	31
4.5.	Aplicaciones de los morteros	42
4.5.1.	Mortero de albañilería	42
4.5.1.1.	Ensayo prismas a compresión	42
4.5.1.2.	Ensayo de corte en muro	44
4.5.1.3.	Ensayo prismas adherencia y fricción.....	45
4.5.2.	Mortero para revestimiento cerámico	46
4.5.2.1.	Tiempo abierto	46
4.5.2.2.	Tiempo de corrección.....	46
5.	RESULTADOS.....	49
5.1.	Aplicación de morteros	49
5.1.1.	Mortero de albañilería	49
5.1.2.	Mortero para pegado de bloques de barro cocido y cerámico	51
6.	ANALISIS DE RESULTADOS	53
6.1.	Morteros	53
6.1.1.	Mortero de albañilería	53
6.1.2.	Mortero para pegado de bloques de barro cocido y cerámico	59

CONCLUSIONES 65
RECOMENDACIONES 67
BIBLIOGRAFÍA 69
ANEXOS 71

LISTA DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Gráfica de esfuerzo de compresión versus retención de agua	5
2.	Ensayo de flujo.....	32
3.	Ensayo de retención de agua.....	34
4.	Ensayo de masa unitaria	35
5.	Ensayo de trabajabilidad	36
6.	Ensayo de velocidad de endurecimiento	38
7.	Ensayo de tiempo de fraguado por el método de las agujas de Vicat ..	39
8.	Ensayo de compresión del mortero	40
9.	Ensayo de tensión del mortero	41
10.	Ensayo de prismas a compresión	43
11.	Ensayo de prismas a corte	44
12.	Ensayo de prismas a fricción y adherencia	45
13.	Herramienta de acero para colocación y ensayo de probetas	47
14.	Relación de volumende agua vrs. diseño de mezcla	53
15.	Porcentaje de flujo y retención de agua	54
16.	Gráfica de trabajabilidad	55
17.	Gráfica de ensayo de masa unitaria	55
18.	Comparación de resistencia a la compresión del mortero	56
19.	Comparacion de resistencia a la tensión del mortero	58
20.	Gráfica de esfuerzo de compresión inicial y final en prismas	60
21.	Gráfica de relación de esfuerzos cortantes en prismas	61
22.	Gráfica de relacion de fricción y adherencia	62
23.	Gráfica de porcentaje de adherencia.....	63

TABLAS

I.	Dosificación de mortero	4
II.	Clasificación de los tipos de mortero de acuerdo a su resistencia	6
III.	Proporciones de morteros según su uso.....	8
IV.	Composiciones de mortero para cerámicos	8
V.	Propiedades de los morteros en estado plástico.....	9
VI.	Propiedades de los morteros en estado endurecido	10
VII.	Especificaciones de mortero reforzado de albañilería	12
VIII.	Propiedades del mortero.....	12
IX.	Tipos de aditivos químicos según la Norma ASTM C-494	16
X.	Resultados de ensayos físicos.....	49
XI.	Resultados de ensayos mecánicos.....	50
XII.	Resultados de ensayo de prismas a compresión	51
XIII.	Resultados de ensayo de prismas a corte	51
XIV.	Ensayo de tiempo de corrección del mortero.....	52
XV.	Ensayo de tiempo abierto del mortero	52
XVI.	Especificaciones técnicas del ladrillo reforzado	59

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Ab	Área bruta
F	Carga de compresión
Fc, X	Carga de confinamiento
Fd	Carga de corte
Fh	Carga lateral
Y	Carga lateral, Fh
cm	Centímetro
a1	Coefficiente de fricción
f'p	Esfuerzo de compresión en prismas
a0	Fuerza de adherencia
h	Hora
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
km	Kilometro
psi	Libra por pulgada cuadrada
Ltda	Limitada
m	Metro
mm	Milímetro
min	Minuto
PZ-1	Muestra de puzolana 1
PZ-2	Muestra de puzolana 2
PZ-3	Muestra de puzolana 3
#, No.	Número

N	Número de datos
Pág.	Página
%	Porcentaje
<i>in, pl</i>	Pulgada
Ref.	Referencia
Σ	Sumatoria
Ton/mes	Tonelada por mes

GLOSARIO

ACI	American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto).
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Ensayos y Materiales).
Bloques de concreto	Elementos huecos que se emplean apilados, ensamblados o unidos para construir muros.
Mampostería	Sistema constructivo tradicional, compuesto porelementos apilados, unidos con un mortero u otro material similar.
Mortero	Mezcla de un material aglomerante y un material de relleno, agua y aditivos.
Mortero dealbañilería	Mortero utilizado para unir elementos de mampostería unos con otros.
Mortero de revestimiento	Mortero utilizado para proteger o dar una apariencia especial a un muro de mampostería.

PCA

Portland Cement Association (Asociación del
Cemento Pórtland)

Prismas

Elementos de mampostería contruidos con
bloques de concreto que simulan secciones de
muros.

OBJETIVOS

General

Evaluar un mortero ideal alternativo con proporciones definidas para el pegado de cerámicos y levantado de muros con bloques de barro cocido.

Específicos

1. Diseñar y evaluar un mortero de pegado que una ambas piezas de barro de alta absorción, sin inmersión o hidratación previa.
2. Diseñar un mortero con dosificaciones definidas para proveer una adherencia en el pegado de cerámico.
3. Presentar un mortero que obtenga una resistencia igual o un poco mayor a la resistencia de un bloque de barro cocido.
4. Reducir las fallas en muros de bloques de barro cocido, como también el desprendimiento del cerámico por causa del mortero.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se han venido manejando distintas dosificaciones para la mezcla del mortero como adhesivo usando mezclas no diseñadas ni evaluadas, provocando así diversidad de fallas.

Es por ello que el propósito de esta investigación es proporcionar al constructor una mezcla debidamente dosificada para la aplicación del mortero como adhesivo de bloques de barro cocido, cerámicos y material de alta absorción.

Se evaluarán distintas mezclas debidamente dosificadas mediante el estudio de documentación de análisis de morteros; asimismo, con base en aspectos técnicos y de experiencia, cada mortero será evaluado y ensayado de acuerdo con las necesidades y fallas que muestren los ensayos; se irá regulando la dosificación del mortero hasta llegar a definir una mezcla óptima, logrando así proveerle al constructor un mortero que reduzca las fallas provocadas por la mala adherencia y trabajabilidad de los morteros en la construcción.

Es usual la inmersión o hidratación previa de los elementos de mampostería antes de su colocación, por lo que este estudio analizará una mortero alternativo a base de cemento romano, provocando un resultado parecido a un mortero a base de cemento portland, sin necesidad de hidratación a un costo inferior.

INTRODUCCIÓN

Los morteros son utilizados en diversidad de aplicaciones como obras de albañilería, material de agarre, revestimientos de paredes, etc.

Estos pueden definirse como la mezcla de material aglomerante (cemento hidráulico y/u otros cementantes), un material inerte (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, con propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto y son ampliamente utilizados para pegar piezas de mampostería en la construcción de muros, o para recubrirlos; en cuyo caso se le conoce como recubrimiento, repello o revestimiento.

Por lo que el fin de esta investigación es diseñar una mezcla alternativa a base de cemento romano, para la adherencia de cerámicos y bloques de barro cocido para proveer un rendimiento definido de acuerdo con las distintas necesidades, facilitando consigo su deslizamiento y óptimo ajuste al colocarlos.

Los morteros serán diseñados y dosificados idealmente para que obtengan una resistencia igual o un poco mayor que la capacidad de la mampostería (bloques de barro cocido) para que en su hora de trabajo trabajen en conjunto, y así disminuir el trabajo de un solo elemento.

1. MORTEROS

1.1. Definición

El mortero está compuesto usualmente de un material cementante, agregados, agua y eventualmente aditivos para aumentar su capacidad de adherencia, secado y trabajabilidad, pero todos los morteros deben cumplir con la Norma ASTM C270.

Los códigos de construcción establecen varios requerimientos para el mortero, incluyendo la clasificación y los detalles para su uso en la construcción; por lo que la calidad del mortero es sumamente importante para la integridad de la mampostería, ya que este es el responsable de garantizar la adherencia y la cohesión entre las unidades.

Así como la integridad de las unidades de mampostería, depende del fabricante, en el caso del mortero, tanto el proceso de fabricación como de colocación son finalmente los que definen su calidad.

Las propiedades mecánicas del mortero influyen seriamente en el comportamiento estructural de un elemento de mampostería ya que el mortero constituye de un 10 a un 20% del volumen de una pared de mampostería, afectado mediante dos propiedades:

- Deformabilidad: de la cual depende en gran medida, las deformaciones totales del elemento de mampostería y en cierta manera, la resistencia a carga vertical.

- Adherencia entre el mortero y las piezas: define en muchos tipos de mampostería sobre todo en aquellos en los que las piezas son muy resistentes, la resistencia a cortante del elemento.

1.2. Tipos y usos de morteros

De acuerdo con la variedad de aplicaciones que se le pueden dar a los morteros según la necesidad presentada estos se clasifican de acuerdo al tipo de mortero y su uso.

1.2.1. Tipos

En los diferentes tipos de morteros, se conoce una clasificación de los mismos, los cuales se refieren a su medio, a su aglomerante compuesto y a su resistencia. A continuación se explican.

1.2.1.1. Clasificación de los morteros según el medio

Los morteros se clasifican de acuerdo a su reacción molecular que actúan bajo condiciones de hidratación o deshidratación.

1.2.1.1.1. Aéreos

Son aquellos morteros que endurecen a causa de la pérdida de agua mediante influencia de aire, fraguando en presencia de un proceso de carbonatación.

1.2.1.1.2. Hidráulicos

Compuestas por calizas impurificadas con sílice y alúmina, endurecen mediante la influencia de agua, fraguando en presencia de la hidratación.

1.2.1.2. Clasificación de morteros de acuerdo con el aglomerante compuesto

Todo mortero está constituido a base de aglomerantes que provocan la adherencia. Comúnmente los más utilizados y comercializados son, el cemento y la cal.

1.2.1.2.1. Morteros de cal

Este mortero mediante el plastificante y ligador que es la cal, hacen que facilite la trabajabilidad de manipulación y aplicación; aunque debido a su lenta velocidad de endurecimiento no provee altas resistencias iniciales.

El diseño de este mortero es a base de cal, un agregado fino para evitar agrietamientos y contracción del mortero y por último, agua.

1.2.1.2.2. Morteros de cemento

Para el diseño de este mortero se utiliza cemento hidráulico con contenido de aire para aumentar la resistencia a la flexión en uniones y como se utiliza un cemento hidráulico no se hace necesario la aplicación de cal.

La elaboración de este mortero se acostumbra hacerlo en obra por el rápido fraguado que presenta el cemento, reduciendo el tiempo de aplicación, aunque las condiciones de trabajabilidad dependen de la relación agua-cemento.

La siguiente tabla muestra las proporciones de ingredientes para este tipo de mortero.

Tablal. **Dosificación de mortero**

MORTERO	TIPO	DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN (Materiales Cementantes)							CAL HIDRATADA ^e O MASTIQUE DE CAL	AGREGADO MEDIDO EN ESTADO SUELTO Y HÚMEDO
		Cemento Portland ^a o Cemento mezclado ^b	Cemento de mampostería ^c			Cemento de mortero ^d				
			M	S	N	M	S	N		
Cemento-cal	M	1	--	--	--	--	--	--	¼	No menos de 2¼ y no más de 3 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	1	--	--	--	--	--	--	Más de ¼ a ½	
	N	1	--	--	--	--	--	--	½	
	O	1	--	--	--	--	--	--	Más de ½ a 1¼	
Cemento de mortero	M	1	--	--	--	--	--	1	--	
	M	--	--	--	--	1	--	--	--	
	S	½	--	--	--	--	--	1	--	
	S	--	--	--	--	--	1	--	--	
	N	--	--	--	--	--	--	1	--	
Cemento de mampostería	O	--	--	--	--	--	--	1	--	
	M	1	--	--	1	--	--	--	--	
	M	--	1	--	--	--	--	--	--	
	S	½	--	--	1	--	--	--	--	
	S	--	--	1	--	--	--	--	--	
Cemento de mampostería	N	--	--	--	1	--	--	--	--	
	O	--	--	--	1	--	--	--	--	
	O	--	--	--	1	--	--	--	--	

a. Cemento Portland conforme a los requisitos de ASTM C 150.
b. Cemento mezclado conforme a los requisitos de ASTM C 595.
c. Cemento de mampostería conforme a los requisitos de ASTM C 91.
d. Cemento de mortero conforme a los requisitos de ASTM C 1329.
e. Cal hidratada conforme a los requisitos de ASTM C 207.

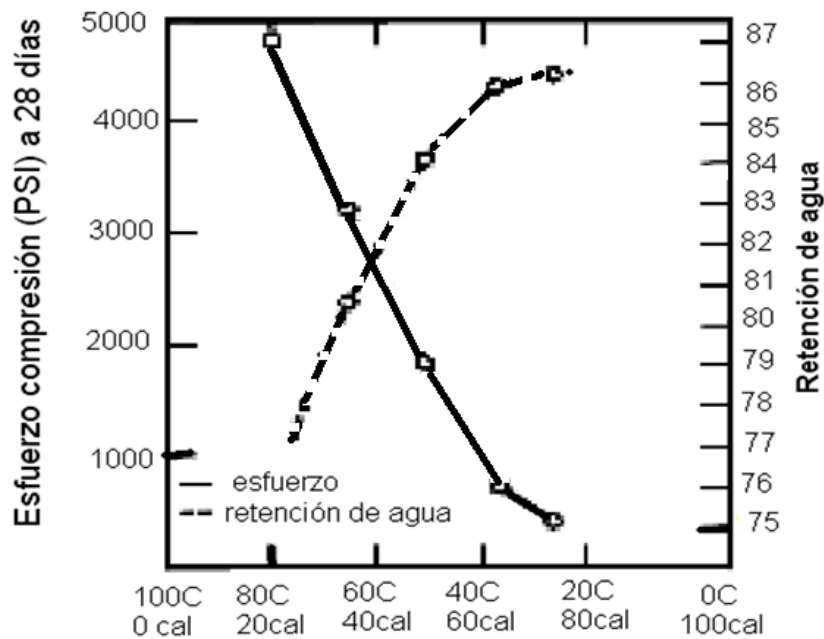
Fuente: American society for testing and material, ASTM C-270-03 "Standard Specification for Mortar for Unit Masonry" p.191.

1.2.1.2.3. Morteros de cemento Portland y cal

Esta combinación ofrece las mejores propiedades de los dos materiales, deseables en la construcción de mampostería, ya que el cemento contribuye a la alta resistencia a la compresión; los resultados de mortero de cemento-arena en la baja retención de agua y puede estar sujeto a la fisuración. La adición de cal reduce la fuerza de compresión, pero aumenta remanencia de agua y reduce así el agrietamiento.

La gráfica siguiente muestra la relación entre varias proporciones de cemento y cal contra esfuerzos y retención de agua.

Figura 1. Gráfica de esfuerzo de compresión versus retención de agua



Fuente: GALVIS RAMOS, Josué. Diseño de mezclas de concreto y mortero para la ciudad de Manizales. p. 84.

1.2.1.3. De acuerdo con su resistencia

Según la Norma ASTM C270 se clasifican como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla II. **Clasificación de los tipos de mortero de acuerdo a su resistencia**

Designación	Resistencia	Resistencia a la de compresión *	
		(psi)	(MPa)
M	Alta	2500	17.2
S	Alta media	1800	12.4
N	Media	750	5.17
O	Baja media	350	2.41
K	Baja	75	0.52
*Resistencia promedio a los 28 días.			

Fuente: American society for testing and material, (ASTM C270)“Standard Specification for Mortar for Unit Masonry” p.193.

1.2.2. Usos

Uno de los usos fundamentales de los morteros es el referido a la mampostería; se definen entonces por las normas las siguientes categorías:

- Morteros premezclados húmedos: son los morteros constituidos por materiales cementantes, agregados, agua y eventualmente aditivos, los cuales son proporcionados y mezclados en planta. Puede tratarse de morteros convencionales o de larga vida que permiten su almacenamiento en estado fresco hasta 48 horas, de forma que su proceso de fraguado sólo se inicia una vez entra en contacto con las unidades de mampostería.
- Morteros premezclados secos: son los morteros constituidos por materiales cementantes, agregados secos y aditivos en polvo, los cuales son proporcionados y mezclados en planta. El proceso de mezclado del mortero seco debe concluirse en el sitio de la obra, con la adición controlada de agua, siguiendo recomendaciones del fabricante.

Otros usos del mortero son:

- Uso estético: consiste en dar acabado al muro, colorido, textura, etc..
- Uso estructural: se pueden mencionar los siguientes usos:
 - Liga las unidades de mampostería
 - Sello para impedir penetración de aire y de agua
 - Se adhiere al refuerzo de las juntas, a los amarres metálicos y a pernos anclados, de modo que los hace actuar conjuntamente
 - De ser mampostería reforzada, envuelve, protege y actúa en unión de la armadura embebida
 - Mortero que provee suficiente resistencia para soportar cargas a compresión y/o que resistan la abrasión
 - Morteros que mantengan elementos en la posición deseada
 - Morteros que permitan emparejar ciertas unidades estructurales (revoques y revestimientos).

De acuerdo con las distintas necesidades, es conveniente una proporción definida que provea un resultado favorable. A continuación se presentan distintas proporciones de acuerdo con el uso específico.

Tabla III. **Proporciones de morteros según su uso**

Proporción	Usos
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2	Para la impermeabilización y muros de tanques subterráneos. Rellenos
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1:4	Pega de ladrillos y bloques en muros. Muros finos
1:5	Muros exteriores: pega de ladrillos, bloques, baldosas y mampostería en general. Muros no muy finos
1:6 y 1:7	Muros interiores: pega de ladrillos, bloques, baldosas y mampostería en general. Muros no muy finos
1:8 y 1:9	Pega para construcciones que se demolerán pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.

Fuente: SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. Tecnología del mortero y del concreto. p. 148.

Tabla IV. **Composiciones de mortero para cerámicos**

UBICACIÓN	MORTERO	COMPOSICIÓN
Muros	Capa rayada	1 cemento; 1/5 cal hidratada; 4 arena seca ó 5 húmeda.
	Capa de asiento y capa niveladora	1 cemento; 1/5 cal hidratada; 5 arena húmeda a 1 cemento 1 cal hidratada, 7 arena húmeda.
Pasos	Capa de asiento	1 cemento; 1/10 cal hidratada; 5 arena seca ó 6 húmeda; ó 1 cemento; 5 arena seca ó 6 húmeda
Cielorrasos	Capa rayada y capa de arena	1 cemento; 1/2 cal hidratada; 2 1/2 arena seca ó 3 húmeda

Fuente: elaboración propia.

1.3. Propiedades de los morteros

Las propiedades de los morteros se dividen en dos grupos bien diferenciados:

1.3.1. Las propiedades en estado plástico

Propiedades que lo hacen trabajable, deformable plásticamente bajo la acción de pequeños esfuerzos. Determinan las condiciones de uso del mortero.

Tabla V. **Propiedades de los morteros en estado plástico**

PROPIEDAD	CONSECUENCIAS	ENSAYOS
Fluidez o trabajabilidad	Propiedad que permite deslizar la cuchara y posicionar los mampuestos y es especialmente importante en morteros de relleno de celdas. Depende principalmente del contenido de agua, del uso de aditivos, de la forma y textura de los agregados y de la finura del cemento.	Cono de Abrams y mesa de flujo
Cohesión	De la cohesión depende que el mortero no se desintegre al colocarse en la hilada, afecta la adherencia a los mampuestos y su capacidad de soportarlos sin deformarse antes de endurecer.	Cono Abrams y mesa de flujo
Retención de Agua	La retención permite la trabajabilidad. El agua no se debe perder por evaporación o absorción de los mampuestos. Desaparecería el estado fresco. La retención de agua debe ser alta, para evitar agrietamientos y pérdida de resistencias y se logra con el uso de cal o aditivos	Cumplimento de norma

Continuación de la tabla V.

<p>Retracción de secado o velocidad de endurecimiento</p>	<p>Se refiere a los tiempos de fraguado inicial y final del mortero. Ya que la retracción de secado es alta en morteros (alto contenido de pasta), por tanto debe tratar de disminuirse. Se recomienda emplear bajos contenidos de cemento, y de contenido de finos y en lo posible cementos adicionados. Debe ser curado tan rigurosamente como el hormigón.</p>	<p>Velocidad de endurecimiento</p>
--	---	------------------------------------

Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Las propiedades en estado endurecido

Cuando tiene la edad necesaria para adquirir resistencia mecánica

Tabla VI. **Propiedades de los morteros en estado endurecido**

PROPIEDAD	CONSECUENCIA	ENSAYOS
<p>Resistencia a la compresión</p>	<p>Está asociada a la durabilidad e impermeabilidad y depende de la relación C y de la adición usada, y muy especialmente de la granulometría, de la arena, al cual se establece mediante el módulo de finura. La arcilla disminuye esas resistencias, por lo que es indispensable controlar su inclusión a través de las arenas sucias.</p> <p>Propiedad que interviene en la resistencia mecánica del muro.</p>	<p>Resistencia a la compresión</p>
<p>Módulo de deformación</p>	<p>Influye en la capacidad de deformación de la pared frente a pequeñas modificaciones dimensionales.</p>	<p>Norma Módulo de deformación</p>

Continuación de la tabla VI.

<p>Retracción o secado</p>	<p>A causa de las bajas temperaturas y exceso de viento, el agua de mezclado tiende a evaporarse produciendo tensiones internas en el mortero, provocando las grietas. Está ligada a la susceptibilidad de figuración de las juntas o revoques debido al fenómeno de la retracción, provocando la pérdida de volumen del mortero a causa de reacciones químicas de hidratación de la pasta, principalmente en aquellas con una alta relación agua-cemento.</p>	<p>Norma s/retracción de secado mortero endurecido</p>
<p>Adherencia</p>	<p>La adherencia puede entenderse debida a la penetración de la pasta del mortero en el elemento de albañilería del mampuesto o sustrato provocada por la succión capilar que este ejerce. Le proporciona la capacidad de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interfase del mortero / elemento de albañilería.</p> <p>Los mecanismos de la adherencia actúan en las fases del mortero fresco y del mortero endurecido; tienen que ver con la reología de la pasta en la etapa fresco. Influye la naturaleza de la base: porosidad, rugosidad y existe una relación directa entre la resistencia a la compresión del cerramiento y la adherencia del mortero endurecido. En el resultado final intervienen factores internos: composición del mortero y afinidad con la base y externos: curado y condiciones de humedad de las bases y espesores de las juntas.</p>	<p>Adherencia y Fricción en Prismas</p>
<p>Durabilidad</p>	<p>Es la resistencia que provee el mortero bajo la influencia de agentes externos provocado por las bajas temperaturas, filtración de agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos o choques térmicos, etc.</p> <p>El uso de inclusores de aire aumenta su resistencia contra estos agentes especialmente en ambientes húmedos, ambientes marinos y en condiciones de ambiente agresivo proveyendo mayor durabilidad</p>	
<p>Permeabilidad</p>	<p>Propiedad del mortero que permite el paso de agua o de otro fluido, a través de su estructura interna. El agua puede incorporarse en la masa del mortero, por lo general por medio de dos mecanismos o procesos diferentes: presión hidrostática y capilaridad.</p>	

Continuación de la tabla VI.

Eflorescencia	Es la creación de cristales de sales solubles, generalmente de color blanco que se depositan en la superficie de la obra, causado por el movimiento de agua de adentro hacia afuera de la pared afectando la estética.	
----------------------	--	--

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Especificaciones de mortero reforzado de albañilería**

Tipos de Morteros	Compresión a 28 días	Retención mínima de agua	Contenido max. aire
M	2500 psi	75%	12 ¹ %
S	1800 psi	75%	12 ¹ %
N	750 psi	75%	12 ¹ %
O	350 psi	75%	12 ¹ %

Fuente: American society for testing and material, ASTM C-270-03 "Standard Specification for Mortar for Unit Masonry" p.191

Tabla VIII. **Propiedades del mortero**

MORTERO	TIPO	RESISTENCIA PROMEDIO DE COMPRESIÓN ^b A LOS 28 DIAS mínimo (psi)	RETENCIÓN DE AGUA mínimo (%)	CONTENIDO DE AIRE máximo (%)
Cemento-cal	M	2,500	75	12
	S	1,800	75	12
	N	750	75	14 ^c
	O	350	75	14 ^c
Cemento de mortero	M	2,500	75	12
	S	1,800	75	12
	N	750	75	14 ^c
	O	350	75	14 ^c
Cemento de mampostería	M	2,500	75	18
	S	1,800	75	18
	N	750	75	20 ^c
	O	350	75	20 ^c

Fuente: ASTM C- 270, *American Society for Testing and Materials*, p. 148

1.4. Composición de los morteros

Existe una amplia variedad de componentes para la realización de un mortero el cual debe llevar como mínimo un material aglomerante y un inerte.

1.4.1. Cemento

Es un aglomerante hidráulico cuyo fraguado comienza alrededor de las tres horas de agregada el agua y debe utilizarse antes de las cuatro horas de preparado. Su función es proporcionar resistencia a la mezcla. Usualmente se utiliza cemento Portland tipo I y excepcionalmente el tipo II, resistente a sulfatos. Su densidad es aproximadamente de 1500 kg/m^3 . El cemento contiene alrededor de un 50% de óxido de calcio, además de sílice, su segundo componente, alúmina, óxidos de hierro y magnesio. Los morteros obtenidos son plásticos, parecidos en esa característica a los obtenidos con cal como aglomerante.

1.4.2. Cal viva o hidratada

De emplearse cal en el mortero, esta debe ser hidratada y normalizada; la razón por la cual debe ser normalizada es porque pueden existir partículas muy finas, que en vez de funcionar como aglomerante lo hacen como residuos inertes. La densidad de la cal es de orden de 640 kg/m^3 . Cuando se emplea cal en el mortero, ésta a diferencia del cemento, endurece muy lentamente al reaccionar con el anhídrido carbónico del ambiente, en un proceso llamado carbonatación, el cual es beneficioso para el mortero por dos razones: las fisuras se sellan a lo largo del tiempo al formarse cristales de carbonato de calcio, que proveen una resistencia adicional a la del cemento y al endurecer lentamente favorecen la retentividad de la mezcla.

1.4.3. Puzolana/pumita/sílice activo

Las puzolanas son materiales naturales o artificiales que contienen sílice y/o alúmina. No son cementosas en sí, pero cuando son molidas finalmente y mezcladas con cal, la mezcla fraguará y endurecerá a temperaturas normales como el cemento. Estas pueden reemplazar de un 15 a 40% del cemento portland sin reducir significativamente la resistencia del concreto o mortero.

Las ventajas que ofrece el cemento puzolánico sobre el resto se detallan a continuación:

- Mayor defensa frente a los sulfatos y cloruros
- Mayor resistencia frente al agua de mar
- Aumento de la impermeabilidad ante la reducción de grietas en el fraguado
- Reducción del calor de hidratación
- Incremento en la resistencia a la compresión
- Incrementa la resistencia del acero a la corrosión en concreto armado
- Aumenta la resistencia a la abrasión
- Aumento en la durabilidad del cemento
- Disminuye la necesidad de agua

1.4.4. Agregados

Los agregados son materiales pétreos “inertes” resultantes de la desintegración natural de las rocas u obtenidos de la trituración de las mismas. Las arenas conforman el volumen más grande en un mortero y actúan como un llenador relativamente barato; además de retener la forma y consistencia del mortero, ayudan a reducir la contracción y con buena graduación, reducen el

sangrado o exudación y mejoran la trabajabilidad. Con el fin de obtener una graduación óptima en los agregados para mortero, las Normas ASTM C144 y COGUANOR 410066 recomiendan los límites permisibles en agregados para morteros y rangos permisibles para obras características.

1.4.5. Agua

Es el agente mezclador que proporciona fluidez y es causante de la hidratación del cemento. Su cantidad depende de los ingredientes del mortero y deberá ser potable, libre de partículas orgánicas y de sustancias deletéreas (aceite, ácidos, etc). Su función es darle trabajabilidad a la mezcla e hidratar al cemento. El uso de agua de mar produce eflorescencia en los ladrillos por las sales que contiene.

Los requerimientos de agua en los morteros son diferentes que en el concreto, en donde una relación A/C (agua/cemento) baja es deseable. Los morteros por el contrario deben contener una máxima cantidad de agua a un punto óptimo de trabajabilidad.

1.4.6. Aditivos

Otro componente son los aditivos, los cuales son clasificados de acuerdo con su función como agentes inclusores o incorporadores de aire, retenedores de agua, acelerantes o retardantes de fraguado y mucho más. La experiencia en el campo en Guatemala, no ha sido amplia con el uso de los aditivos, es por ello que su uso debe ser basado en experimentación previa, respaldada por un laboratorio. En general cualquier incremento en el contenido de aire está acompañado por una disminución en la adherencia y en la resistencia a compresión.

El color puede ser añadido a los morteros usando agregados seleccionados o usando pigmentos inorgánicos. Estos deben ser de composición óxido-mineral y no exceder al 10% de la masa del cemento hidráulico. Si se usa negro de carbón, su uso está limitado a un máximo de 2% del peso de cemento hidráulico. Los minerales usados para la coloración de morteros son:

- Rojo, amarillo, café, negro: óxido de hierro
- Verdes: óxido de cromo
- Azul: óxido de cobalto
- Negro o gris: Pigmentos de carbón

Actualmente, en el mercado internacional hay varias empresas proveedoras de pigmentos preparados, de alta calidad y uniformidad. La Norma ASTM C-494 “*Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*” (especificación estándar para aditivos químicos para concreto) identifica los tipos de aditivos como se muestra en la tabla.

Tabla IX. **Tipos de aditivos químicos según la norma ASTM C-494**

Tipo	Descripción
A	Aditivos reductores de agua
B	Aditivos retardantes
C	Aditivos acelerantes
D	Aditivos reductores de agua y retardantes
E	Aditivos reductores de agua y acelerantes
F	Aditivos reductores de agua de alto rango
G	Aditivos reductores de agua de alto rango y retardantes

Fuente: SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. p.64.

2. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA

Los bloques de mampostería están normados en su fabricación con cemento Portland, arena, agregado grueso y agua. Las unidades de mampostería se fabrican a gran escala con máquinas bloqueras, con una gran compactación de la mezcla. La compactación se realiza por la vibración de los moldes y las paletas donde se montan los moldes.

Se producen varios tamaños y formas, dependiendo de la disponibilidad de moldes y maquinaria y todos los bloques de mampostería deben de cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C90.

2.1. Características de los diferentes elementos de mampostería

Tres tipos de bloques de mampostería están definidos, basados en la densidad de las unidades (el peso se mide en condiciones secas, y el peso de la mezcla se mide en Lb/ft^3), los tipos son:

- **Pesados:** unidades producidas con áridos estándar, se definen con un peso de 125 lb/ft^3 o más.
- **Medios:** generalmente estas unidades se producen con una mezcla diferente de agregados, se definen con un peso de 105 lb/ft^3 o menor que 125 lb/ft^3 .

- Livianos: estas unidades son producidas con agregados finos, como arcilla y yeso. Normalmente se utiliza también arena volcánica como agregado fino; de igual manera se utiliza la piedra pómez. Estas unidades están definidas con un peso menor que 105lb/ft³.

2.1.1. Elementos de mampostería fabricados en el medio

Se pueden distinguir varios tipos de mampostería, los cuales se describen a continuación.

2.1.1.1. Bloques de adobe

Es una forma bastante antigua de construcción y puede ser la base de algunas de las unidades que se fabrican actualmente. Estas unidades son piezas formadas con tierra arcillosa, mezclada con paja, arena, estiércol u otro material, con forma paralelepédica, elaborados a mano con la ayuda de un molde sencillo de madera (gradillas), compactados de forma manual y secados al sol; de tal manera que sus dimensiones permitan su manejo con un solo brazo. Existen algunas recomendaciones para este tipo de construcciones (UBC 1998); no obstante, en la mayoría de los casos, este tipo de obras se ejecutan sin ningún tipo de normativa.

2.1.1.2. Bloques de hormigón

Las unidades de hormigón prefabricado han sido usadas para construcciones de mampostería durante muchos años. Solo en años recientes, han comenzado a ser aceptadas en general, para construcciones expuestas a la vista y para ser utilizadas con fines estructurales.

Estas unidades están conformadas básicamente con cemento Portland, agua y agregados minerales. Normalmente son moldeadas en muchos tamaños y formas, bajo presión y/o vibración. Otros materiales pueden ser agregados para conferir determinadas características, tales como color, textura o reducción del peso.

Las dimensiones de las unidades varían generalmente con múltiplos de 20 cm. Los factores más importantes que afectan la resistencia de las unidades de mampostería de hormigón son: la relación agua-cemento, el peso de la unidad, el tipo de agregado y el proceso de fraguado. Al igual que en el caso de los ladrillos, estas unidades están divididas en perforadas y no perforadas, siendo las primeras las más utilizadas para fines estructurales, debido a su menor peso.

2.1.1.3. Ladrillos de barro cocido

El ladrillo es un mampuesto (puesto a mano) de forma ortoédrica, fabricado con gran variedad de materiales, tales como: barro seco, arcilla, pizarra, la arcilla cocida, o la mezcla de estos. El proceso de fabricación, consiste en someter a la unidad a temperaturas entre 750°C y 1300°C, de tal forma que el agua se evapore y las partículas de arcilla se endurezcan, causando así la fusión de los componentes debido a las elevadas temperaturas. Posteriormente, tiene lugar una vitrificación parcial y la temperatura se mantiene por un tiempo preestablecido.

El proceso completo puede tardar más o menos entre 40 y 150 horas, según el tamaño y volumen de los ladrillos y el tipo de horno. El enfriamiento debe ser controlado, ya que puede alterar la calidad de la unidad.

Según su forma, los ladrillos se clasifican en:

- Ladrillo perforado: son todos aquellos que tienen perforaciones en la tabla; ocupan más del 10% de la superficie de la misma. Muy popular para la ejecución de fachadas de ladrillo visto.
- Ladrillo macizo: son aquellos que tienen menos de un 10% de perforaciones en la tabla. Algunos modelos presentan rebaja 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 tufosas. Tienen buenas propiedades ornamentales.
- 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 espaciales.
- Ladrillo de cara vista: son aquellos que se utilizan en exteriores con un acabado especial.
- Ladrillo refractario: se coloca en lugares donde debe soportar gran cantidad de calor, como hornos o chimeneas.

2.1.1.4. Rocas naturales

Al mencionar a las rocas, no se hace referencia a guijarros ni a pequeños trozos de rocas sino a bloques más o menos grandes, los cuales se emplean para construir diversos elementos estructurales como cimientos, paredes y muros de contención. Desde el punto de vista estructural, lo que más interesa de las rocas es su peso y dureza y en ocasiones su color; este último caso, cuando se habla de elementos que serán usados como decoración. Es importante conocer las características físicas de las rocas, saber si son quebradizas o no; dentro de este contexto se clasifican como rocas duras y blandas.

En cuanto a las rocas duras, las más conocidas son los mármoles, aun cuando en esta clasificación también entran las basálticas, las areniscas, los granitos, etc. que tienen diferente uso constructivo. Las rocas blandas se identifican con una prueba sencilla, en la cual se toma una muestra de la roca en duda y se rompe, si los trozos son redondeados, la roca es blanda; si por el contrario, los trozos son angulosos con ciertas aristas, la roca es dura. La forma en que se labra la roca para su uso determina también el tipo de mampostería resultante.

En la mampostería de primera, la roca se labra en forma de paralelepípedos rectangulares con su cara expuesta rectangular. Este tipo de mampostería es conocida como sillería. En la de segunda, los paralelepípedos tienen forma variable y siguen la configuración natural (veta) del lugar de retracción. En la mampostería de tercera, la roca se ordena tal y como viene de la cantera, sólo cuidando que la cara expuesta sea plana.

2.1.1.5. Cerámicos

Los revestimientos cerámicos tienen su origen en el oriente medio y oriente pero popularizado después de la Segunda Guerra Mundial, presentando las ventajas de limpieza, higiene, impermeabilidad y variabilidad de texturas.

Las baldosas cerámicas son placas de poco espesor compuestas de arcilla, sílice, fundentes, colorantes y otras materias primas inorgánicas. Estas pueden ser esmaltadas y poseen una cubierta vitrificable entre la primera y segunda cocción o antes de la única cocción, también pueden ser no esmaltadas que se someten a una cocción única.

Tradicionalmente, el azulejo ha sido fabricado siguiendo métodos diferentes y mediante un proceso prácticamente manual y se ha venido automatizando y unificando, siendo los métodos más utilizados en la manufactura del revestimiento cerámico el método de prensado en polvo y el de extrusión.

3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA

3.1. Mampostería de ladrillos de barro cocido

Un ladrillo es una pieza cerámica, generalmente octaédrica, obtenida mediante moldes y secado a cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa utilizada en la albañilería para la construcción de muros tabiques, tabicones, etc. trabajando bajo esfuerzos de compresión y corte.

3.1.1. Resistencia a la compresión

Una de las propiedades importantes que se deben conocer de las piezas es la resistencia a la compresión, la cual se realiza ensayando medio ladrillo en posición horizontal y se aplica una carga de compresión; esta pieza debe estar seca y para impedir la absorción de humedad que puede alterar su resistencia, las superficies de apoyo deben pintarse con goma laca, antes de cabecearla.

La razón de utilizar sólo la mitad de la pieza radica en que las piezas enteras tienen más irregularidades que pueden dar origen a una mayor dispersión de resultados en los ensayos, por lo que es mejor utilizar únicamente la mitad de la pieza.

Esta resistencia se determina sometiendo a compresión, muestras representativas de la producción de piezas, correctamente cabeceadas con azufre. El esfuerzo resistente $f'm$ de cada pieza se obtiene dividiendo la fuerza máxima resistida entre el área bruta (el producto del ancho por el largo de la pieza) de la superficie cargada.

Las NTC para mampostería establecen que la resistencia de diseño f'_m se obtiene de los resultados de estas pruebas a partir de la siguiente expresión:

$$f'_m = \frac{f_m}{1+2.5C_m}$$

Donde:

f_m Media de la resistencia a compresión de las piezas. Cada valor de resistencia se obtiene dividiendo la fuerza resultante entre el área bruta de la pieza.

C_m Coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las piezas. Este no se tomará menor que 0.2 para piezas industrializadas que cuenten con un control de calidad certificado; 0.30 para piezas industrializadas que no cuenten con esta certificación o 0.35 para piezas artesanales.

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, unidos con mortero.

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

3.1.2. 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. Sin embargo, las NTC para mampostería proponen el empleo de las siguientes expresiones para establecer esta propiedad en función de la resistencia $f'm$ de diseño a la compresión de la mampostería respectiva.

Para tabiques de barro:

- $E = 600f'm$, para cargas de corta duración
- $E = 350f'm$, para cargas sostenidas

Para mampostería de bloques y tabiques de concreto:

- $E = 800f'm$, para cargas de corta duración
- $E = 350f'm$, para cargas sostenidas

3.1.3. 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, sometidas a fuerzas diagonales. Se sugiere que se realice un mínimo de nueve ensayos, de los cuales se obtendrá el esfuerzo resistente en cada prueba mediante la expresión:

$$v'_m = \frac{P_R}{D_b}$$

En la cual:

- v'_m Esfuerzo cortante resistente de la mampostería empleada
- P_R Fuerza diagonal resistente sobre el murete
- D_b Distancia diagonal en el murete
- B espesor del murete

Una vez realizadas las pruebas, se determina el valor del esfuerzo resistente del lote de prismas ensayados a partir de la siguiente expresión:

$$v'_m = \frac{V_v}{1+2.5C_v}$$

Donde

- v'_m Promedio de los esfuerzos resistentes de los muros ensayados
- C_v Coeficiente de variación de los esfuerzos resistentes de los muretes ensayados que no se tomará menor que 0.20.

3.2. Propiedades de revestimiento cerámico

El uso del azulejo como elemento de la construcción se está generalizando por todo el mundo, utilizándolo en infinidad de aplicaciones por las ventajas que brinda.

Los pavimentos y revestimientos cerámicos son piezas impermeables constituidas por un soporte de naturaleza arcillosa, con o sin un recubrimiento esencialmente vítreo: el esmalte cerámico. Las materias primas que lo forman provienen de la tierra que, junto al agua y el fuego de cocción, componen un producto natural y de alta calidad.

Gracias a la utilización de estos materiales y al alto desarrollo tecnológico, hoy en día existe una amplia oferta de productos cerámicos que ofrecen muchas ventajas. Todo ello, sólo con la utilización de tres elementos básicos del medio ambiente: la tierra o la arcilla, el agua y el fuego.

La cerámica posee las siguientes características:

- Fácil de limpiar: la cerámica se caracteriza por su alta facilidad de limpieza, su baja capacidad de preservación de la suciedad y de cualquier tipo de contaminación.
- La naturaleza de la superficie cerámica evita cualquier fenómeno de adherencia y las grasas se pueden eliminar con gran facilidad. Gracias a ello, hoy en día se ha generalizado su uso en los baños, cocinas, hospitales, laboratorios, piscinas, instalaciones industriales, donde su uso evita la generación de suciedad y olores.
- Higiénico y antialérgico: la capacidad del recubrimiento cerámico de prevenir la humedad evita el desarrollo de colonias de gérmenes y hongos, que se generan con facilidad en construcciones donde la permeabilización es deficiente. La acción de estos organismos sobre algunos recubrimientos no cerámicos es progresiva y pueden ocasionar manchas en su superficie y deterioro de su interior.
- Instalación definitiva: los recubrimientos cerámicos no necesitan ningún mantenimiento después de su puesta en obra, excepto las normales operaciones de limpieza. Su resistencia a los cambios bruscos de temperatura, a los agentes químicos y biológicos, su dureza, resistencia al rozamiento, repercute en su gran durabilidad en las edificaciones.

Una nueva instalación de azulejos puede permanecer intocable en cualquier lugar. Por ello se ha proliferado su utilización en todos los lugares, destacando en las fachadas, en los espacios públicos, centros comerciales, paseos y avenidas. También su incombustibilidad evita la propagación de incendios.

- Inerte: es decir, que repele cualquier posibilidad de vida biológica, evita la degradación del medio ambiente, pues el barro o la arcilla, una vez pasada la fase de cocción, adquiere la misma propiedad que la piedra o elementos de la naturaleza similares.

4. DESARROLLO EXPERIMENTAL

4.1. Muestreo

Se realizaron tres sondeos con el fin de extraer diferentes muestras de puzolanas tomadas a lo largo de la carretera Jacobo ArbenzGuzman, CA-9 Norte, carretera que conduce al oriente del país.

Las muestras se obtuvieron en los siguientes sitios:

- Muestra PZ-1, kilómetro 54
- Muestra PZ-2, kilómetro 86
- Muestra PZ-3, Kilómetro 71

La cal viva fue extraída y seleccionada directamente de los hornos de la planta de agregados “La Roca” ubicada en la colonia San Rafael, zona 18, de la ciudad de Guatemala, que luego fue trasladado al Centro de Investigaciones de Ingeniería.

4.2. Proporciones de cementos

Basados en la Norma ASTM C-593 “Standard specification for fly ash and other pozzolans for use with lime” (Especificación estándar para cenizas volátiles y otras puzolanas usados con cal) y mediante estudios se utilizarán proporciones en peso de 1:1, 1:0.5 y 70%: 30% de (puzolana : cal viva).

En la experimentación se utilizaron tres proporciones las cuales son:

- 1:1 (cal viva : puzolana PZ-1)
- 1:0.5 (cal viva : puzolana PZ-2)
- 1:0.33(cal viva : puzolana PZ-3)

La proporción de (agua : mezcla) se obtuvo mediante el ensayo de flujo.

4.3. Fabricación de cementos

La fabricación de cada mezcla se realizó en tres fases que son:

- Se tamizó cada muestra de puzolana por los tamices #10 y #30 para extraer las partículas grandes y materia orgánica que pudieran alterar la muestra. El material que pasó el tamiz #30 se introdujo en un molino de bolas el tiempo necesario para obtener una fineza que pasara el tamiz #200, como lo establece la Norma ASTM C-593.
- Se realizó el mismo procedimiento anterior con la cal viva, tamizado por el #10 y #30 para extraer piedras terrón y luego se introdujo al molino de bolas para obtener la fineza del tamiz #200.
- Obtenidas la muestra de puzolana y la cal viva con la fineza del tamiz #200, se procedió a la mezcla según las proporciones diseñadas y se utilizó una mezcladora para la homogeneización en seco de los materiales.

4.4. Caracterización del mortero

Basados en la Norma ASTM C-593 se evaluaron los parámetros que sugiere y se evaluaron otros parámetros que proporcionarán mayor información del mortero que sugiere la Norma ASTM para morteros.

4.4.1. Parámetros fisicomecánicos

- Ensayo de flujo o flow: es un ensayo basado en las siguientes normas:
 - ASTM C-230 “Specification for flow table for use in test of hydraulic cement” (especificaciones para el ensayo de flujo de tabla para cementohidráulico).
 - ASTM C-1437 “Estándar test method for flow of hydraulic cement mortar” (Método Estándar del Ensayo de Flujo de Morteros de CementoHidráulico).
 - COGUANOR NGO 41 011 “Cementos hidráulicos. Especificación de la mesa de flujo para uso en ensayos”.

Este ensayo involucra la determinación del flujo del mortero a base de cemento hidráulico o de materiales cementantes.

Esta prueba determina la cantidad de agua necesaria para obtener, según la Norma ASTM C-110-03, un flujo entre 110% hasta un 115% para una mezcla de 500g de material morteros a base de cal y puzolana.

Figura 2. **Ensayo de flujo**



Fuente:Sección de Aglomerantes y Morteros, CII-USAC.2012.

- Ensayo de retención de agua: es un ensayo basado en las siguientes normas:
 - NORMA ASTM C-110 "Standard test method for physical testing of quicklime, hydratedlime, and limestone" (Ensayo por el método estándar para la prueba física de cal viva, hidratada y piedra caliza) – INCISO 26"Water retention of hydrated lime" (Retención de agua para cal viva).
 - ASTM C-1506 "Standard test method for wáter retention of hydraulic cement based mortars and plasters" (Ensayo por el método estándar

de retención de agua para morteros y plastificantes a base de cemento hidráulico).

- COGUANOR NGO 41 020 “Cal Hidratada. Determinación de la retención de agua.

Este método determina la capacidad que tiene el mortero de retener agua mediante la succión, revelando si el mortero se encuentra bajo especificaciones; sin embargo para los morteros utilizados para mampostería, este ensayo no necesariamente indica el grado de retención de agua, ya que la unidad mampostérica la mayoría de veces, necesita la previa hidratación, lo cual absorbe gran cantidad de agua; igualmente en el caso de mortero utilizado para acabados y recubrimientos, cuando el enlucido es aplicado como una segunda capa, el aumento de agua absorbida de la segunda capa del enlucido depende de la proporción de la capa base.

La retención de agua se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R = (A - B) * 100$$

Donde:

R = Retención de agua expresada en porcentaje

A = Flujo después de la succión

B = Flujo inmediatamente después del mezclado (flujo antes de la succión)

Figura 3. **Ensayo de retención de agua**



Fuente: Sección de Aglomerantes y Morteros, CII-USAC.2012.

- Masa unitaria: es un ensayo basado en las siguientes normas:
 - ASTM C-138 “Standard test method for density, yield and air content of concrete” (Ensayo por el método estándar de densidad, cedencia y contenido de aire del concreto).
 - COGUANOR NGO 41 017 h5 (Hormigón. Determinación de la masa unitaria, rendimiento y contenido de aire del hormigo recién mezclado).

El ensayo de la masa unitaria determina la densidad del mortero recién mezclado mediante su relación masa sobre su volumen, calculado mediante la siguiente ecuación:

$$\rho = M \div V$$

Donde:

ρ = Masa unitaria o densidad del mortero

M = Masa del mortero

V = Volumen del recipiente que contiene el mortero

Figura 4. **Ensayo de masa unitaria**



Fuente: Sección de Aglomerantes y Morteros, CII-USAC.2012.

- Trabajabilidad: este método de prueba cubre la determinación de la trabajabilidad de acuerdo al ensayo de flujo para morteros de cemento hidráulico, o de morteros que contienen materiales cementantes.

La trabajabilidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T = L\eta$$

Donde:

T = trabajabilidad del mortero expresada en porcentaje

L = lectura tomada del medidor de flujo.

Figura 5. **Ensayo de trabajabilidad**



Fuente: Sección de Aglomerantes y Morteros, CII-USAC.2012.

- Velocidad de endurecimiento: es un ensayo basado en las siguientes normas:
 - ASTM C-403 “Standard test method for time of setting of concrete mixtures by penetration resistance” (Método de prueba estándar para la velocidad de endurecimiento de mezclas de concreto por medio de la resistencia a la penetración).
 - COGUANOR NGO 41017 h12 (Hormigón. Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de hormigón por el método de resistencia a la penetración).

Este ensayo muestra el tiempo de endurecimiento que presenta el mortero a temperatura ambiente con un 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. Este ensayo se realiza mediante las agujas de Vicat, variando su diámetro respecto de su endurecimiento y se calcula mediante la ecuación:

$$P = F \div A$$

Donde:

P = Resistencia a la penetración

F = Fuerza de presión aplicada mediante el dinamómetro

A = Área de la aguja utilizada en la penetración

Figura 6. **Ensayo de velocidad de endurecimiento**



Fuente: Sección de Aglomerantes y Morteros, CII-USAC.2012.

- Tiempo de fraguado: es un ensayo basado en las siguientes normas:
 - ASTM C 191-04 “Standard test method for time of setting of hidraulic cement by vicat needle” (Método estándar para el ensayo de tiempo de fraguado del cemento hidráulico por medio de las agujas de Vicat).

Este ensayo consiste en el análisis del tiempo de fraguado que sufre el mortero referido a la diferencia de tiempo desde que la mezcla del material entra en contacto con el agua y el tiempo, cuando la aguja no se hunde.

Para realizar el ensayo se utiliza el aparato automático de la aguja de vicat que utiliza una aguja de diámetro de 1.0 ± 0.05 mm con una longitud de 50 mm y un peso total de 300 ± 0.5 g, ensayando durante intervalos no mayores a 10 minutos.

Figura 7. **Ensayo de tiempo de fraguado por el método de las agujas de Vicat**



Fuente: Sección de Aglomerantes y Morteros, CII-USAC.2012.

- Resistencia a la compresión: es un ensayo basado en las siguientes normas:
 - ASTM C 109-90 “Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (using 2-in. or 50-mm cube specimens)”,(Método estándar para el ensayo de resistencia a la compresión de los morteros de cemento hidráulico usando especímenes cúbicos de 2-pulg o 50-mm de lado).
 - ASTM C-270 “Standard specification for mortar for unit masonry”, (Método estándar de morteros para unidades de mampostería).

- COGUANOR NGO 41003 h4 (Cementos hidráulicos. determinación de la resistencia a la compresión de los morteros, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado).

Este ensayo cubre la cubre la determinación del esfuerzo a la compresión de morteros a base de cementos hidráulicos, usando especímenes de 2 pulgadas o 50 milímetros de arista evaluados a 3 edades de 3, 7 y 28 días, cuyos resultados pueden ser utilizados para determinar si estos se encuentran de acuerdo con las especificaciones.

La Norma ASTM C-593 especifica la resistencia mínima a la compresión de morteros a base de puzolana y cal. La resistencia a la compresión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = P \div A$$

Donde:

σ = Esfuerzo de compresión

P = Carga última

A = Área de la cara del cubo de mortero

Figura 8. **Ensayo de compresión del mortero**



Fuente: Sección de Aglomerantes y Morteros, CII-USAC.2012.

- Resistencia a la tensión: es un ensayo basado en la siguiente norma:
 - ASTM C-190 “Standard test method for tensiles trength of hydraulic cement mortars”(Método de ensayo estándar para la resistencia a la tracción o tensión de morteros a base de cemento hidráulico).

Este ensayo cubre la determinación del esfuerzo a tensión de morteros de cemento hidráulico utilizando especímenes de briquetas. No es recomendado para morteros, lechadas y superficies monolíticas que contienen agregados cuyos tamaños sean mayores a ¼ de pulgada. La resistencia a la tensión se obtiene de la siguiente ecuación:

$$T = P \div A$$

Donde:

T = Esfuerzo de tensión del mortero

P = Carga ultima

A = Área de la cintura de la briketa de mortero

Figura 9. **Ensayo de tensión del mortero**



Fuente: Sección de Aglomerantes y Morteros, CII-USAC.2012.

4.2. Aplicaciones de los morteros

El mortero como tal, tiene diferentes aplicaciones en la construcción de acuerdo a la necesidad pueden utilizarse como material de relleno, preparación de juntas, acabados, etc.

4.2.1. Mortero de albañilería

El mortero utilizado para el pegado de mampostería trabaja bajo esfuerzos de compresión, corte, fricción y adherencia.

4.2.1.1. Ensayo prismas a compresión

Este ensayo está basado en la siguiente Norma: ASTM E-447 “Standard test method for compressive strength of laboratory Constructed masonry” (Método de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de mampostería construida en laboratorio).

Este ensayo revela el verdadero comportamiento del mortero con la mampostería, evaluado con prismas de mortero-mampostería, mostrando la resistencia que producen ambos y la falla de ambos o uno de ellos. El ensayo cubre dos pruebas de compresión de prismas de mampostería:

- Método A: para determinar datos comparativos en la resistencia a compresión de prismas de mampostería fabricados en laboratorio con cada unidad de mampostería diferente o tipo de mortero, o ambos.

- Método B: para determinar la resistencia a compresión de mampostería construida en el sitio de trabajo, con los mismos materiales y mano de obra a utilizarse, en una estructura en particular.

Para este caso, el análisis se basó en el método A, en el cual los prismas fueron construidos en laboratorio y luego se sometieron a cargas uniformemente distribuidas, hasta obtener la carga última presentando la falla final para luego obtener el esfuerzo final de compresión. El esfuerzo de compresión del prisma se obtiene con la ecuación:

$$f'_p = F \div A_b$$

Donde:

f'_p = Esfuerzo último de compresión

F = Carga última de compresión

A_b = Área bruta del bloque

Figura 10. **Ensayo de prismas a compresión**



Fuente: Sección de Aglomerantes y Morteros CII-USAC.2012.

4.5.1.2. Ensayo de corte en muro

Este ensayo está basado en la siguiente Norma: ASTM E-519 “Standard test method for diagonal tension (Shear) in masonry assemblages” (Método de ensayo estándar para la tensión diagonal (corte) en ensamblados de mampostería).

Este ensayo revela el comportamiento de mortero y la mampostería en conjunto bajo efectos de corte, por lo que los prismas se sentaron sobre bases construidas en ángulos de 45° , con el fin de que el prisma quedara en posición vertical para luego aplicarle cargas uniformes, hasta obtener la carga máxima que soporte el prisma.

Figura 11. Ensayo de prismas a corte



Fuente: Sección de Aglomerantes y Morteros, CII-USAC.2012.

4.5.1.3. Ensayo prismas adherencia y fricción

Los prismas fueron diseñados y contruidos especialmente para analizar los efectos de adherencia y fricción que proporcione el mortero con la mampostería.

Los prismas se colocaron, alinearon y nivelaron en un marco rígido; luego se midió el área de contacto entre el bloque y mortero. Se aplicó una carga vertical que evitara algún tipo de movimiento y fungiera como carga de un muro sobre él.

El ensayo revela la adherencia y fricción al momento de aplicarle gradualmente carga lateral mediante gatos hidráulicos, hasta obtener un desplazamiento de su posición original.

Figura 12. Ensayo de prismas a fricción y adherencia



Fuente: Sección de Aglomerantes y Morteros, CII-USAC.2012.

4.5.2. Mortero para revestimiento cerámico

El objetivo de estos ensayos es la determinación del tiempo abierto y tiempo de corrección de los morteros adhesivos de revestimiento cerámico.

4.5.2.1. Tiempo abierto

Este ensayo está basado en la Norma ANSI 118:1.

El ensayo consiste en extender el mortero adhesivo sobre placas de concreto bajo condiciones climáticas de $23^{\circ} \pm 2^{\circ}$ C y $50\% \pm 5\%$ de humedad relativa en el ambiente, utilizando probetas de azulejo de 50 mm X 50 mm colocándolas 5 minutos de extendido el mortero y aplicándole una masa de 2 Kg durante 30 segundos. Seguidamente se despegan las probetas y se determina la cantidad porcentual de mortero remanente en ellas, empleando una cuadrícula como lo especifica la norma.

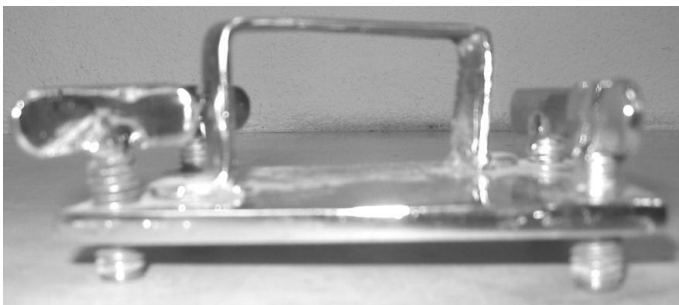
4.5.2.2. Tiempo de corrección

El tiempo de corrección es el tiempo durante el cual pueden ser corregidas las posiciones de los azulejos y revestimientos cerámicos, colocados mediante el empleo de morteros adhesivos. Este tiempo es denominado comúnmente ajustabilidad.

Este ensayo está basado en la Norma ANSI 118:1. Consiste en extender el mortero adhesivo sobre una placa de concreto y colocando sobre ella probetas de azulejo de 75mm X 75 mm evaluando la adherencia del mortero con el azulejo a edades de 20, 25 y 30 minutos de extendido el mortero.

Se ensayaron 4 probetas por edad utilizando una herramienta especial como lo especifica la norma, haciendo girar la probeta a un ángulo de 90° e inversamente hasta que regresara a su posición inicial y evaluando la ajustabilidad que pueda proporcionar después de dicho giro.

Figura 13. **Herramienta de acero para colocación y ensayo de probetas**



Fuente: Sección de Aglomerantes y Morteros, CII-USAC.2012.

1. RESULTADOS

5.1. Aplicación de morteros

Siguiendo las especificaciones de las normas para cada ensayo, los resultados de los tres diseños de mezclas se resumen a continuación:

5.1.1. Mortero de albañilería

A continuación se presentan los resultados de los ensayos físicos para cada diseño de mezcla para conocer sus características antes de la aplicación del mortero.

Tabla X. **Resultados de ensayos físicos**

ENSAYOS FISICOMECÁNICOS DEL MORTERO			
ENSAYO	Diseño PZ-1	Diseño PZ-2	Diseño PZ-3
Proporción (cal : puzolana)	1:1	1:0.5	1:0.33
Volumen de agua(mL)	275	270	325
Flujo (%)	109	116	116.2
Relación a/c	0.91	0.81	0.87
Trabajabilidad (mm)	73	42	63
Masa unitaria (Kg/m ³)	1641.26	1635.00	1605.00
Retención de agua (%)	23.90	18.00	57.20

Fuente: ensayos realizados en CII.

La siguiente tabla muestra los resultados de los ensayos mecánicos que se realizaron a los diferentes diseños de mezclas para conocer su esfuerzo bajo efectos de compresión y tensión, según sus dosificaciones.

Tabla XI. **Resultados de ensayos mecánicos**

RESULTADOS DE COMPRESIÓN Y TENSIÓN DEL MORTERO							
Ensayo	Edad (días)	PZ-1		PZ-2		PZ-3	
		(Kg/cm²)	(PSI)	(Kg/cm²)	(PSI)	(Kg/cm²)	(PSI)
Resistencia a la compresión (Kg/cm²) (PSI)	3	1.98	28.11	33.05	470.09	3.83	54.41
	7	5.37	76.35	39.82	566.30	8.42	119.74
	28	34.35	488.58	46.37	659.49	22.88	325.38
Resistencia a la tensión (Kg/cm²) (PSI)	3	4.39	62.5	8.93	127.00	5.58	79.33
	7	6.15	87.5	8.44	120.00	6.71	95.50
	28	11.88	169	9.14	130.00	9.95	141.50

Fuente: ensayos realizados en CII.

5.1.2. Mortero para pegado de bloques de barro cocido y cerámico

A continuación se presentan los resultados de los ensayos evaluados a prismas bajo esfuerzos de compresión, corte y adherencia los cuales reflejan el comportamiento en elementos estructurales.

Tabla XII. **Resultados de ensayo de prismas a compresión**

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN PRISMAS										
PRISMA #	EDAD (días)	ESFUERZO INICIAL		ESFUERZO ÚLTIMO		ÁREA (cm²)	CARGA INICIAL		CARGA ÚLTIMA	
		(PSI)	(Kg/cm²)	(PSI)	(Kg/cm²)		(Lb)	(Kg)	(Lb)	(Kg)
PZ-2	7	12000	843.68	19000	1335.8	14.45	26881.54	12191.18	42561.59	19302.31
PZ-2	28	9000	632.76	19000	1335.8	14.45	20161.16	9143.38	42561.59	19302.31

Fuente: ensayos realizados en CII.

Tabla XIII. **Resultados de ensayo de prismas a corte**

ENSAYO DE CORTE EN PRISMAS						
PRISMA #	EDAD (días)	ESFUERZO MÁXIMO		ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA	
		(PSI)	(Kg/cm²)		(Lb)	(Kg)
PZ-2	7	1000	70.31	14.45	2240.23	1015.98
PZ-2	28	1500	105.46	14.45	3360.19	1523.90
PZ-1	28	2200	154.68	14.45	4928.45	2235.13
PZ-3	28	1950	137.1	14.45	4368.31	1981.10

Fuente: ensayos realizados en CII.

Tabla XIV. **Ensayo de tiempo de corrección del mortero**

Tiempo (min)	Numero de Probetas adheridas después de ensayadas		
	PZ-1	PZ-2	PZ-3
20	4	4	4
25	4	4	4
30	4	4	4

Fuente: ensayos realizados en CII.

Tabla XV. **Ensayo de tiempo abierto del mortero**

Tiempo (min)	Mezcla PZ-1			Mezcla PZ-1			Mezcla PZ-1		
	Probeta 1	Probeta 2	Promedio	Probeta 1	Probeta 2	Promedio	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
5	75%	68%	72%	55%	61%	58%	100%	47%	74%
10	56%	53%	55%	98%	93%	96%	13%	0%	7%
15	27%	24%	26%	20%	3%	12%	3%	0%	2%
20	15%	11%	13%	0%	49%	25%	38%	3%	21%

Fuente: ensayos realizados

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

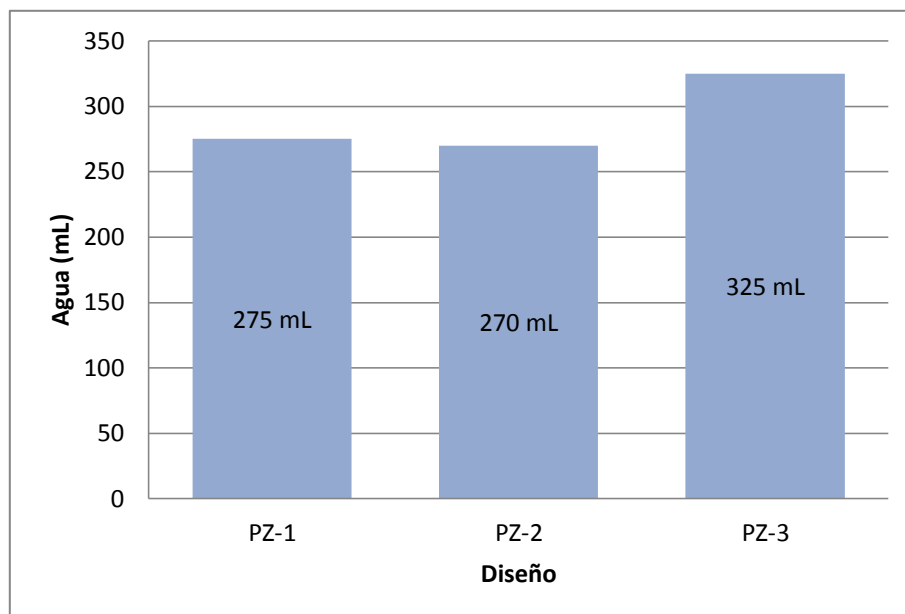
6.1. Morteros

De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos en estado plástico y endurecido podemos determinar los siguientes análisis.

6.1.1. Mortero de albañilería

Con base en la Norma ASTM C-593, el análisis de comparación de los diseños de mezclas de morteros propuestos se presentan a continuación.

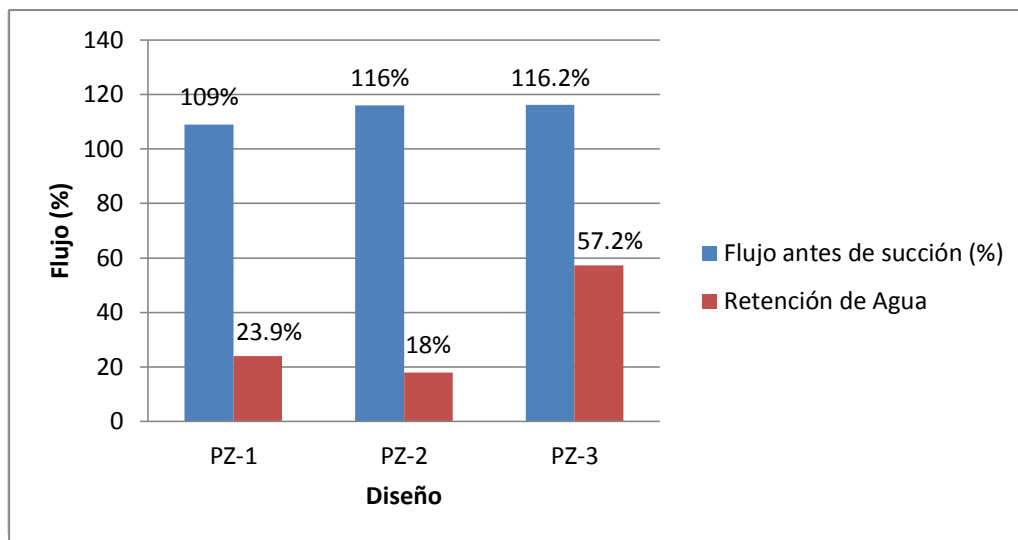
Figura 14. **Relación de volumen de agua vrs. diseño de mezcla**



Fuente: elaboración propia.

Según el diseño de mezcla y los resultados obtenidos para el ensayo de flujo que determina la cantidad ideal de agua que el mortero necesita con base en los parámetros de la Norma ASTM C-593 se puede concluir que a mayor cantidad de cal viva en la mezcla, se necesitará una mayor cantidad de agua para proveer el calor de hidratación que produce.

Figura 15. **Porcentaje de flujo y retención de agua**

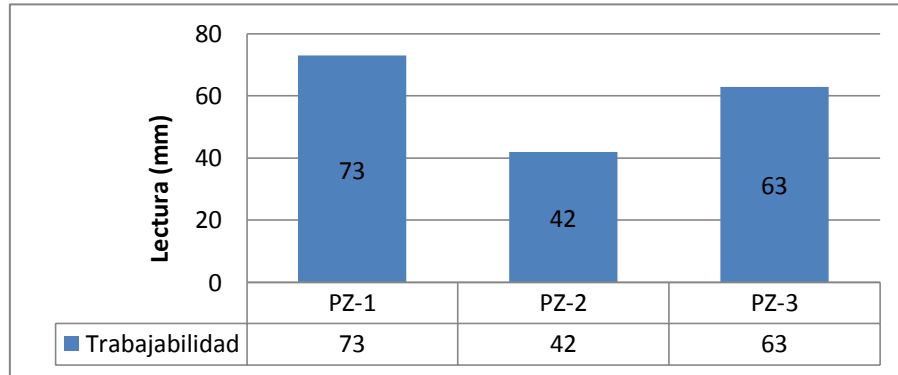


Fuente: elaboración propia.

Con base en las Normas ASTM C-230, C-1437, C-110 y C-1506 y referidos a la Norma ASTM C-593 que especifica los parámetros para la retención de agua y flujo de mezclas de cal y puzolana se determina que debe estar en un porcentaje de 110 ± 5 %; por lo cual se encuentra dentro de los parámetros con volúmenes de agua calculados anteriormente.

Según revela la gráfica, el diseño de mortero con mayor cantidad de cal viva requiere de mayor cantidad de agua y asimismo retiene un gran porcentaje de agua que lo utiliza para generar el calor de hidratación.

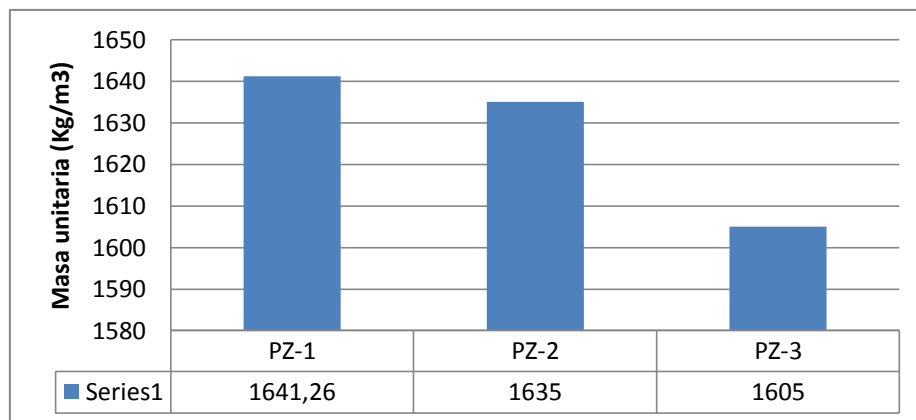
Figura 16. **Gráfica de trabajabilidad**



Fuente: elaboración propia.

Según lo muestra la gráfica, se puede concluir que a medida que se reduce la cantidad de cal viva en el diseño y aumenta el porcentaje de puzolana en la mezcla, esto ayuda a mejorar la trabajabilidad, debido a que el mortero endurece en forma lenta, en comparación de un mortero con alto contenido de cal viva que endurece en corto tiempo por el calor de hidratación.

Figura 17. **Gráfica de ensayo de masa unitaria**

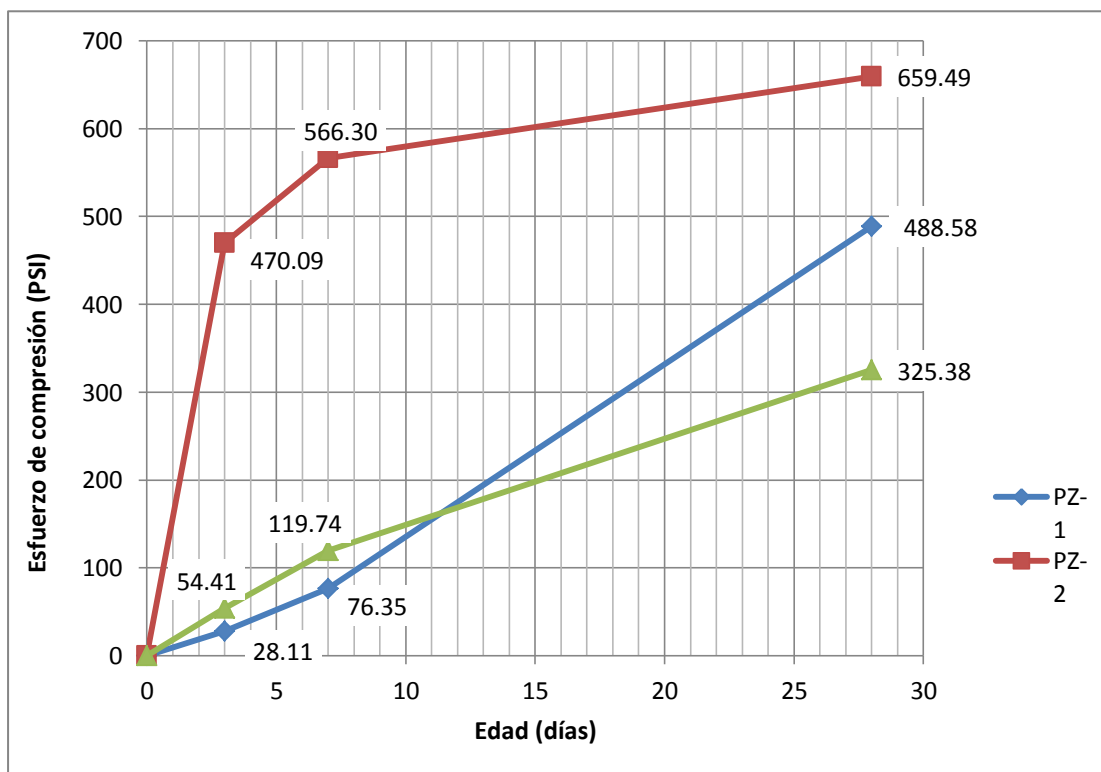


Fuente: elaboración propia.

La gráfica revela que la muestra con menor cantidad de cal viva en el diseño aumenta el peso con relación a un volumen determinado y esto debido a que la puzolana tiene un peso específico mucho mayor al peso de la cal, por lo que se puede observar a simple vista el comportamiento de sus propiedades; por lo que un muro de mampostería utilizando mayor cantidad de cal viva hará que sea más liviano.

Este resultado favorece para construcciones de muros que no provean un peso masivo en una construcción.

Figura 18. **Comparación de resistencia a la compresión del mortero**



Fuente: elaboración propia.

La gráfica muestra los resultados de esfuerzos a compresión de los tres diferentes diseños de mezclas a edades de 3, 7 y 28 días. Para fines de análisis se tomaron diferentes tipos de curados para las tres muestras de morteros, para conocer el comportamiento según las condiciones en las que se encuentren.

Los elementos de la muestra PZ-1 fue curado a temperatura ambiente para conocer cuál sería la resistencia a la compresión que ejerza el mortero sin ningún tipo de curado especial.

Los elementos de la muestra PZ-2 se curaron de acuerdo con la Norma ASTM C-593 para el ensayo de compresión del mortero el cual especifica que los 7 días iniciales de curado deben estar en una cámara a temperatura de 58 °C y los últimos 14 días a una temperatura ambiente de 23 °C.

Por último, los especímenes de la muestra PZ-3 se curaron en una cámara cerrada que provee una humedad constante durante los primeros 7 días y los últimos 14 días fueron curados a temperatura ambiente.

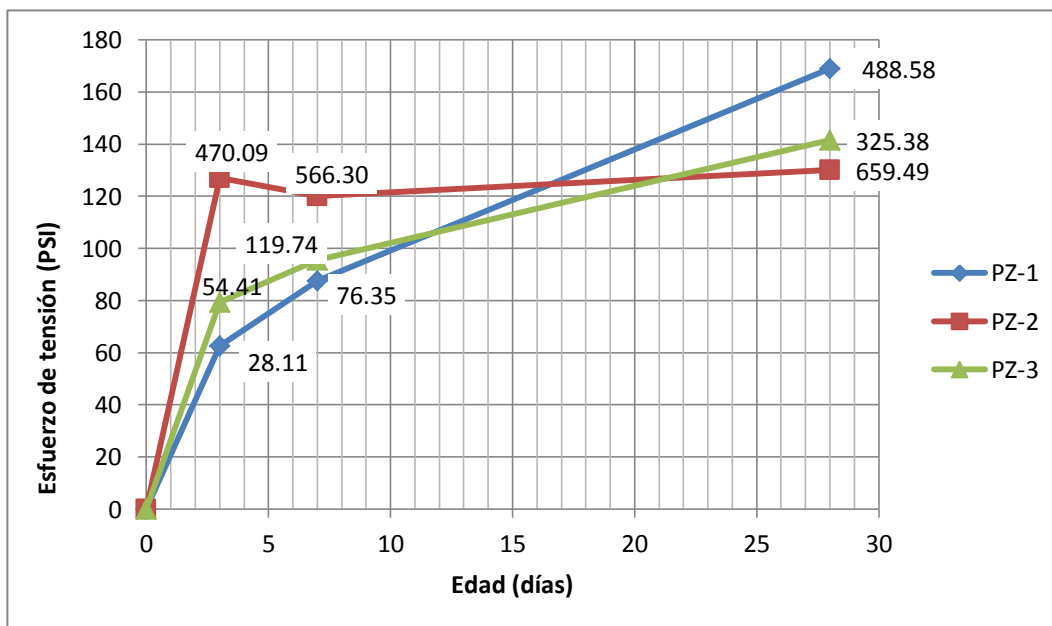
Según lo revela la gráfica anterior, se puede observar que el curado al horno produce una mayor velocidad de endurecimiento, por lo que sus características físicas mejoran su esfuerzo a la compresión.

Los especímenes curados a temperatura ambiente generan una baja resistencia a la compresión inicial, pero que a la edad de 28 días mejoran su comportamiento de esfuerzo a la compresión que los especímenes curados en cámara de humedad constante que generan una mejor resistencia inicial, pero a 28 días no varía significativamente.

A pesar de los tipos de curados y diseños de mezclas se puede determinar que las dos primeras mezclas diseños (PZ-1 y PZ-2) cumplen con la resistencia mínima que debe cumplir un mortero a base de cal viva y puzolana, como lo especifica la Norma ASTM C-593 de 400 PSI.

En el caso de la mezcla PZ-3 está muy cerca de cumplir con la resistencia mínima a compresión y que seguramente con un curado al horno, este pueda superarlo; por lo que se puede decir que estos diseños sí funcionan como mortero de albañilería.

Figura 19. **Comparación de resistencia a la tensión del mortero**



Fuente: elaboración propia.

El curado para las briquetas fue de igual manera para cada diseño de mezcla definido anteriormente, pero que según los resultados del ensayo a tensión, su comportamiento fue distinto al esfuerzo a compresión, el cual

generó una mejor resistencia la mezcla PZ-1 con el curado a temperatura ambiente, seguido del diseño de la mezcla PZ-3 con el curado en cámara de humedad constante, y por último la mezcla PZ-2 que aunque presentó un mejor comportamiento inicial a 3 y 7 días, este no varió considerablemente a la edad de 28 días.

6.1.2. Mortero para pegado de bloques de barro cocido y cerámico

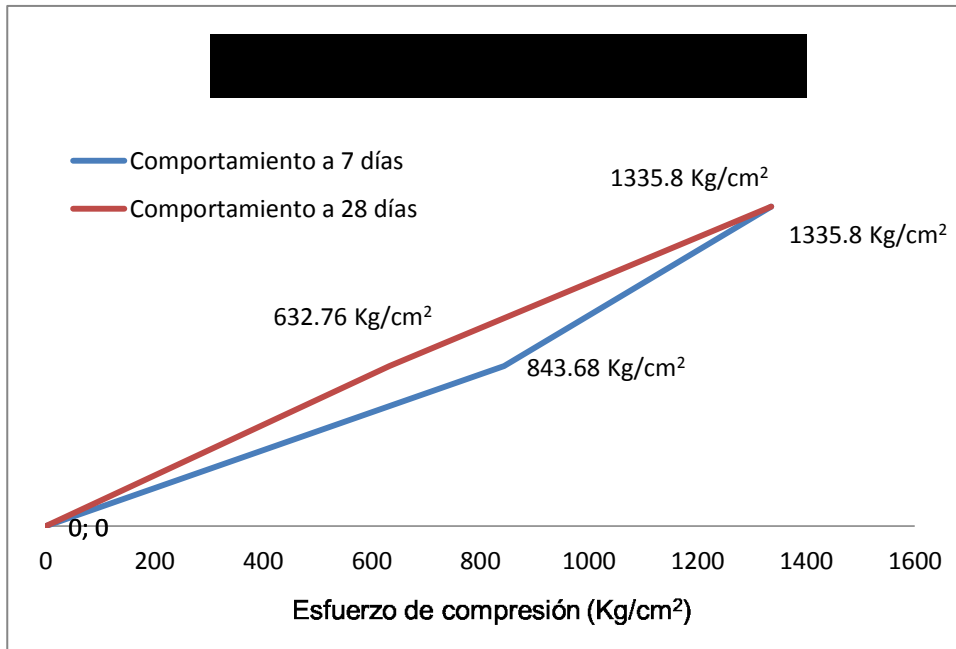
A continuación se presentará el análisis de resultados de los ensayos de prismas a compresión, corte y adherencia, utilizando unidades de mampostería de barro cocido con las siguientes especificaciones:

Tabla XVI. Especificaciones técnicas del ladrillo utilizado

CODIGO	19B	DESCRIPCIÓN		TUBULAR
		ALTO	ANCHO	LARGO
DIMENSIONES (CMS.)		6.5	11	23
Tolerancia dimensional(+/-)		0.5	0.5	0.5
Tonalidad		Ladrillo tradicional		
Textura		Lisa		
Peso/unidad (lbs)		4.2		
Unidades/m² (con ciza)		56.0		
Unidades/m² (sin ciza)		No aplica		
Peso/m² (lbs/m²)		235		
Aplicación		Mampostería confinada Muros divisorios Muros a la vista		
Resistencia (kg/cm²)		116		
Capacidad camión (unds)		4,160		
Capacidad plataforma(unds)		11,440		
Unidades/tarima		520		
% Tolerable piezas defectuosas		5% sobre cantidad despachada		

Fuente: ensayo realizado en CII.

Figura 20. **Gráfica de esfuerzo de compresión Inicial y final en prismas**

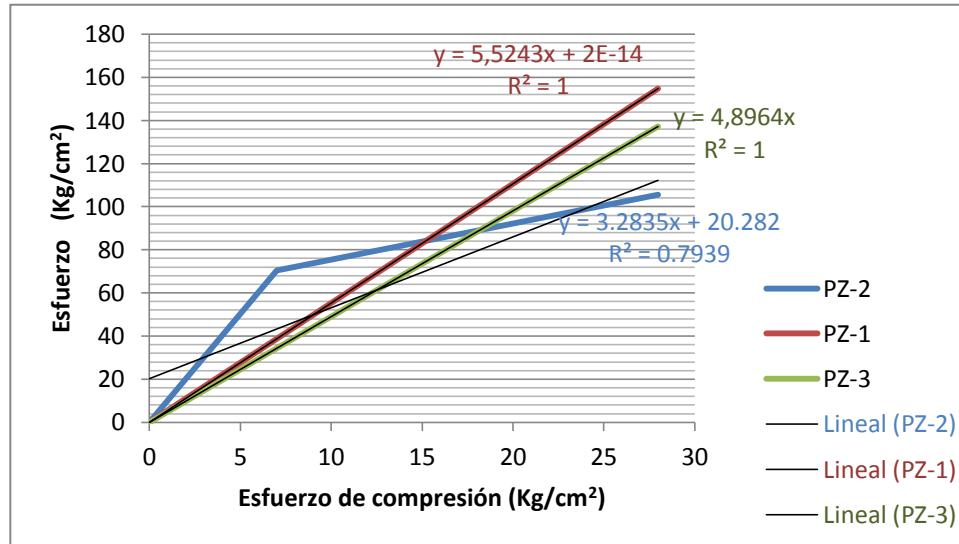


Fuente: elaboración propia.

Los resultados de los ensayos a compresión en prismas mostraron su comportamiento de esfuerzo inicial y final a edades de 7 y 28 días, el cual reaccionó a un mejor esfuerzo inicial a la edad de 28 días, sin embargo ambos obtuvieron el mismo esfuerzo a compresión final de falla.

Según las fallas que presentó el prisma, reveló que el mortero se agrietó juntamente con las unidades de mampostería, por lo que el mortero reaccionó como se esperaba, ya que falló en conjunto con la mampostería.

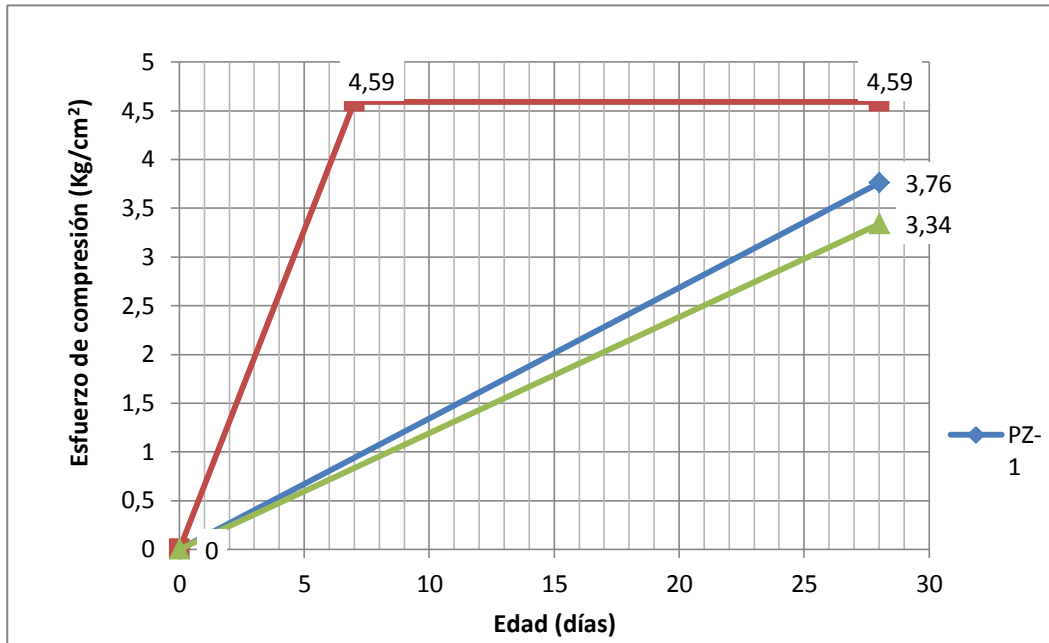
Figura 21. **Gráfica de relación de esfuerzos cortantes en prismas**



Fuente: elaboración propia.

El análisis de resultados del comportamiento del prisma bajo efectos, analizando los tres diseños de mezclas a edades de 7 y 28 días, el diseño PZ-1 obtuvo el mejor esfuerzo cortante; sin embargo, a pesar de la buena resistencia de todos los diseños, es conveniente mejorar el mortero con cemento hidráulico u otros aditivos que mejoren la propiedad de la adherencia del mortero ya que a pesar de que en algunas fallas se produjeron efectivamente el mortero, y la mampostería, en la mayoría de casos falló solamente el mortero por causas de adherencia.

Figura 22. Gráfica de relación de fricción y adherencia



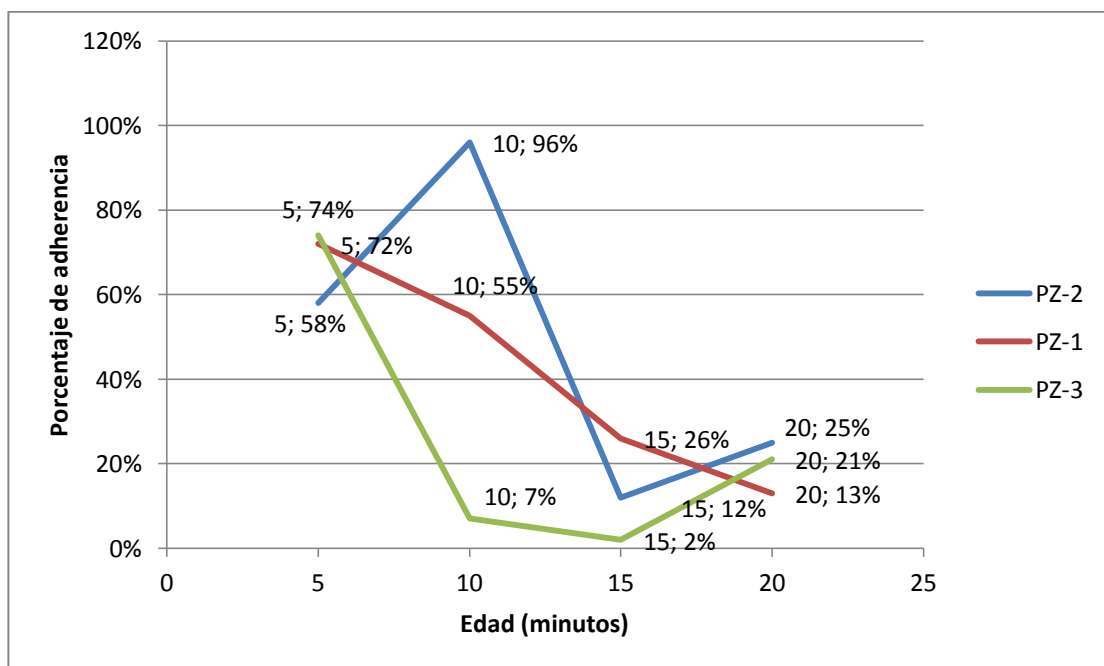
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados de fricción y adherencia, el mortero no presentó una resistencia aceptable debido que se utilizó cal viva en la mezcla, la cual generó un alto calor de hidratación, por lo cual el mortero endureció en un menor tiempo de lo normal y se absorbió la humedad del ladrillo, provocando mala adherencia.

Es conveniente mejorar esta propiedad mediante la aplicación de un porcentaje mínimo de cemento hidráulico o aditivos, para mejorar tanto la capacidad de fricción y adherencia, como también reforzar los esfuerzos a compresión y corte en prismas.

Según los resultados obtenidos, se puede decir que el mortero posee una excelente adhesividad y un tiempo de ajustabilidad aceptable para las tres mezclas ensayadas, ya que para todas las 4 probetas cumplieron después de ensayadas.

Figura 22. **Gráfica de porcentaje de adherencia**



Fuente: elaboración propia.

Según los resultados obtenidos, se puede decir que el mortero posee un tiempo abierto de hasta 10 minutos después de extendido, ya que según la norma específica se considera como tiempo abierto, el último tiempo en el cual el porcentaje promedio sea no menor que el 50%.

CONCLUSIONES

1. Basados en especificaciones que rige la Norma ASTM C-593 para morteros puzolanicos, las mezclas diseñadas y evaluadas fueron satisfactorias, cumpliendo con los parámetros en cada ensayo; por lo que este mortero se puede utilizar para fines de albañilería en todos los usos.
2. De acuerdo con los resultados del ensayo de compresión basados en la Norma ASTM C-270, el mortero se puede clasificar como tipo N, que es de propósito general, utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo. Es buena para paredes de carga internas, externas y divisiones. Este mortero de mediana resistencia representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía.
3. En muchos casos, la cal se utiliza como un aditivo retardante para el fraguado, por lo que en la prueba de velocidad de endurecimiento y tiempo de fraguado se retardó al igual en la evaluación de la resistencia a la compresión del mortero, que sin embargo cumple a la edad de 28 días su resistencia requerida.
4. Con el fin de reducir los costos en la construcción y buscando métodos alternativos que provean los mismos comportamientos fisicomecánicos, se puede constatar que el bajo costo de la cal viva y la puzolana convierte este mortero en un material alternativo útil y económico, evitando el uso de cemento hidráulico u otros materiales y aditivos costosos.

5. El uso de cal en el mortero disminuye su capacidad de adherencia con las unidades mampostéricas debido a la humedad que necesita absorber para generar su reacción química; por lo que a mayor cantidad de cal en la mezcla, esta necesitará hidratarse con mayor cantidad de agua.
6. A diferencia de la cal hidratada o apagada, la utilización de la cal viva aumentó su reacción química con la composición del calor de hidratación que se genera con la aplicación del agua; agregado a esto, los componentes de la puzolana mezcladas inicialmente proveen una reacción química que mejora su resistencia en efectos compresivos y cortantes.
7. Según el análisis de resultados de cada mezcla de mortero, se revela que a mayor cantidad de cal viva en la mezcla del mortero tenderá a fracturarse o rajarse con mayor facilidad. Agregado a esto, la gran demanda de agua que exigirá para generar su reacción química, hará débil al mortero y menos trabajable.

RECOMENDACIONES

1. Se propone mejorar las características físicas y mecánicas del mortero con un bajo porcentaje de cemento hidráulico o aditivos que mejoren la adherencia, esfuerzos de compresión y cortante.
2. Con el fin de lograr resultados mecánicos óptimos y obteniendo rendimiento y trabajabilidad en los morteros de albañilería, es conveniente utilizar proporciones que varíen dentro de los siguientes diseños propuestos y evaluados: Proporciones (cal : puzolana) entre (1:1) hasta (3:1).
3. Debido a la gran demanda de agua que necesita la cal viva para generar el calor de hidratación es conveniente, hidratar el tiempo suficiente las unidades de mampostería y baldosa cerámica a utilizar con el fin de mejorar la adherencia.
4. Utilizar los morteros propuestos en este trabajo como una alternativa para construcciones y elementos estructurales que no demanden grandes esfuerzos de compresión y corte.
5. Utilizar los morteropropuestos en este trabajo como muros tabiques o de división, para reducir su peso debió a la baja masa unitaria de los mismos.
6. Para usos estructurales que demanden grandes esfuerzos, es conveniente reforzar el mortero con aditivos que aumenten sus capacidades a esfuerzos cortantes y compresivos.

7. Evaluar el desempeño, trabajabilidad y comportamiento mecánico de los morteros propuestos en diferentes condiciones climáticas.
8. Utilizar agua no contaminada o químicos que reduzcan y alteren las propiedades y características del mortero, haciendo la construcción inestable e insegura.
9. Para el uso de los morteros propuestos en este trabajo es conveniente premezclar los materiales en seco, previo a aplicarles agua, según lo especifica la Norma ASTM C-593.
10. No utilizar este mortero para muros prefabricados u otros sistemas estructurales que necesiten transportarse, esto debido a las microfisuras que se puedan producirse.
11. Debe tenerse un adecuado control de calidad con las juntas verticales y horizontales entre el mortero y la unidad mampostérica, para evitar fallas en esta zona. Asimismo, evitar oquedades entre cada unidad mampostérica.
12. Utilizar un grosor mínimo de 1 cm de mortero para la unión entre unidades de mampostería.
13. Si se desea utilizar el mortero en aplicaciones exteriores, es conveniente añadir aditivos al mortero para impermeabilizarlo.
14. Todos los resultados fueron evaluados con cal viva pulverizada, por lo que si se desea utilizar cal hidratada o cal apagada en sustitución de la cal viva, deberán repetirse todos los ensayos según la Norma ASTM C-593.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASTM. *Book of Standards*. Vols. 4.01 y 4.02, USA: Astm, 2003. 108 p.
2. BEALL, Christine. Los tipos de mortero para mampostería. En *Mortero- Recopilación de artículos de la Revista Mansonry Construction*. Illinois, USA: Aberdeen Group. 1994. 201 p.
3. Comisión Guatemalteca de Normas. *Normas relacionadas con la industria de la construcción*. Guatemala: COGUANOR, 2009. 46 p.
4. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. *Mortero premezclado para Mampostería: NTC 3356*. Bogotá: Icontec, 2000. 316 p.
5. QUIÑÓNEZ, Francisco Javier. *Instructivo de laboratorio de materiales de construcción*. Guatemala: s.e., 2003. 98 p.
6. SALAMANCA CORRE, Rodrigo. *Dosificación de morteros, diseño de mezclas de mortero*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1984. 74 p.
7. WALKER. Dan; GUTSCHICK, Ken ¿Por qué usar mortero de cal y cemento? En *Mortero – Recopilación de artículos de la Revista Mansonry Construction*. Illinois, USA: Aberdeen Group 1994. 247 p.

8. ZAPATA M., Blanca Helena. *Generalidades sobre la cal*. Medellín, Colombia: Instituto Colombiano de Productores de Cemento, 1992. 14 p.

ANEXOS

Anexo 1. Informe de la Sección de Agregados, Concretos y Morteros del CII USAC, control de calidad de la caracterización físico mecánica de los morteros propuestos de cal y puzolana, mezcla PZ-1



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 24900

CONTROL DE CALIDAD A MORTERO
 INFORME No. S.C. - 98 O.T. No. 29473
 HOJA 1/1

INTERESADO: Benjamin Levi Battz Ramirez Carne No. 200815622

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Evaluación de morteros con cemento romano modificado para el pegado de ladrillos de barro cocido y revestimiento ceramico"

DIRECCIÓN: 1a. Calle 4-24 Colonia Colinas del Paraiso San Miguel Petapa

FECHA: 27 de febrero de 2012

RESULTADO:

ENSAYO	RESULTADO	
Retencion de Agua de Mortero (ASTM C-1506)	54,13 %	
Determinación de Trabajabilidad	73,00 mm	
Masa Unitaria a mortero (ASTM C-138)	1 641,00 kg/m ³	
Fraguado Vicat (ASTM C-191)	T vicat	2240 min
	T vicat final	3095 min
Velocidad de Endurecimiento (ASTM C-403)	T (500 PSI)	4 días
	T (3000 PSI)	> 15 días

OBSERVACIONES:

- a) Mezcla realizada el dia 20 de febrero de 2012.
- b) Muestra identificada como Puzolana 1 PZ1.
- b) Ensayos realizados por el estudiante y supervisado por el laboratorista encargado.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.



Inga. Telma Mariela Cano Morales
Directora CII/USAC





Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros




EMG


FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 2. **Informe de la Sección de Agregados, Concretos y Morteros del CII USAC, control de calidad de la caracterización físico mecánica de los morteros propuestos de cal y puzolana, mezcla PZ-2**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



CONTROL DE CALIDAD A MORTERO
 INFORME No. S.C. - 213 O.T. No. **29474**
 HOJA 1/1

INTERESADO: Benjamin Levi Battz Ramirez Carne No. 200815622
PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Evaluación de morteros con cemento romano modificado para el pegado de ladrillos de barro cocido y revestimiento ceramico"
DIRECCIÓN: 1a. Calle 4-24 Colonia Colinas del Paraiso San Miguel Petapa
FECHA: 26 de abril de 2012

RESULTADO:

ENSAYO	RESULTADO	
Retención de Agua de Mortero (ASTM C-1506)	84.48%	
Determinación de Trabajabilidad	42,00 mm	
Masa Unitaria a mortero (ASTM C-138)	1 635,00 kg/m ³	
Fraguado Vicat (ASTM C-191)	T vicat	No presente
	T vicat final	No presente
Velocidad de Endurecimiento (ASTM C-403)	T (500 PSI)	6 días
	T (3000 PSI)	> 28 días


OBSERVACIONES:

- a) Mezcla realizada el día 21 de febrero de 2012.
- b) Muestra identificada como Puzolana 2 PZ-2.
- c) Ensayos realizados por el estudiante y supervisado por el laboratorista encargado.

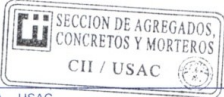
ATENTAMENTE,



Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC




Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros
MC




FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 3. **Informe de la Sección de Agregados, Concretos y Morteros del CII USAC, control de calidad de la caracterización físico mecánica de los morteros propuestos de cal y puzolana, mezcla PZ-3**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



CONTROL DE CALIDAD A MORTERO
 INFORME No. S.C. - 213 O.T. No. **29475**
 HOJA 1/1

INTERESADO: Benjamin Levi Battz Ramirez Carne No. 200815622
PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Evaluación de morteros con cemento romano modificado para el pegado de ladrillos de barro cocido y revestimiento ceramico"
DIRECCIÓN: 1a. Calle 4-24 Colonia Colinas del Paraiso San Miguel Petapa
FECHA: 10 de Mayo de 2012


RESULTADO:

ENSAYO	RESULTADO	
Retencion de Agua de Mortero (ASTM C-1506)	59,00%	
Determinación de Trabajabilidad	63,00 mm	
Masa Unitaria a mortero (ASTM C-138)	1 605,00 kg/m ³	
Fraguado Vicat (ASTM C-191)	T vicat	No presente
	T vicat final	No presente
Velocidad de Endurecimiento (ASTM C-403)	T (500 PSI)	7 días
	T (3000 PSI)	> 28 días


OBSERVACIONES:

- a) Mezcla realizada el dia 21 de febrero de 2012.
- b) Muestra identificada como Puzolana 3 PZ-3.
- c) Ensayos realizados por el estudiante y supervisado por el laboratorista encargado.

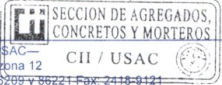
ATENTAMENTE,



Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC




Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros




FACULTAD DE INGENIERIA - USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 4. **Informe de la Sección de Agregados, Concretos y Morteros del CII USAC, diseño de mezclas y resistencia a la compresión de los morteros propuestos de cal y puzolana, mezcla PZ-1**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



DISEÑO DE MEZCLAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
 INFORME No. S.C. - 212 O.T. No. 29467
HOJA 1/1

INTERESADO: Benjamin Levi Battz Ramirez Carné No. 200815622
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Evaluación de morteros con cemento romano modificado para el pegado de ladrillos de barro cocido y revestimiento cerámico"
DIRECCIÓN: 1a. Calle 4-24 colonia Colinas del Paraiso San Miguel Petapa.
FECHA: 2 de mayo de 2012

Generalidades: el interesado proporcionó materiales para la mezcla.
Procedimiento: se trabajo de acuerdo a las instrucciones del interesado en lo que se refiere a la proporción y conforme a la norma ASTM C-270 para realización de la mezcla, la norma ASTM C-109 para el ensayo a compresión.
Resultados:
Resistencia a la Compresión:


No. CUBO	FECHA DE FUNDICIÓN	EDAD en días	ÁREA en cm ²	CARGA en kg	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	20/02/2012	3	25.67	45	1.75	24.93
2	20/02/2012	3	26.35	40	1.52	21.59
3	20/02/2012	3	26.32	65	2.47	35.13
4	20/02/2012	7	27.42	130	4.74	67.43
5	20/02/2012	7	28.91	135	4.67	66.42
6	20/02/2012	7	25.60	145	5.66	80.55
7	20/02/2012	28	25.13	890	35.41	503.66
8	20/02/2012	28	25.64	900	35.11	499.31
9	20/02/2012	28	25.20	820	32.54	462.81

Observaciones: a) El interesado proporcionó los materiales para la mezcla.
 b) Proporción Cal:Puzolana utilizada: 2:1
 c) Mezcla identificada como Puzolana 1.


Vo.Bo.



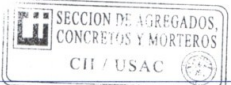
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



INGENIERIA



Inga. Dilma Yaret Mejicanos J
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros



MC

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Pagina web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 5. **Informe de la Sección de Agregados, Concretos y Morteros del CII USAC, diseño de mezclas y resistencia a la compresión de los morteros propuestos de cal y puzolana, mezcla PZ-2**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



DISEÑO DE MEZCLAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
 INFORME No. S.C. - 245 O.T. No. **29468**
 HOJA 1/2

INTERESADO: Benjamin Levi Ramirez. Carné No. 200815622

PROYECTO: Trabajo de graduación "Evaluación de morteros con cemento romano modificado para el pegado de ladrillos de barro cocido y revestimiento cerámico".

DIRECCIÓN: 1a. Calle 4-24 Colonia Colinas del Paraíso San Miguel Petapa.

FECHA: 9 de Mayo de 2012

Generalidades: El interesado proporciono los materiales para la mezcla.

Procedimiento: Se trabajo conforme a la norma ASTM C-270 para la realización de mezcla, la norma ASTM C-109 para el ensayo a compresión.

Resultados:
Resistencia a la Compresión:

No. CUBO	FECHA DE FUNDICIÓN	EDAD en días	ÁREA en cm ²	CARGA en kg	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	27/02/2012	3	26,04	875	33,60	477,86
2	27/02/2012	3	24,73	810	32,75	465,79
3	27/02/2012	3	24,54	805	32,81	466,66
4	27/02/2012	7	25,47	980	38,48	547,29
5	27/02/2012	7	25,67	1 000	38,95	554,05
6	27/02/2012	7	25,70	1 080	42,02	597,59
7	27/02/2012	28	26,01	1 300	49,98	710,89
8	27/02/2012	28	23,20	1 000	43,10	613,06
9	27/02/2012	28	25,67	1 320	51,42	731,35

Observaciones: a) El interesado proporcionó los materiales para la mezcla.
 b) Proporción Cal:Puzolana utilizada: 3:1.
 c) Mezcla identificada como Puzolana 2.

ATENTAMENTE,



Inga Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



Inga Dilma Yanet Mejicanos JD
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
Vo.Bo.
DIRECCIÓN




SECCION DE AGREGADOS, CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

E.R


FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 6. **Informe de la Sección de Agregados, Concretos y Morteros del CII USAC, diseño de mezclas y resistencia a la compresión de los morteros propuestos de cal y puzolana, mezcla PZ-3**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



DISEÑO DE MEZCLAS Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
 INFORME No. S.C. - 215 O.T. No. **29469**
 HOJA 1/2

INTERESADO: Benjamin Levi Ramirez. Carné No. 200815622
PROYECTO: Trabajo de graduacion "Evaluacion de morteros con cemento romano modificado para el pegado de ladrillos de barro cocido y revestimiento ceramico".
DIRECCIÓN: 1a. Calle 4-24 Colonia Colinas del Paraiso San Miguel Petapa.
FECHA: 7 de Mayo de 2012
Generalidades: El interesado proporciono los materiales para la mezcla.
Procedimiento: Se trabajo conforme a la norma ASTM C-270 para la realización de mezcla, la norma ASTM C-109 para el ensayo a compresión.

Resultados:
Resistencia a la Compresión:



No. CUBO	FECHA DE FUNDICIÓN	EDAD en días	ÁREA en cm ²	CARGA en kg	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	21/02/2012	3	25,54	110	4,31	61,27
2	21/02/2012	3	25,77	100	3,88	55,19
3	21/02/2012	3	25,84	85	3,29	46,79
4	21/02/2012	7	24,93	210	8,42	119,79
5	21/02/2012	7	24,97	220	8,81	125,33
6	21/02/2012	7	24,93	200	8,02	114,09
7	21/02/2012	28	25,50	700	27,45	390,40
8	21/02/2012	28	26,25	550	20,95	298,03
9	21/02/2012	28	25,70	520	20,23	287,73

Observaciones: a) El interesado proporcionó los materiales para la mezcla.
 b) Proporción Cal:Puzolana utilizada: 3:1.
 c) Mezcla identificada como Puzolana 1.


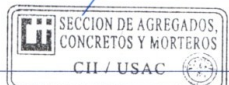
ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cordero Morales
Directora CII/USAC


Inga. Dilma Yahet Mejicanos Jol
Sección de Agregados, Concretos y Morteros


FACULTAD DE INGENIERIA - USAC -
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 7. **Informe de la Sección de Agregados, Concretos y Morteros del CII USAC, diseño de mezclas y resistencia a la tensión de los morteros propuestos de cal y puzolana, mezcla PZ-1**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



DISEÑO DE MEZCLAS Y RESISTENCIA A LA TENSIÓN
 INFORME No. S.C. - 216 O.T. No. 29467
 HOJA 1/1

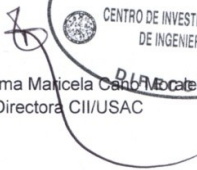
INTERESADO: Benjamin Levi Battz Ramirez Carné No. 200815622
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Evaluación de morteros con cemento romano modificado para el pegado de ladrillos de barro cocido y revestimiento cerámico"
DIRECCIÓN: 1a. Calle 4-24 colonia Colinas del Paraiso San Miguel Petapa.
FECHA: 2 de mayo de 2012

Generalidades: el interesado proporcionó materiales para la mezcla.
Procedimiento: se trabajo de acuerdo a las instrucciones del interesado en lo que se refiere a la proporción y conforme a la norma ASTM C-270 para realización de la mezcla, la norma ASTM C-190 para el ensayo a tensión.
Resultados:
Resistencia a la Tensión:


No. BRIQUETA	FECHA DE FUNDICIÓN	EDAD en días	ÁREA en pulg ²	CARGA en lb	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	20/02/2012	3	1.00	55	3.87	55.00
2	20/02/2012	3	1.00	70	4.92	70.00
3	20/02/2012	7	1.00	90	6.33	90.00
4	20/02/2012	7	1.00	85	5.98	85.00
5	20/02/2012	28	1.00	180	12.66	180.00
6	20/02/2012	28	1.00	145	10.19	145.00

Observaciones: a) El interesado proporcionó los materiales para la mezcla.
 b) Proporción Cal:Puzolana utilizada: 2:1
 c) Mezcla identificada como Puzolana 1.

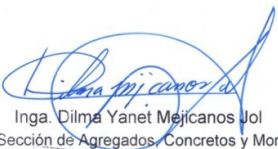
Vo.Bo.



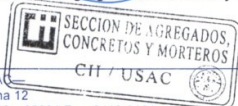
Inga. Telma Marcela Cambal
Directora CII/USAC



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros



FACULTAD DE INGENIERIA — USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 8. **Informe de la Sección de Agregados, Concretos y Morteros del CII USAC, diseño de mezclas y resistencia a la tensión de los morteros propuestos de cal y puzolana, mezcla PZ-2**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



DISEÑO DE MEZCLAS Y RESISTENCIA A LA TENSIÓN
 INFORME No. S.C. - 245 O.T. No. **29468**
 HOJA 2/2

INTERESADO: Benjamin Levi Ramirez. Carné No. 200815622
 Trabajo de graduación "Evaluación de morteros con cemento romano modificado para el pegado de ladrillos de barro cocido y revestimiento cerámico".

PROYECTO:

DIRECCIÓN: 1a. Calle 4-24 Colonia Colinas del Paraiso San Miguel Petapa.
FECHA: 9 de mayo de 2012

Generalidades: El interesado proporcionó materiales para la mezcla.

Procedimiento: Se trabajo conforme a la norma ASTM C-270 para la realización de mezcla, la norma ASTM C-190 para el ensayo a tensión.

Resultados:
Resistencia a la Tensión:

No. BRIQUETA	FECHA DE FUNDICIÓN	EDAD en días	ÁREA en pulg ²	CARGA en lb	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	27/02/2012	3	1,00	128	9,00	128,00
2	27/02/2012	3	1,00	127	8,93	127,00
3	27/02/2012	3	1,00	126	8,86	126,00
4	27/02/2012	7	1,00	103	7,24	103,00
5	27/02/2012	7	1,00	129	9,07	129,00
6	27/02/2012	7	1,00	128	9,00	128,00
6	27/02/2012	28	1,00	0	0,00	0,00
6	27/02/2012	28	1,00	135	9,49	135,00
6	27/02/2012	28	1,00	125	8,79	125,00

Observaciones: a) El interesado proporcionó los materiales para la mezcla.
 b) Proporción Cal:Puzolana utilizada 3:1.
 c) Mezcla identificada como Puzolana 2.



Vo.Bo. DIRECCION
 Inga. Telma Marcela Cano Morales
 Directora CII/USAC

ATENTAMENTE,



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
 Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona
 Teléfono directo: 2418-9115. Planta: 2418-8000 Exts. 86209
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

SECCION DE AGREGADOS
 CONCRETOS Y MORTEROS
 CII USAC

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 9. **Informe de la Sección de Agregados, Concretos y Morteros del CII USAC, diseño de mezclas y resistencia a la tensión de los morteros propuestos de cal y puzolana, mezcla PZ-3**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



DISEÑO DE MEZCLAS Y RESISTENCIA A LA TENSIÓN .

INFORME No. S.C. - 215

O.T. No. 29469

HOJA 2/2

INTERESADO: Benjamin Levi Ramirez. Carné No. 200815622
Trabajo de graduacion "Evaluacion de morteros con cemento romano modificado para el pegado de ladrillos de barro cocido y revestimiento ceramico".

PROYECTO: Trabajo de graduacion "Evaluacion de morteros con cemento romano modificado para el pegado de ladrillos de barro cocido y revestimiento ceramico".

DIRECCIÓN: 1a. Calle 4-24 Colonia Colinas del Paraiso San Miguel Petapa.

FECHA: 7 de mayo de 2012

Generalidades: El interesado proporcionó materiales para la mezcla.

Procedimiento: Se trabajo conforme a la norma ASTM C-270 para la realización de mezcla, la norma ASTM C-190 para el ensayo a tensión.

Resultados:

Resistencia a la Tensión:

No. BRIQUETA	FECHA DE FUNDICIÓN	EDAD en días	ÁREA en pulg ²	CARGA en lb	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	21/02/2012	3	1,00	83	5,84	83,00
2	21/02/2012	3	1,00	79	5,55	79,00
3	21/02/2012	7	1,00	96	6,75	96,00
4	21/02/2012	7	1,00	95	6,68	95,00
5	21/02/2012	28	1,00	140	9,84	140,00
6	21/02/2012	28	1,00	143	10,05	143,00

Observaciones: a) El interesado proporcionó los materiales para la mezcla.
b) Proporción Cal:Puzolana utilizada 3:1.
c) Mezcla identificada como Puzolana 3.


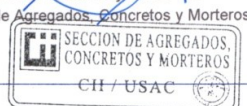
ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Canales Morales
Directora CII USAC




Inga. Dilma Yaret Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9415, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 10. **Informe de la Sección de Estructuras del CII USAC.**
Generalidades



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. : CCAmay12

O.T. 29725

No. DE HOJAS: 09

INTERESADO: Benjamín Leví Battz Ramírez

ASUNTO: Ensayo de prismas de muro.

FECHA: mayo 2012

GENERALIDADES:

El interesado presento diez prismas de mampostería al Centro de Investigaciones de Ingeniería CII para evaluar tres diseños de morteros ensayando a compresión, corte y fricción y adherencia para un amplio análisis del mortero en el estudio de trabajo de graduación **“EVALUACION DE MORTEROS CON CEMENTO ROMANO MODIFICADO PARA EL PEGADO DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO Y REVESTIMIENTO CERAMICO”** por lo cual se procedió a ensayar de la siguiente manera: cuatro a Corte, dos a Compresión y 4 a fricción y adherencia, para ser ensayados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería. Los materiales utilizados para la elaboración de la mezcla fueron: Cal Viva, Puzolana y agua; las proporciones variaron dependiendo del diseño a evaluar. Los prismas fueron ensayados a edades de 7 y 28 días para analizar su comportamiento inicial y final. Los prismas ensayados fueron elaborados con ladrillos tubulares de barro cocido con una resistencia a la compresión de 116 Kg/cm² con especificación que a continuación se presentan:

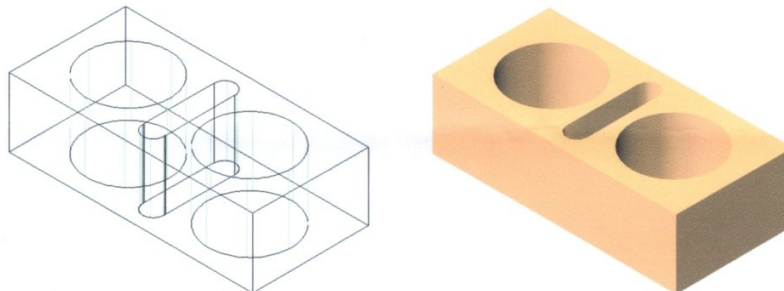


Figura 1: La imagen muestra la unidad mampostérica utilizada para construir los prismas.

Anexo 11. **Informe de la Sección de Estructuras del CII USAC.**
Ensayos realizados – Ensayo de prismas a compresión



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. : CCAmay12 O.T. 29725 No. DE HOJAS: 09
INTERESADO: Benjamín Leví Battz Ramírez
ASUNTO: Ensayo de prismas de muro. FECHA: mayo 2012

ENSAYOS REALIZADOS

ENSAYO DE PRISMAS A COMPRESION

Procedimiento:

Se construyeron 2 prismas de 7 filas de ladrillo de un ladrillo y medio de base como se muestra en la *figura 1* para obtener una altura de 51.80 cm y 34.80 cm de base para cumplir con una relación de 1.5 de su altura y su base. Los prismas se evaluaron a edades de 7 y 28 días y se ensayo colocándolo horizontalmente niveladamente de tal forma que se le aplico carga vertical uniformemente distribuida simulando la acción de cargas a las cuales será sometido, aplicando para este efecto esfuerzos axiales de compresión por medio de una prensa hidráulica con capacidad de 150,000 libras. La carga fue aplicada gradualmente para obtener el comportamiento del prisma mediante fallas hasta el colapso final.

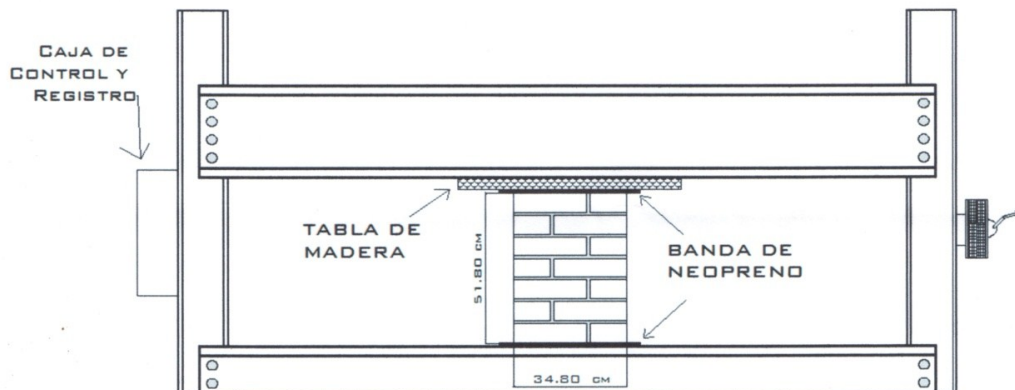


Figura 2: La imagen muestra los instrumentos que se utilizaron para realizar el ensayo de compresión en prismas.

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 12. **Informe de la Sección de Estructuras del CII USAC. Análisis de resultados – prismas a compresión**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. : CCAmay12

O.T. 29725

No. DE HOJAS: 09

INTERESADO: Benjamín Leví Battz Ramírez

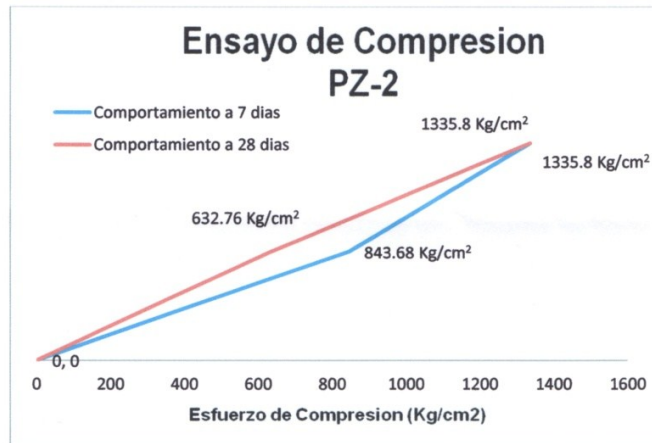
ASUNTO: Ensayo de prismas de muro.

FECHA: mayo 2012

ANALISIS DE RESULTADOS

ENSAYO DE COMPRESION EN PRISMAS							
PRISMA #	EDAD (días)	PESO (kg)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	ESPESOR (cm)	ESFUERZO INICIAL	
						(PSI)	(Kg/cm ²)
PZ-2	7	24.8	34.8	51.8	11.2	12000	843.68
PZ-2	28	24.4	34.6	50.9	11.2	9000	632.76

ENSAYO DE COMPRESION EN PRISMAS						
ESFUERZO ULTIMO		AREA (cm ²)	CARGA INICIAL		CARGA ULTIMA	
(PSI)	(Kg/cm ²)		(Lb)	(Kg)	(Lb)	(Kg)
19000	1335.8	14.45	26881.543	12191.176	42561.59355	19302.31
19000	1335.8	14.45	20161.157	9143.382	42561.59355	19302.31



Grafica 1: La grafica muestra el comportamiento del prisma bajo efectos de compresión a edades de 7 días y 28 días con esfuerzos iniciales y esfuerzos últimos.

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 13. **Informe de la Sección de Estructuras del CII USAC.**
Ensayos realizados – ensayo de prismas a corte



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. : CCAmay12

O.T. 29725

No. DE HOJAS: 09

INTERESADO: Benjamín Leví Battz Ramírez

FECHA: mayo 2012

ASUNTO: Ensayo de prismas de muro.



Figura 3: La imagen muestra los prismas ensayados a esfuerzos de compresión.

ENSAYO DE PRISMAS A CORTE

Procedimiento:

Se construyeron 4 prismas de 5 filas de ladrillo de un ladrillo y medio de base como se muestra en la *figura 2* para obtener una altura de 36.00 cm y 35.00 cm de base para cumplir con una relación de 1 de su altura y su base. Los prismas se evaluaron a edades de 7 y 28 días y se ensayo colocándolo en el marco de carga sobre un vértice superior formando una línea vertical con el vértice inferior opuesto, y esto se logra con el uso de esquinas fabricadas que permiten crear estas condiciones. Seguidamente se le aplica carga radialmente en el vértice superior mediante un gato hidráulico hasta observar el tipo de falla y la carga en la que ocurre la falla de colapso.

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 14. **Informe de la Sección de Estructuras del CII USAC. Análisis de resultados – ensayo de prismas a corte**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. : CCAmay12

O.T. 29725

No. DE HOJAS: 09

INTERESADO: Benjamín Leví Battz Ramírez

ASUNTO: Ensayo de prismas de muro.

FECHA: mayo 2012

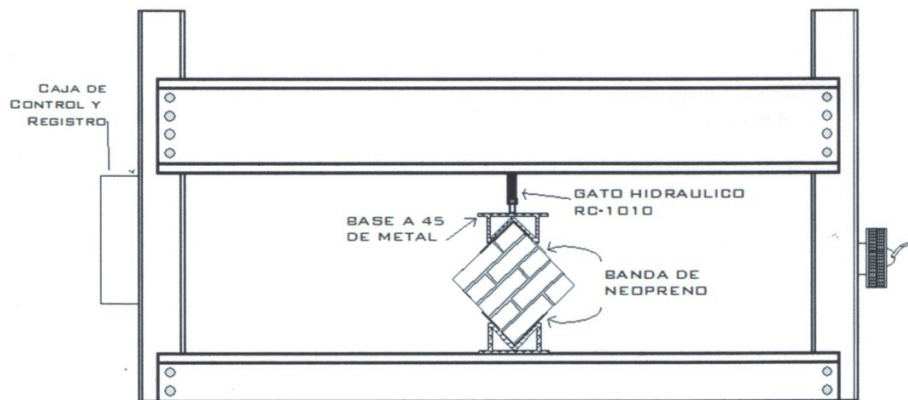


Figura 4: La imagen muestra los instrumentos que se utilizaron y el desarrollo para realizar el ensayo de corte en prismas.

ANALISIS DE RESULTADOS

ENSAYO DE CORTE EN PRISMAS											
PRISMA #	EDAD (días)	PESO (kg)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	ESPESOR (cm)	DIAGONAL (cm)	ESFUERZO MAXIMO		AREA (cm ²)	Carga	
							(PSI)	(Kg/cm ²)		(Lb)	(Kg)
PZ-2	7	17	34.5	36.2	11.2	50.1	1000	70.31	14.45	2240.235	1015.9795
PZ-2	28	17.9	35.1	36.2	11.15	50.3	1500	105.46	14.45	3360.193	1523.897
PZ-1	28	18	35	36.5	11.1	50.5	2200	154.68	14.45	4928.453	2235.126
PZ-3	28	18	35.1	36.15	11.15	50	1950	137.1	14.45	4368.314	1981.095

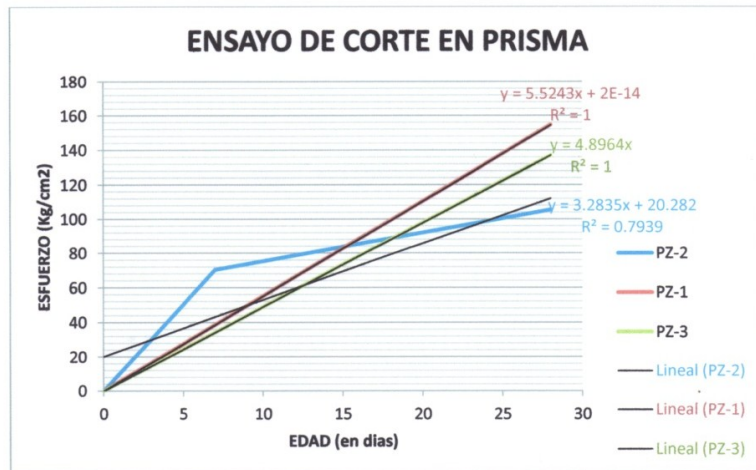
Anexo 15. Informe de la Sección de Estructuras del CII USAC. Análisis de resultados – ensayo de prismas a corte



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. : CCAmay12 O.T. 29725 No. DE HOJAS: 09
INTERESADO: Benjamín Leví Battz Ramírez
ASUNTO: Ensayo de prismas de muro. FECHA: mayo 2012



Grafica 2: la grafica muestra el comportamiento de los prismas ensayados a corte relacionando su esfuerzo al corte con la edad de ensayo.



Figura 5: La imagen muestra los prismas ensayados a esfuerzos cortantes.

Anexo 16. **Informe de la Sección de Estructuras del CII USAC. Ensayos realizados – ensayo de prismas a fricción y adherencia**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. : CCAmay12 O.T. 29725 No. DE HOJAS: 09
INTERESADO: Benjamín Leví Battz Ramírez
ASUNTO: Ensayo de prismas de muro. FECHA: mayo 2012

ENSAYO DE PRISMAS A FRICCIÓN Y ADHERENCIA

Procedimiento:

Se construyeron 4 prismas de 5 filas de ladrillo de dos ladrillos de base como se muestra en la figura 3. Los prismas se evaluaron a edades de 7 y 28 días para obtener un dato inicial y un final. Se ensayaron colocándolos en un marco rígido de acero y se le aplicó una carga vertical para inmovilizar el prisma, así mismo se agregaron 2 gatos hidráulicos OWATONNA de capacidad de 10 toneladas aplicando carga gradualmente hasta obtener un desplazamiento en los ladrillos desplegados y así obtener los resultados de fricción y adherencia.

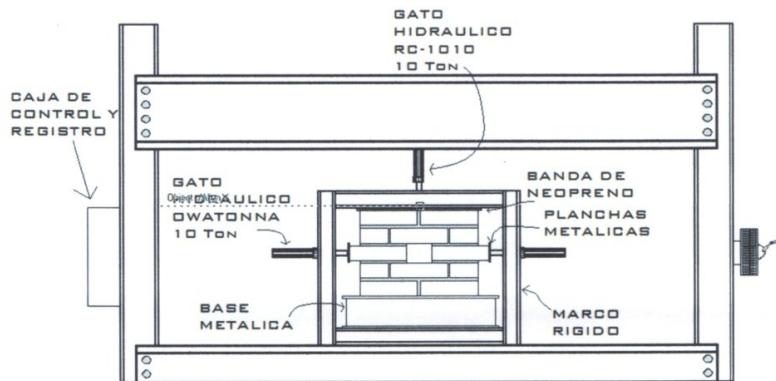


Figura 6: La imagen muestra los instrumentos que se utilizaron y el desarrollo para realizar el ensayo de fricción y adherencia en prismas.

Anexo 17. **Informe de la Sección de Estructuras del CII USAC. Análisis de resultados – ensayo de prismas a fricción y adherencia**



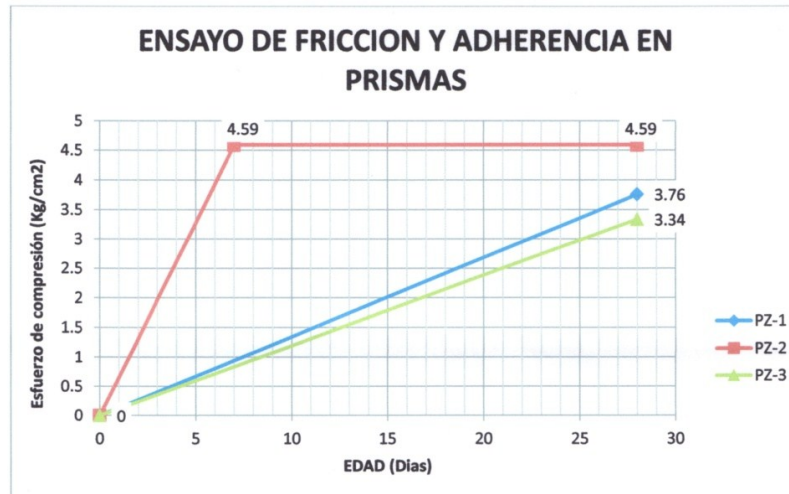
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. : **CCAmay12** O.T. 29725 No. DE HOJAS: **09**
INTERESADO: **Benjamín Leví Battz Ramírez**
ASUNTO: **Ensayo de prismas de muro.** FECHA: **mayo 2012**

ANÁLISIS DE RESULTADOS

ENSAYO DE ADHERENCIA EN PRISMAS								
PRISMA #	EDAD (días)	PRESION MAX		Área del Gato (Cm2)	Carga Max (Kg)	Área de Contacto (Cm2)	ESFUERZO ULTIMO	
		PSI	Kg/cm2				Kg/cm2	PSI
PZ-2	7	550	38.67	14.45	558.78	121.64	4.59	65.29
PZ-2	28	550	38.67	14.45	558.78	121.64	4.59	65.29
PZ-1	28	450	31.64	14.45	457.20	121.64	3.76	53.48
PZ-3	28	400	28.12	14.45	406.33	121.64	3.34	47.51



Grafica 3: la grafica muestra el comportamiento de los prismas ensayados a fricción y adherencia relacionada con la edad de ensayo.

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 18. **Informe de la Sección de Estructuras del CII USAC. Análisis de resultados – ensayo de prismas a fricción y adherencia**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. : **CCAmay12**
INTERESADO: **Benjamín Leví Battz Ramírez**
ASUNTO: **Ensayo de prismas de muro.**

O.T. **29725** No. DE HOJAS: **09**
FECHA: **mayo 2012**



Figura 7: La imagen muestra los prismas ensayados fricción y adherencia.

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 19. **Informe de la Sección de Estructuras del CII USAC.**
CONCLUSIONES DE ENSAYOS



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. : CCAmay12

O.T. 29725

No. DE HOJAS: 09

INTERESADO: Benjamín Leví Battz Ramírez

ASUNTO: Ensayo de prismas de muro.

FECHA: mayo 2012

CONCLUSIONES

Según el análisis de resultados podemos concluir que el mortero presento una buena resistencia a esfuerzos de compresión ya que el mortero fallo juntamente con la mampostería, igualmente bajo efectos cortantes.

De acuerdo a los resultados de fricción y adherencia el mortero no presento una resistencia aceptable debido que se utilizo Cal Viva en la mezcla el cual generó un alto calor de hidratación por lo cual el mortero endureció en un menor tiempo por lo que absorbió la humedad del ladrillo provocando mala adherencia por lo que es conveniente mejorar esta propiedad mediante la aplicación de un porcentaje mínimo de Cemento Hidráulico o aditivos para mejorar tanto la capacidad de fricción y adherencia como también reforzar los esfuerzos a compresión y corte en prismas.


Ing. Mario Rodolfo Corzo Avila
SECCIÓN DE ESTRUCTURAS
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, C.A.

Vo. Bo


Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII



Anexo 20. **Informe de la Sección de Agregados, Concretos y Morteros del CII USAC. Ensayo de determinación del tiempo abierto de los morteros propuestos de cal y puzolana**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ENSAYO DE DETERMINACION DE TIEMPO ABIERTO

INFORME No. S.C. - 482

O.T. No. 29970

HOJA 1/1

INTERESADO: Benjamin Levi Battz Ramirez Carne No. 200815622
PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Evaluación de morteros con cemento romano modificado para el pegado de ladrillos de barro cocido y revestimiento ceramico"
DIRECCIÓN: 2a. Calle 18-30, Zona 6, Ciudad de Guatemala
FECHA: 7 de agosto de 2012

RESULTADOS:

Tiempo (min)	Mezcla PZ-1			Mezcla PZ-2			Mezcla PZ-3		
	Probeta 1	Probeta 2	Promedio	Probeta 1	Probeta 2	Promedio	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
5	75%	68%	72%	55%	61%	58%	100%	47%	74%
10	56%	53%	55%	98%	93%	96%	13%	0%	7%
15	27%	24%	26%	20%	3%	12%	3%	0%	2%
20	15%	11%	13%	0%	49%	25%	38%	3%	21%

OBSERVACIONES:

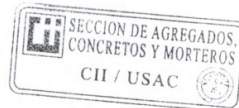
- Ensayo realizado el día 06 de agosto de 2012.
- Muestra identificada como Puzolana 1: PZ1, Puzolana 2: PZ-2 y Puzolana PZ-3.
- Ensayos realizados por el estudiante y supervisado por el laboratorista asignado.
- Ensayos basados según norma ANSI A118.1.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Caño Morales
Directora CII/USAC

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jo
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros



EMG

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: ensayos realizados en el CII.

Anexo 21. **Informe de la Sección de Agregados, Concretos y Morteros del CII USAC. Ensayo de determinación del tiempo de corrección de los morteros propuestos de cal y puzolana**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ENSAYO DE DETERMINACION DE TIEMPO DE CORRECCION

INFORME No. S.C. - 487

O.T. No. 29969

HOJA 1/1

INTERESADO: Benjamin Levi Battz Ramirez Carne No. 200815622
PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Evaluación de morteros con cemento romano modificado para el pegado de ladrillos de barro cocido y revestimiento ceramico"
DIRECCIÓN: 2a. Calle 18-30, Zona 6, Ciudad de Guatemala
FECHA: 8 de agosto de 2012

RESULTADOS:

Tiempo (min)	Numero de Probetas adheridas despues de ensayadas		
	PZ-1	PZ-2	PZ-3
20	4	4	4
25	4	4	4
30	4	4	4

OBSERVACIONES:

- Ensayo realizado el día 06 de agosto de 2012.
- Muestra identificada como Puzolana 1: PZ1, Puzolana 2: PZ-2 y Puzolana PZ-3.
- Ensayos realizados por el estudiante y supervisado por el laboratorista asignado.
- Ensayos basados según norma ANSI A118.1.

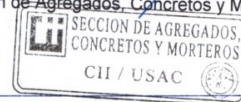
ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Telefono directo: 2418-9115. Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: ensayos realizados en el CII.