



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

**EVALUACIÓN DEL USO DE MORTEROS DE MAMPOSTERÍA EN OBRA Y  
LABORATORIO, DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-270**

**Walter Álvarez Guzmán**

**Asesorado por el Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus**

**Guatemala, noviembre de 2007**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL USO DE MORTEROS DE MAMPOSTERÍA EN OBRA Y  
LABORATORIO, DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-270**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**WALTER ALVAREZ GUZMAN**

ASESORADO POR EL ING. SERGIO VINICIO CASTAÑEDA LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO</b>	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
<b>VOCAL I</b>	Inga. Glenda Patricia García Soria
<b>VOCAL II</b>	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
<b>VOCAL III</b>	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
<b>VOCAL IV</b>	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
<b>SECRETARIA</b>	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO</b>	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Jeovani Miranda Castañón
<b>SECRETARIA</b>	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo 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 DEL USO DE MORTEROS DE MAMPOSTERÍA EN OBRA Y LABORATORIO, DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-270,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el día 8 de octubre de 2007.

Walter Álvarez Guzmán

*Ingeniero Sergio V. Castañeda L.*  
*Colegiado 5319*

Guatemala 23 de octubre de 2007

Ingeniero  
Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
Coordinador Área de Materiales  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Ing. Quiñonez de la Cruz

Por este medio me permito informarle que he revisado el trabajo de Graduación titulado **“Evaluación del uso de morteros de mampostería en obra y laboratorio, de acuerdo a la norma ASTM C-270”**, desarrollado por el estudiante universitario Walter Álvarez Guzmán quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo elaborado por el estudiante Álvarez Guzmán, satisface los requisitos exigidos en la Facultad, por lo que recomiendo su aprobación,

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus

Asesor Trabajo de Graduación



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 26 de octubre de 2,007

Ing. Fernando Amílcar Boiton Velásquez  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Boiton Velásquez:

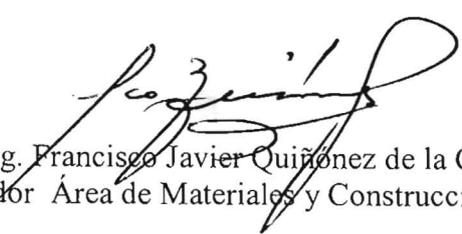
Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **“EVALUACIÓN DEL USO DE MORTEROS DE MAMPOSTERÍA EN OBRA Y LABORATORIO, DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-270”**, elaborado por el estudiante universitario **Walter Álvarez Guzmán**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Sergio Vinicio Castañeda Lemus.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Álvarez Guzmán**, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles



Cc archivo



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Walter Álvarez Guzmán, titulado EVALUACIÓN DEL USO DE MORTEROS DE MAMPOSTERÍA EN OBRA Y LABORATORIO, DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-270, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Fernando Amilcar Boriton Velásquez



Guatemala, octubre 2007.

/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 DEL USO DE MORTEROS DE MAMPOSTERÍA EN OBRA Y LABORATORIO, DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-270**, presentado por el estudiante universitario **Walter Álvarez Guzmán**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, noviembre de 2007



/gdech



## ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por ser la luz que ilumina mi corazón, mis pensamientos y da fortaleza a mi alma, por darme la oportunidad de nacer de nuevo por medio de su santo espíritu a quien acudo en cada momento, amen.
- MI MADRE** Por su amor incondicional, por su paciencia, por su confianza en este proyecto, por sus correcciones llenas de sabiduría, por esto y mucho más...te quiero mucho.
- MI PADRE** Dagoberto Álvarez (Q.E.P.D).
- MIS HERMANOS** Erick Renato (Q.E.P.D), Diego Fernando (Q.E.P.D).
- MIS HIJOS** Walter Josué, Maria Cristina y Mayra Alejandra, por ser fuente de inspiración en este caminar.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**EL PUEBLO DE GUATEMALA**, por la inversión hecha a través de los impuestos.

**LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, por darme la oportunidad de haber estudiado en tan prestigiosa casa de estudios.

**LA FACULTAD DE INGENIERÍA**, por darme la oportunidad de haber recibido una formación académica profesional.

La señora **MAYRA MAGALY**, por su ayuda al inicio de este proyecto.

La joven **RUTH NOHEMI**, por su entusiasmo, motivación y atención.

El Ingeniero **OSCAR CHINCHILLA**, por ser un amigo en todo momento, por su ayuda incondicional en cada uno de mis proyectos.

El Ingeniero **MURPHY PAIZ**, Por ser un amigo y un gran líder, por confiar en mi en las tareas propuestas.

La Licenciada **RUTH NOHEMI CARDONA**, por sus correcciones en este proyecto.

Al Ingeniero **OSWALDO ESCOBAR**, por su amistad y apoyo.

Al Ingeniero **RONALD GALINDO**, por su amistad y apoyo.

Al Ingeniero **JEOVANI MIRANDA**, por su amistad y apoyo.

Al Ingeniero **FERNANDO BOITON**, por su amistad y apoyo.

Al Ingeniero **SERGIO CASTAÑEDA**, por su asesoría y apoyo

Al compañero **EDUARDO MACHUCA**, por su colaboración en los ensayos de laboratorio.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÌMBOLOS</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÒN</b>	<b>XVII</b>
<b>1. MORTEROS DE MAMPOSTERÍA</b>	<b>1</b>
1.1. Definición	1
1.2. Tipos	1
1.2.1. De acuerdo al medio	1
1.2.2. De acuerdo con el aglomerante que constituye el mortero	2
1.2.3. Morteros Calcáreos	2
1.2.4. Morteros de cemento Pórtland y cal	2
1.2.5. Morteros de cemento	2
1.3. Características	2
1.4. Aporte estructural	5
1.4.1. Otros morteros	6
1.4.1.1. Mortero de inyección	6
1.4.1.2. Mortero para reparación estructural	6
1.4.1.3. Morteros de renovación superficial	6
1.4.2. Morteros de renovación superficial	7
1.4.2.1. Mortero de inyección	7
1.4.2.2. Mortero para reparación estructural	7
1.4.2.3. Morteros de renovación superficial	
1.5. Estudios anteriores	7
1.6. Ensayos y normas aplicables	8
1.6.1. Componentes de los morteros	8

1.6.1.1.	Cal	8
1.6.1.2.	Cemento	8
1.6.1.3.	Agregados	9
1.6.1.4.	Agua	10
1.6.1.5.	Aditivos	10
1.6.2.	Morteros	11
1.6.2.1.	Propiedades en estado plástico	11
1.6.2.2.	Propiedades en estado endurecido	13
<b>2.</b>	<b>DESARROLLO EXPERIMENTAL</b>	<b>17</b>
2.1.	Selección y descripción de los proyectos a muestrear	17
2.2.	Toma de muestras	18
2.3.	Control de calidad en campo	19
2.3.1.	Materiales	19
2.3.1.1.	Cemento	19
2.3.1.2.	Cal	20
2.3.1.3.	Agregado fino	21
2.3.2.	Mortero obra	21
2.3.2.1.	Trabajabilidad	21
2.3.2.2.	Resistencia mecánica	21
2.3.2.3.	Masa unitaria	21
2.3.2.4.	Contenido de aire	21
2.3.2.5.	Retención de agua	21
2.4.	Control de calidad en laboratorio	22
2.4.1.	Trabajabilidad	22
2.4.2.	Resistencia mecánica	22
2.4.3.	Masa unitaria	23
2.4.4.	Contenido de aire	23
2.4.5.	Retención de agua	23
2.5.	Resultados	23
2.5.1.	Agregado fino	23

2.5.2. Muestreo	25
2.5.3. Mortero obra	27
2.5.3.1. Características físicas	27
2.5.3.2. Resistencia compresión	27
2.5.3.3. Resistencia a tensión	28
2.5.4. Morteros laboratorio	28
2.5.4.1. Características físicas	28
2.5.4.2. Resistencia a compresión	29
2.5.4.3. Resistencia a tensión	30
<b>3. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>35</b>
3.1. Muestreo	35
3.2. Agregado fino	36
3.3. Morteros	36
3.3.1. Ensayos físicos	36
3.3.1.1. Trabajabilidad	37
3.3.1.2. Masa unitaria	38
3.3.1.3. Retención de agua	38
3.3.1.4. Contenido de aire	39
3.3.2. Ensayos mecánicos	40
3.3.2.1. Resistencia a compresión	40
3.3.2.2. Resistencia a tensión	40
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>43</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>45</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>47</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>49</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>51</b>



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Equipo para ensayo retención de agua ASTM C-1506	12
2. Presión aplicada en ensayo de retención de agua ASTM C-1506	13
3. Proyecto remodelación de aulas, Edificio T-3, Facultad de Ingeniería USAC	18
4. Toma de muestras	19
5. Equipo ensayo control de trabajabilidad en obra ASTM C-780	20
6. Figura No. 6 Equipo control de trabajabilidad en laboratorio, ASTM C-230	22
7. Resultados tipos de morteros, muestreos	26
8. Resultados aplicación de morteros, muestreos	26
9. Resultados trabajabilidad, mesa de flujo	30
10. Resultados trabajabilidad penetrómetro	31
11. Resultados retención de agua	31
12. Resultados masa unitaria	32

13. Resultados resistencia a compresión 3 días	32
14. Resultados resistencia a compresión 28 días	33
15. Resultados resistencia a tensión 7 días	33
16. Resultados resistencia a tensión 28 días	34

## TABLAS

I. Requerimientos para especificación por proporciones	3
II. Peso de materiales	3
III. Requerimientos para especificación por propiedades	4
IV. Usos de los morteros de cemento	4
V. Requisitos físicos de cementos de mampostería	9
VI. Tipos de aditivos químicos según la norma ASTM C-494	10
VII. Resultados caracterización agregado fino	23
VIII. Datos proyectos	25
IX. Resultados caracterización morteros en obra	27
X. Resultados resistencia a compresión, morteros obra	28
XI. Resultados resistencia a tensión, morteros obra	28
XII. Resultados caracterización morteros laboratorio	29
XIII. Resultados resistencia a compresión, morteros laboratorio	29
XIV. Resultados resistencia a tensión, morteros laboratorio	30
XV. Requerimientos para morteros, norma ASTM C-270	35



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>a-c</b>	Relación agua cemento
<b>ASTM</b>	Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los materiales.
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>g</b>	Gramos
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>%</b>	Porcentaje
<b>MPa</b>	Mega pascales



## GLOSARIO

<b>ASTM</b>	Siglas en inglés de la Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los materiales ( <i>American Society for Testing and Materials</i> ).
<b>COGUANOR</b>	Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas.
<b>Control de calidad</b>	Acciones que toma un productor o un constructor para asegurar un control sobre lo que se está ejecutando y lo que se está suministrando, para asegurar que se están cumpliendo con las especificaciones y normas de aplicación y con las prácticas correctas de ejecución
<b>Fraguado</b>	Reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de una mezcla de cemento y agua, la cual puede ser un concreto o mortero.
<b>Índice colorímetro</b>	Un indicador de la calidad de impurezas orgánicas que contiene un agregado fino
<b>Mortero</b>	Mezcla constituida por material cementante, agregado fino, agua, con o sin aditivos empleada para obras de albañilería, como material de pega, revestimiento de paredes, etc.

<b>Norma</b>	Documento de aplicación voluntaria aprobado por un organismo de normalización reconocido que contiene especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico.
<b>Porosidad</b>	Esta dada por su estructura física de la roca que presenta numerosos poros perceptibles a simple vista.
<b>Relación a/c (w/c)</b>	Es el resultado de dividir la masa del agua entre la masa del cemento utilizados en un concreto o mortero.
<b>Trabajabilidad</b>	Característica de una mezcla o mortero en cuanto a la facilidad que presenta para ser colocado.

## RESUMEN

La mampostería es el sistema constructivo más utilizado en Guatemala, a pesar de ello, las variaciones en procesos y control de calidad de materiales son amplias, producto de la mano de obra y tipo de materiales utilizados.

El presente estudio evaluó proyectos ubicados en el área metropolitana de la capital (10 en total), en donde se estuvieran levantando muros de cualquier tipo, para lo cual se realizó un muestreo que permitió obtener la información necesaria sobre materiales, proporciones y procesos utilizados en cada obra en particular, para luego evaluarlos en laboratorio de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C-270, "***Standard specification for mortar unit masonry***", **Especificaciones de normas de morteros de unidades de mampostería**, midiéndose la trabajabilidad, relación agua cemento, retención de agua, contenido de aire y masa unitaria para obra y laboratorio, para esto se aprovechó el equipo con que cuenta la Sección de Aglomerantes y Morteros del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Los resultados obtenidos muestran una gran variabilidad, algunos parámetros cumplen las especificaciones de la norma, pero su uso se basa más en la experiencia del responsable de su aplicación, además se pudo comprobar que la mayoría de morteros son sobre diseñados, situación que puede causar estructuras muy rígidas debido a que se usan unidades de mampostería con calidad variable, que afecta el comportamiento del conjunto cemento-mortero-unidad de mampostería-. Al final del estudio se presentan recomendaciones sobre el uso de morteros de levantado en obra, que optimicen su aplicación y que mejoren su calidad.



## OBJETIVOS

### General

- Evaluar el uso de morteros de levantado en el área urbana, en campo y laboratorio de acuerdo a la norma **ASTM C-270 “Standard Specification for Mortar for Unit Masonry”** (Especificación estándar para morteros de mampostería).

### Específicos

1. Realizar un muestreo en proyectos de construcción en el área urbana, en donde se estén utilizando morteros de levantado.
2. Realizar ensayos de control de calidad a morteros de levantado en obra y laboratorio (en las mismas proporciones)
3. Aplicar los procedimientos y especificaciones de la norma **ASTM C-270 “Standard Specification for Mortar for Unit Masonry”** (Especificación estándar para morteros de mampostería).
4. Conocer los tipos de morteros de levantado de uso actual en obra, en el área urbana de la ciudad capital.
5. Promover los servicios de la sección de Aglomerantes y morteros del Centro de Investigaciones de Ingeniería.
6. Ofrecer recomendaciones a los interesados sobre el uso de morteros.
7. Apoyar el aporte de la Facultad de Ingeniería sobre este tema.



## INTRODUCCIÓN

El terremoto de 1976 puso en evidencia la situación de la construcción en nuestro país, donde generalmente se construía con adobe y sin refuerzo para luego cambiar al uso de block y mampostería reforzada. Sin embargo la variabilidad en la calidad de la mano de obra y materiales que aún es problema que se manifiesta en los procesos de construcción en Guatemala.

Esto motivó el presente estudio a efecto de poder conocer la situación de la construcción con mampostería y específicamente el uso de morteros de levantado en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala, evaluándolos en obra y laboratorio de acuerdo a lo indicado en la norma **ASTM C-270 “Standard Specification for Mortar for Unit Masonry”** (Especificación estándar para morteros de mampostería).

El capítulo uno presenta la teoría necesaria sobre los morteros, componentes y especificaciones aplicables, que permita poder enfocar el estudio. En el capítulo dos se incluye el desarrollo experimental, indicándose el espacio muestral, la metodología aplicada y los resultados obtenidos en obra y laboratorio, así como las tablas y gráficas necesarias.

Por último, el capítulo tres contiene el análisis de los resultados obtenidos, para luego presentar las conclusiones y recomendaciones producto del estudio realizado.



# 1. MORTEROS DE MAMPOSTERÍA

## 1.1. Definición

Pueden definirse como la mezcla de material aglomerante (cemento Portland y/u otros cementantes), un material de relleno (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 revoque. (1)

## 1.2. Tipos

### 1.2.1. De acuerdo al medio

- aéreos, que endurecen bajo la influencia del aire al perder agua y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación.
- hidráulicos, que endurecen bajo efecto del agua, desarrollan resistencias iniciales relativamente altas.

### 1.2.2. De acuerdo con el aglomerante que constituya el mortero

#### 1.2.2.1. Morteros calcáreos

Como es sabido, la cal es un plastificante y ligador conocido desde la antigüedad. Estas características hacen del mortero de cal el más manejable de los conocidos. Sin embargo no pueden esperarse de él altas resistencias iniciales, debido a su baja velocidad de endurecimiento.

Las proporciones cal-agregado más usadas en morteros aéreos son 1:2 para repellos y 1:3 ó 1:4 para mampostería simple. Si la proporción

aumenta, el mortero es más pobre, pueden ocurrir contracciones y agrietamientos no deseables, especialmente en repellos.

#### 1.2.2.2. Morteros de cemento Portland y cal

Los morteros de cemento Portland y cal deben combinarse de tal manera que se aprovechen las propiedades adhesivas de la cal y las propiedades cohesivas del cemento Portland, es importante tener en cuenta que cada adición de cal incrementa la cantidad de agua de mezclado necesaria.

#### 1.2.2.3. Morteros de cemento

Sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo con la relación agua-cemento usada. La fabricación de este mortero, que es hidráulico ha de efectuarse de un modo continuo, de manera que entre el mezclado y la colocación en obra se tenga el menor tiempo posible debido a lo rápido del fraguado del cemento. Por ello se acostumbra a mezclar en obra primero el cemento y el agregado y luego se añade el agua. Lo acostumbrado en el uso de morteros de cemento es la dosificación por partes de cemento y agregado (1:n) la mayoría de las veces desconociéndose la resistencia que dichos morteros obtendrán una vez endurecidos. (ver tabla IV)

### 1.3. Características

La norma ASTM C-270 "*Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*" (Especificación estándar para morteros de mampostería) es utilizada regularmente en Guatemala, en ella se definen cuatro tipos de morteros: M, S, N y O.

Estos pueden ser especificados por proporción o por propiedades, pero en ningún caso por ambas razones. La especificación por proporción rige siempre que se hace referencia a la norma ASTM C-270 y no se menciona un método específico.

El mortero especificado por proporción, debe cumplir con lo indicado en la tabla I, basándose en las masas de los materiales de la tabla II. Mientras que el mortero especificado por propiedades debe cumplir con lo indicado en la tabla III. (ver tablas I, II y III).

**Tabla I Requerimientos para especificación por proporciones**

Mortero	Tipo	Proporciones por volumen					Proporción de agregados
		Cemento Pórtland o mezclado	Cemento de mampostería			Cal hidratada	
			M	S	N		
Cemento-Cal	M	1	--	--	--	¼	No menos de 2 ¼ y no más de 3 veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes
	S	1	--	--	--	Entre ¼ y ½	
	N	1	--	--	--	Entre ½ y 1 ¼	
	O	1	--	--	--	Entre 1 ¼ y 2 ½	
Cementos de albañilería	M	1	--	--	1	--	
	M	--	1	--	--	--	
	S	½	--	--	1	--	
	S	--	--	1	--	--	
	N	--	--	--	1	--	
O	--	--	--	1	--		

Fuente: referencia (2) Pág. 191

**Tabla II Peso de materiales**

Material	Peso Kg/m <sup>3</sup>
Cemento Pórtland	1505
Cemento mezclado	Peso impreso en la bolsa
Cemento de albañilería	Peso impreso en la bolsa
Cal hidratada	640
Arena, seca y suelta	1280

Fuente: referencia (2) Pág. 191

**Tabla III Requerimientos para especificación por propiedades**

Mortero	Tipo	Resistencia a la compresión, mínima a 28 días Kg/cm <sup>2</sup>	Retención de agua mínima %	Contenido de aire máximo	Proporción de agregados
Cemento-Cal	M	175	75	19	No menos de 2 ¼ y no más de 3 veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes
	S	126	75	19	
	N	53	75	21*	
	O	25	75	21*	
Cementos de albañilería	M	175	75	**	
	S	126	75	**	
	N	53	75	**	
	O	25	75	**	

\* Si hay refuerzo estructural, y el mortero es de cemento-cal, el contenido máximo de aire es de 12%. \*\* Si hay refuerzo estructural, y el morteros en de cemento de albañilería, el contenido máximo es de 18%

**Fuente: referencia (2) Pág. 191**

**Tabla IV Usos de los morteros de cemento**

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: referencia (1) Pág. 307**

#### 1.4. Aporte estructural

Se mencionaron los diferentes tipos de morteros que se utilizan regularmente en nuestro país, dependiendo de los requerimientos de manejo, colocación y desempeño necesarios así será la proporción y materiales utilizados. La norma **ASTM C-270** dentro de sus especificaciones, presenta las propiedades que estos materiales deben cumplir, dado que son la base para un buen mortero y son los que determinan sus características físicas y mecánicas. En general los morteros deberán de contar con:

- Buena plasticidad para permitir el manejo manual
- Impermeabilidad, facilitada por adición de cal.
- Buena capacidad de retención del agua mientras se cumple el proceso de hidratación del cemento.
- Uniformidad en:
  - Contenido de arena y cemento.
  - Granulometría de la arena.

Un mortero de acabados (enlucidos) no tendrá los mismos requerimientos de desempeño que uno de levantado, de ahí que sus proporciones y procesos de aplicación son diferentes, para los primeros interesan principalmente aspectos de estética, protección contra los agentes ambientales, vectores de enfermedades así como su retención de agua, tiempos de fraguado, adherencia así como una adecuada trabajabilidad, por lo que su aporte estructural es poco dentro de la estructura.

El caso de los morteros de levantado si tienen aporte estructural, teniendo requerimientos de cargas de compresión, corte, adherencia y tensión. Sus condiciones de trabajabilidad, tiempos de fraguado, retención de agua entre otras, son diferentes además es importante conocer las características de la unidad de mampostería donde se aplicarán para que

exista un adecuado comportamiento entre estos dos elementos, debido a los costos que representan los morteros de mampostería dentro de cualquier proyecto se deberá tener un adecuado control de calidad en materiales y mano de obra. A continuación se presentan algunos aportes estructurales del mortero de levantado dentro del muro:

- Unión de bloques
- Resistencia a la compresión igual o mayor que la de los bloques.
- Otros aportes impermeabilidad, estética

#### 1.4.1. Otros morteros

##### 1.4.1.1. Mortero de inyección

- Vinculación del acero de refuerzo vertical con los bloques.
- Incremento de áreas efectiva de la sección del muro para soportar esfuerzos cortantes horizontales.
  - o Características necesarias
    - Es una mezcla fluida de hormigón para llenar cavidades, sin sufrir segregación de sus componentes.
    - Alta plasticidad para permitir el vaciado.
    - Alto asentamiento.
    - Suficiente humedad para que al entrar en contacto con superficies porosas de la mampostería no se solidifique por la absorción de agua efectuada por las paredes de las celdas de mampostería.

#### 1.4.1.2. Morteros para reparación estructural

- Modificados con micro sílice, diseñados para reparar concreto sometido a cargas estructurales.
- Tienen módulo de elasticidad compatibles con el concreto estructural
- Excelente adherencia, compensación de la retracción y contienen un inhibidor de la corrosión para asegurar su desempeño a largo plazo.

#### 1.4.2. Morteros de renovación superficial

- Morteros mono componentes modificados con polímeros.
- Retracción compensada y diseñados específicamente para restaurar concreto e inhibir el deterioro antes de que ocurran daños posteriores.
- Productos con bajo modulo de elasticidad para ofrecer resistencia al agrietamiento e incorporar un inhibidor integral de corrosión para una excelente durabilidad.

### 1.5. Estudios anteriores

Guatemala tiene una gran riqueza en materiales naturales para la construcción, así como excelente mano de obra en este campo, el impacto causado por el terremoto de 1976 produjo aparte del déficit habitacional una gran inmigración a la capital y centros urbanos, con lo que la variabilidad en los tipos de morteros utilizados en mampostería se amplió, dependiendo de varios factores como la supervisión, tipos de materiales, mano de obra, falta de control de calidad entre otros).

Por esta razón en la Facultad de Ingeniería se han realizado varios trabajos relacionados con el tema de morteros de mampostería, entre los que se pueden mencionar por su relación con el presente estudio los siguientes:

- Jorge Mario Morales. 1976.
- Arturo Macal. 1984.
- Rubén Barahona. 1990.
- Keneth Molina. 2006.

También se han evaluado morteros a base de cementos puzolanicos naturales y artificiales, buscando aprovechar la existencia de estos materiales en el país.

## **1.6. Ensayos y normas aplicables**

### **1.6.1. Componentes de los morteros**

#### 1.6.1.1. Cal

- ASTM C-207 "*Standard Specification for Hydrated Lime for Masonry Purposes*" (Especificación estándar para cal hidratada para usos en mampostería) indica los requisitos que debe cumplir la cal:
  - Finura
  - Estabilidad
  - Plasticidad
  - Retención de agua
  - Capacidad de incorporación de arena

#### 1.6.1.2. Cemento

- Cemento Portland debe cumplir con la norma ASTM C-150 "*Standard Specification for Portland Cement*" (Especificación estándar para cemento Pórtland).
- Cementos hidráulicos mezclados deben cumplir con la norma ASTM C-595 "*Standard Specification for Blended Hydraulic Cements*" (Especificación estándar para cementos hidráulicos mezclados).

- Cementos de mampostería deben cumplir con la norma ASTM C-91 “*Standard Specification for Masonry Cement*” (Especificación estándar para cemento de mampostería).

**Tabla V Requisitos físicos de cementos de mampostería**

<b>Tipo de cemento de mampostería</b>	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>M</b>
Finura, residuo en el tamiz No. 325, máximo; %	24	24	24
Expansión al autoclave, máximo; %	1.0	1.0	1.0
Tiempo de fraguado: Fraguado inicial mínimo; hr Fraguado final máximo; hr	2 24	1.5 24	1.5 24
Resistencia a la compresión, mínima; kg/cm <sup>2</sup> 7 días 28 días	35 63	91 147	126 203
Contenido de aire en mortero, volumen; % Mínimo Máximo	8 21	8 19	8 19
Retención de agua, flujo después de succión como un porcentaje del flujo original, mínimo	70	70	70

**Fuente: referencia (3) Pág. 16**

#### 1.6.1.3. Agregados

La norma ASTM C-144 “*Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar*” (Especificación estándar para agregados de morteros de mampostería) indica las requisitos que deben cumplir. Dentro de los factores que se toman en cuenta para su utilización, se tienen:

- El agregado fino utilizado en morteros de albañilería, revestimientos y relleno debe de ser limpio y bien graduado. Su selección depende de la disponibilidad de él en la zona (depósitos aluviales, de cantera, etc.), costo de explotación y transporte y su comportamiento en el mortero en cuanto a consistencia, resistencia y tamaños existentes representados en el módulo de finura.

- De la graduación del agregado dependen en muy buena parte la trabajabilidad y penetración de humedad. Los módulos de finura

bajos requieren más agua que los gruesos para una misma consistencia, por lo cual se generan morteros frágiles y porosos. Por otra parte, si se aumenta el módulo de finura, para una consistencia dada, el contenido de cemento disminuye.

#### 1.6.1.4. Agua

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

#### 1.6.1.5. Aditivos

La norma ASTM C-494 “*Standard Specification for Concrete Admixtures*” (Especificación estándar de aditivos para concreto) indica las propiedades que deben cumplir.

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

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
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: referencia (1). Págs. 63 y 64**

## 1.6.2. Morteros

Por lo regular se toman en cuenta propiedades en estado plástico y en estado endurecido. Si un mortero cumple con dichas características, fraguará y endurecerá dentro del tiempo y resistencia esperados.

### 1.6.2.1. Propiedades en estado plástico

- Manejabilidad

Es una medida de la facilidad de colocación de la mezcla, en las unidades de mampostería o en revestimientos. Está relacionada con la consistencia, la cual se refiere al estado de fluidez del mortero. En general, se acepta como medida de la manejabilidad el valor de fluidez de la mezcla, obtenido en la mesa de flujo de acuerdo a la norma **ASTM C-230 “Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement”** (Especificación estándar de la mesa de flujo para el uso en ensayos de cemento hidráulico).

- Retención de agua

Es una medida de la habilidad del mortero para mantener su plasticidad cuando quede en contacto con una superficie absorbente, como una unidad de mampostería. Puede ser mejorada mediante la adición de cal, dada su capacidad plastificante, aunque hoy en día se tienen otras alternativas igualmente satisfactorias como el uso de aditivos plastificantes y agentes incorporadores de aire. La retención de agua incide en la velocidad de endurecimiento y la resistencia a la compresión del mortero ya que afecta la hidratación del cemento.

- Velocidad de endurecimiento

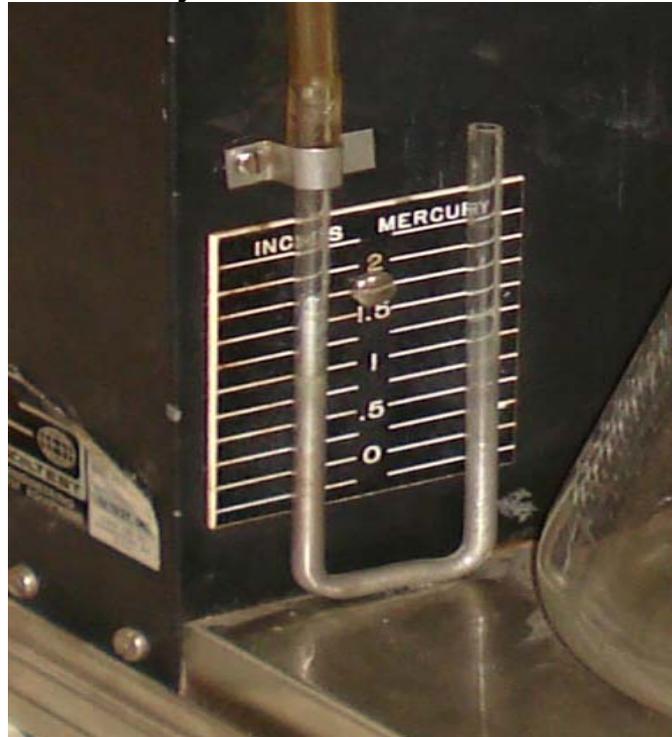
Los tiempos de fraguado inicial y final del mortero deben estar entre límites adecuados, éstos dependen de diversos factores tales como las condiciones del clima, la composición de la mezcla o la mano de obra. La norma **ASTM C-403 “Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance”** (Método de ensayo estándar para el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por la

resistencia a la penetración), da un método de ensayo para evaluar este parámetro.

**Figura 1** Equipo para ensayo de retención de agua, ASTM C-1506  
(*Water Retention of Hydraulic Cement-Based Mortars and Plasters*)



**Figura 2** Presión aplicada en ensayo de retención de agua ASTM C-1506  
(*Water Retention of Hydraulic Cement-Based Mortars and Plasters*)



1.6.2.2. Propiedades en estado endurecido

- **Retracción**

Es la pérdida de volumen del mortero se debe principalmente a reacciones químicas de hidratación de la pasta, sobre todo en aquellas con una alta relación agua-cemento. El agregado soluciona el problema en parte, especialmente si es de textura rugosa, ya que forma un esqueleto que evita los cambios de volumen y el peligro de agrietamiento. En zonas calurosas y de mucho viento el agua de mezclado tiende a evaporarse produciendo tensiones internas en el mortero, que se expresan en la formación de visibles grietas. Lo mismo ocurre si la base es muy absorbente.

Aparentemente la retracción es proporcional al espesor de la capa de mortero y a la composición química del cemento. Para evitar la retracción es conveniente usar cementos de baja retracción al secado (puzolánicos o con adición inerte) y agregados de buena granulometría con pocos finos.

- **Adherencia**

La propiedad más importante del mortero es su habilidad para adherirse a las piezas de mampostería o acero. En general, la adherencia es la capacidad que tiene el mortero de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que lo une con la estructura. Es de gran importancia, ya que a ella se debe el hecho de que un mortero pueda resistir pandeo, cargas transversales y excéntricas, dándole resistencia a la estructura. La adherencia afecta en gran forma la permeabilidad y la resistencia a la flexión. En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie del bloque sea tan rugosa como sea posible para permitir la unión mecánica del mortero, así como un porcentaje de absorción proporcional a la retención de agua del mortero.

Los morteros plásticos, de buena adherencia, buena capacidad de retención de agua y que no requieran de superficies húmedas para su colocación, son los más adaptables y de mayor utilización en mampostería ya que permiten una íntima unión entre las piezas. La mayor parte de los estudios de adherencia de morteros son hechos en especímenes almacenados al aire. Pero esta condición no permite una hidratación normal del cemento que es necesaria para garantizar una correcta adherencia entre las unidades de mampostería y el mortero. Sin curado húmedo, los morteros con el contenido de humedad mayor logran un curado mejor y alcanzan mayor resistencia a la adherencia.

- **Resistencia a la compresión**

Una vez aplicado en obra, el mortero debe actuar como unión resistente. Se requiere una alta resistencia a la compresión cuando el mortero deba soportar cargas altas y sucesivas. Siendo ésta un indicio de las resistencias a esfuerzos de corte y tensión. Con un mismo agregado, el mortero más resistente e impermeable es aquel que tiene mayor porcentaje de cemento en un volumen dado de mortero; y con el mismo porcentaje de cemento en volumen de mortero, el más resistente y generalmente más impermeable es aquél que tenga la mayor densidad, o sea aquél que en una unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos.

- **Durabilidad**

Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. En general, se cree que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad, sin embargo, el uso de agentes inclusores de aire es de particular importancia en ambientes húmedos, ambientes marinos y en general en condiciones de ambiente agresivo.

- **Permeabilidad**

Es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua. Los morteros trabajables y uniformes, pueden hacer que la mampostería sea más resistente a la permeabilidad al agua. Cuando un mortero no es trabajable, los albañiles deben golpear suavemente las piezas de mampostería para colocarlas en su sitio. El resultado de esto, es que la junta de mortero no es tan buena, y se pueden producir grietas que favorezcan alguna filtración.

- **Eflorescencia**

Es la cristalización de las sales solubles y es causada por el movimiento de agua de adentro hacia fuera de la pared. Ya que todos los materiales de mampostería contienen sales solubles en agua, que al contacto de con ella se cristalizan, la cal hace al mortero menos permeable y así evita la eflorescencia

- **Apariencia**

Un aspecto que tiene importancia en el mortero es su apariencia, especialmente en mampostería de bloques a la vista. En este caso, la plasticidad de la mezcla, la selección y dosificación adecuada de sus componentes son de vital importancia en la colocación y el acabado de superficies. El color y la textura pueden mejorarse con colorantes inorgánicos o con aditivos especiales.



## 2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 2.1. Selección y descripción de los proyectos a muestrear

Los proyectos se tomaron de manera aleatoria, únicamente bajo el criterio de que estuvieran en fase de levantado de muros y estar ubicados dentro del perímetro urbano de la ciudad capital. Para esto se realizó un recorrido por diferentes sectores para ubicarlos, luego de lo cual se contactó con los responsables de la obra a efecto de conseguir su autorización para tomar muestras de materiales, proporciones, identificar la unidad de mampostería utilizada y pasar una boleta para la información necesaria (ver anexo No.1 y tablas 7,8). El total de proyectos muestreado fue de diez, usándose la misma metodología en todos, la cual se presenta a continuación:

- ubicación del proyecto
- programa de muestreo
- visita al proyecto, boleta de encuesta
- toma de muestras y proporciones, traslado al laboratorio
- control de calidad en obra
- control de calidad en laboratorio (ASTM C270)
- evaluación agregado fino
  - contenido de materia orgánica
  - contenido de humedad
- ensayo de probetas
- tabulación de encuestas
- análisis de resultados

**Figura 3 Proyecto remodelación de aulas, Edificio T-3, Facultad de Ingeniería USAC**



## **2.2. Toma de muestras**

El objetivo de los muestreos fue tomar datos de proporciones, relación agua-cemento, tipo de unidad de mampostería utilizada, conocer el proceso constructivo utilizado en obra, en los casos en los que existían las condiciones necesarias (seguridad e instalaciones) se realizaron los ensayos en obra, cuando no fue posible se trasladaron al laboratorio para su realización, respetando las condiciones del proyecto. El total de proyectos muestreados fue de 10, todos ubicados en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala.

**Figura 4 Toma de muestras**



### **2.3. Control de calidad en campo**

#### **2.3.1. Materiales**

##### **2.3.1.1. Cemento**

Se evaluó el estado físico del cemento utilizado en campo, por medio de inspección visual y al tacto.

##### **2.3.1.2. Agregado fino**

Debido a la variabilidad de este material en los proyectos, se les evaluó el contenido de materia orgánica y humedad a las muestras.

##### **2.3.1.3. Cal**

Se evaluó el estado físico de la cal utilizada en campo, por medio de inspección visual y al tacto.

## 2.3.2. Mortero Obra

### 2.3.2.1. Trabajabilidad

El valor de trabajabilidad del mortero en obra, se obtuvo por medio del procedimiento indicado en la norma ASTM C-780, "*Water Retention of Hydraulic Cement-Based Mortars and Plasters*", utilizando el penetrometro y sus accesorios. También se midió por el método de laboratorio en la mesa de flujo ASTM C-230, "*Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement*", a efecto de obtener una comparación entre los dos métodos. En los proyectos la trabajabilidad depende mucho de la habilidad y experiencia del constructor.

**Figura No. 5 Equipo ensayo control de trabajabilidad en obra  
ASTM C-780**



### 2.3.2.2. Resistencia mecánica

Una vez aplicado el mortero debe actuar como unión resistente, su resistencia a compresión deberá de estar en concordancia con la unidad de mampostería utilizada, siendo un indicio de las resistencias a esfuerzos de corte y tensión, el mortero deberá tener las condiciones de curado adecuadas a efecto de obtener los valores de interés. Se tomaron muestras del mortero en obra por medio de los moldes indicados para cada ensayo, fueron trasladados al laboratorio después de 24 horas y se mantuvieron en gabinete húmedo hasta el momento de su evaluación. Las probetas fueron ensayadas a las siguientes edades:

- Compresión (3, 7 y 28 días)
- Tensión (7 y 28 días)

#### 2.3.2.3. Masa unitaria

Depende del tipo de materiales y proporciones utilizadas en cada proyecto, cuando fue posible se determinó directamente en el sitio del proyecto, caso contrario se replicó en laboratorio de acuerdo a lo indicado durante el muestreo.

#### 2.3.2.4. Contenido de aire

Se trabajó de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C270, (*Standard specification for mortar unit masonry*) en países con problemas de temperaturas demasiado bajas donde se producen procesos de congelamiento y descongelamiento, este parámetro puede tener consecuencias molestas en el desempeño del mortero. Cuando fue posible se determinó directamente en el sitio del proyecto, caso contrario se replicó en laboratorio de acuerdo a lo indicado durante el muestreo.

#### 2.3.2.5. Retención de agua

Es una medida de la habilidad del mortero para mantener su plasticidad cuando quede en contacto con una superficie absorbente, como una unidad de mampostería. La retención de agua incide en la velocidad de endurecimiento y la resistencia a la compresión del mortero ya que afecta la

hidratación del cemento. Los procedimientos y especificaciones se encuentran en la norma ASTM C-1506 . Cuando fue posible se determinó directamente en el sitio del proyecto, caso contrario se replicó en laboratorio de acuerdo a lo indicado durante el muestreo.

## **2.4. Control de calidad en laboratorio**

### **2.4.1. Trabajabilidad**

En general, se acepta como medida de la trabajabilidad en laboratorio el valor de fluidez de la mezcla (debe estar entre el  $110 \pm 5 \%$ .), se siguieron los procedimientos y especificaciones indicados en las normas ASTM C-230, C-270 y C-305.

**Figura No. 6** Equipo control de trabajabilidad en laboratorio, *ASTM C-230 (Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement)*



#### 2.4.2. Resistencia mecánica

Se trabajó de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C-270. Los especímenes fueron ensayados a las siguientes edades:

- Compresión (3, 7 y 28 días)
- Tensión (7 y 28 días)

#### 2.4.3. Masa unitaria

Se trabajó de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C-270.

#### 2.4.4. Contenido de aire

Se trabajó de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C-270.

#### 2.4.5. Retención de agua

Se trabajó de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM C-270.

### 2.5. Resultados

#### 2.5.1. Agregado Fino

**Tabla VII Resultados caracterización agregado fino**

<b>Resultados agregado fino utilizado en obra</b>										
<b>Ensayo</b>	<b>Proyecto</b>									
	<b>M<sub>1</sub></b>	<b>M<sub>2</sub></b>	<b>M<sub>3</sub></b>	<b>M<sub>4</sub></b>	<b>M<sub>5</sub></b>	<b>M<sub>6</sub></b>	<b>M<sub>7</sub></b>	<b>M<sub>8</sub></b>	<b>M<sub>9</sub></b>	<b>M<sub>10</sub></b>
<b>Contenido de humedad (%)</b>	<b>15.0</b>	<b>14.2</b>	<b>14.0</b>	<b>11.4</b>	<b>16.0</b>	<b>17.0</b>	<b>21.0</b>	<b>3.6</b>	<b>8.0</b>	<b>14.0</b>
<b>Contenido de materia orgánica (&lt; 3)</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>



## 2.5.2. Muestreo

**Tabla VIII Datos proyectos**

Características proyectos**										
Dato	M <sub>1</sub> (1:3)*	M <sub>2</sub> (1:1.75)*	M <sub>3</sub> (1:1)*	M <sub>4</sub> (1:3)*	M <sub>5</sub> (1:4)*	M <sub>6</sub> ((1:0.75):2.25)*	M <sub>7</sub> ((1:2.50):2.50)*	M <sub>8</sub> (1:1)*	M <sub>9</sub> ((1:0.5):3.25)*	M <sub>10</sub> (1:2)*
Tipo de proyecto	Casa 2 niveles	Reparación de tarimas, Edif. T-3	Reparación ciudad universitaria	Reparación interior vivienda	Edificio 15 niveles	Casa 2 niveles	Construcción bodega	Construcción muro de contención	Construcción cisterna	Reparación interior vivienda
Tipo de mortero	Cemento	Cemento	Cemento	Cemento	Cemento	Cemento-cal	Cemento-cal	Cemento	Cemento-cal	Cemento
Aplicación	Muro de carga	Muro de carga	Muro de división	Muro de división	Muro de carga	Muro de división	Muro de división	Muro de carga	Muro de carga	Muro de división

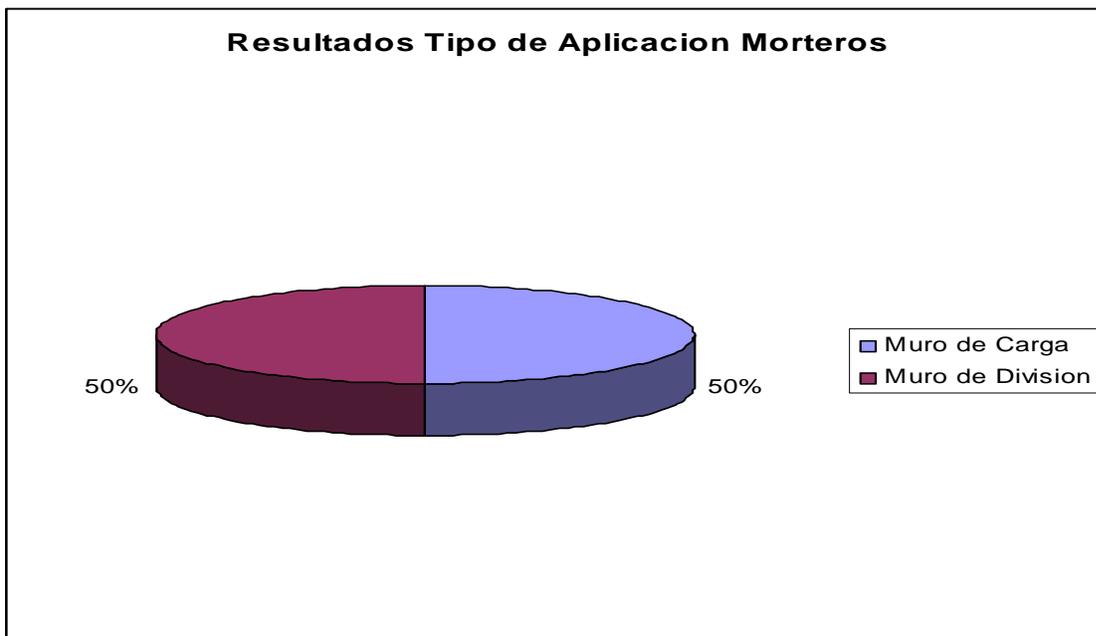
\* proporciones en volumen ((cemento+cal):agregado fino)

\*\* Información obtenida de la persona que se encontraba en el proyecto al momento del muestreo.

**Figura 7 Resultados tipos de morteros, muestreos**



**Figura 8 Resultados aplicación de morteros, muestreos**



2.5.3. Morteros obra (proporciones ver tabla VIII)

2.5.3.1. Características físicas

**Tabla IX Resultados caracterización morteros en obra**

Propiedades morteros obra										
Ensayo	Proyecto									
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	*M <sub>6</sub>	*M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	*M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>
Trabajabilidad (mesa de flujo) (110 ± 5 %)	103	134	139	135	136	133	140	140	129	136
Trabajabilidad (penetrometro) (mm)	44	71	81	74	82	62	68	86	50	68
Relación agua/cemento	0.45	1.25	0.47	0.75	1.99	1.09	1.71	0.60	1.07	0.50
Retención de agua (%)	55.3	86.1	65.3	34.0	70.0	90.0	66.1	65.0	90.0	72.3
Contenido de aire (%)	2.7	3.3	2.8	2.9	3.2	3.0	3.2	3.3	2.8	2.9
Masa unitaria (g/cm <sup>3</sup> )	1.91	1.84	1.93	2.02	2.10	1.74	1.61	1.85	1.51	1.83

\* Morteros que utilizan cal

2.5.3.2. Resistencia a compresión

**Tabla X Resultados resistencia a compresión, morteros obra**

Resistencia a compresión obra MPa (kg/cm <sup>2</sup> )										
Edad (días)	Proyecto									
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>
3	12.0	8.2	14.6	4.1	6.8 (69.1)	16.0	14.4	27.0	10.0	15.2
	(122.3)	(83.5)	(149.1)	(41.8)		(162.0)	(150.5)	(264.2)	(101.0)	(155.0)
7	15.8	9.9	15.6	7.5	9.8	19.7	15.6	28.6	12.7	19.4
	(161.1)	(100.5)	(159.0)	(76.0)	(99.8)	(201.6)	(159.4)	(280.0)	(129.2)	(198.7)
28	22.6	15.2	20.2	8.3	12.6	25.2	23.5	43.0	15.2	28.6
	(230.0)	(155.0)	(206.0)	(84.5)	(128.2)	(257.1)	(240.6)	(436.4)	(155.0)	(291.5)

2.5.3.3. Resistencia a tensión

**Tabla XI Resultados resistencia a tensión, morteros obra**

Resistencia a tensión obra MPa (kg/cm <sup>2</sup> )										
Edad (días)	Proyecto									
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>
7	1.8	2.6	1.6	1.8	2.5	2.6	2.6	2.1	2.0	3.1
	(18.8)	(26.5)	(16.3)	(18.0)	(26.0)	(26.0)	(26.0)	(21.1)	(20.2)	(32.0)
28	2.5	2.8	2.5	3.2	3.1	2.1	2.9	2.8	2.9	3.6
	(25.8)	(28.1)	(25.1)	(32.8)	(32.0)	(21.1)	(29.2)	(29.0)	(30.0)	(37.0)

2.5.4. Morteros laboratorio (ver tabla VIII)

2.5.4.1. Características físicas

**Tabla XII Resultados caracterización morteros laboratorio**

Propiedades morteros laboratorio										
Ensayo	Proyecto									
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	*M <sub>6</sub>	*M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	*M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>
Trabajabilidad (mesa de flujo) 110 ±5 %	111	114	105	106	110	112	110	110	110	109
Trabajabilidad (penetrometro) (mm)	48	64	40	58	41	40	52	48	31	42
Relación agua/cemento (%)	0.48	0.40	0.22	0.40	0.40	0.38	0.52	0.32	0.40	0.25
Retención de agua %	40.0	67.1	92.5	40.1	87.2	90.3	74.0	87.3	95.0	87.0
Contenido de aire %	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.2	2.1	2.2	2.2	2.3
Masa unitaria g/cm <sup>3</sup>	1.90	1.95	2.02	2.09	2.47	1.93	2.01	1.94	1.79	2.18

\* Morteros que utilizan cal

2.5.4.2. Resistencia a compresión

**Tabla XIII Resultados resistencia a compresión, morteros laboratorio**

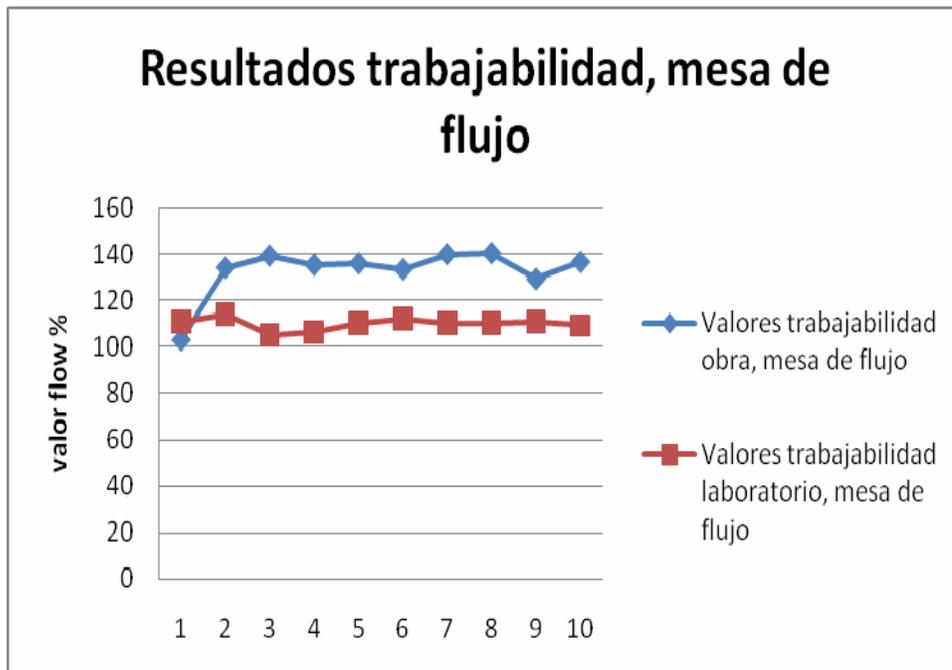
Resultados resistencia a compresión MPa (kg/cm <sup>2</sup> )										
Laboratorio										
Edad (días)	Proyecto									
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>
3	10.6 (97.2)	17.6 (179.3)	23.4 (238.7)	8.9 (90.3)	13.0 (132.4)	23.2 (237.0)	24.7 (252.0)	14.8 (150.5)	14.0 (142.5)	19.5 (199.6)
7	15.8 (144.4)	22.2 (226.4)	29.8 (303.5)	7.4 (75.9)	19.1 (194.4)	28.6 (291.8)	30.0 (306.0)	15.6 (159.4)	16.0 (163.0)	28.1 (286.3)
28	24.0 (219.4)	25.6 (271.0)	37.1 (378.2)	8.2 (84.5)	25.5 (260.0)	35.6 (341.8)	31.1 (368.2)	23.6 (240.6)	18.0 (184.1)	35.8 (365.0)

2.5.4.3. Resistencia a tensión

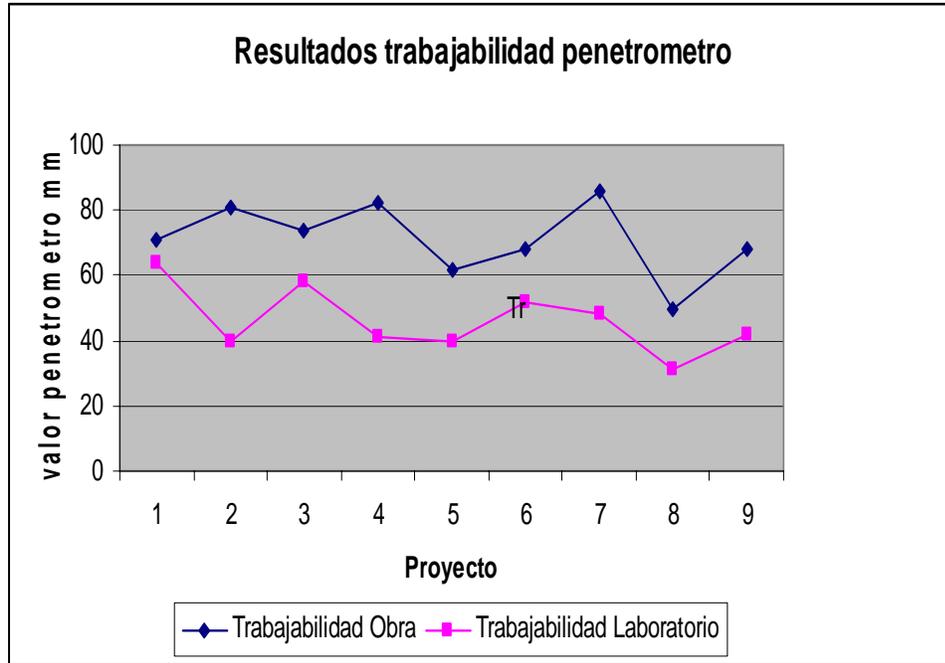
**Tabla XIV Resultados resistencia a tensión, morteros laboratorio**

Resistencia a tensión laboratorio MPa (kg/cm <sup>2</sup> )										
Edad (días)	Proyecto									
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>
7	2.6	2.6	2.4	2.5	4.8	3.9	2.6	2.8	2.8	4.4
	(26.5)	(26.5)	(24.5)	(25.7)	(49.2)	(40.0)	(26.3)	(28.2)	(28.1)	(44.5)
28	3.4	3.3	3.2	3.3	6.6	4.5	3.0	3.5	3.5	5.0
	(34.5)	(34.5)	(33.0)	(33.6)	(67.0)	(46.0)	(29.8)	(36.0)	(35.6)	(50.8)

**Figura 9 Resultados trabajabilidad, mesa de flujo**



**Figura 10 Resultados trabajabilidad penetrómetro**



**Figura 11 Resultados retención de agua**



Figura 12 Resultados masa unitaria

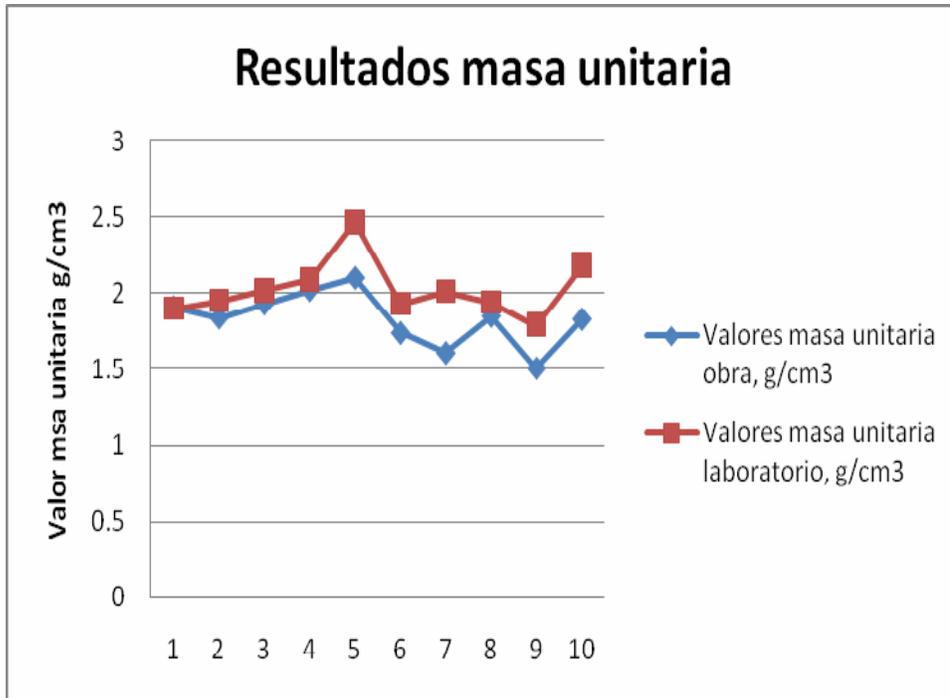


Figura 13 Resultados resistencia a compresión 3 días

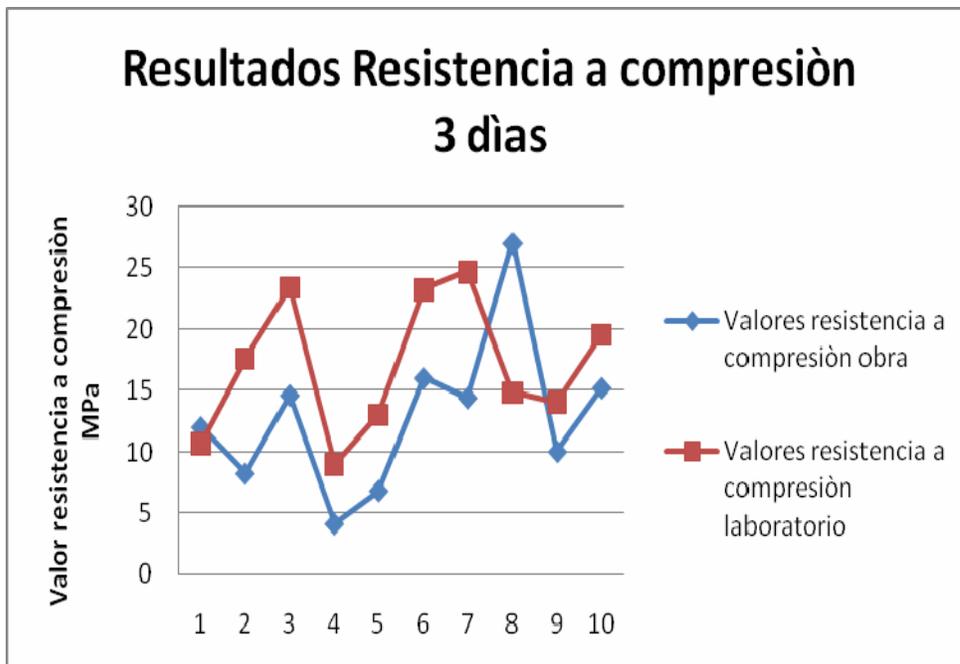


Figura 14 Resultados resistencia a compresión 28 días

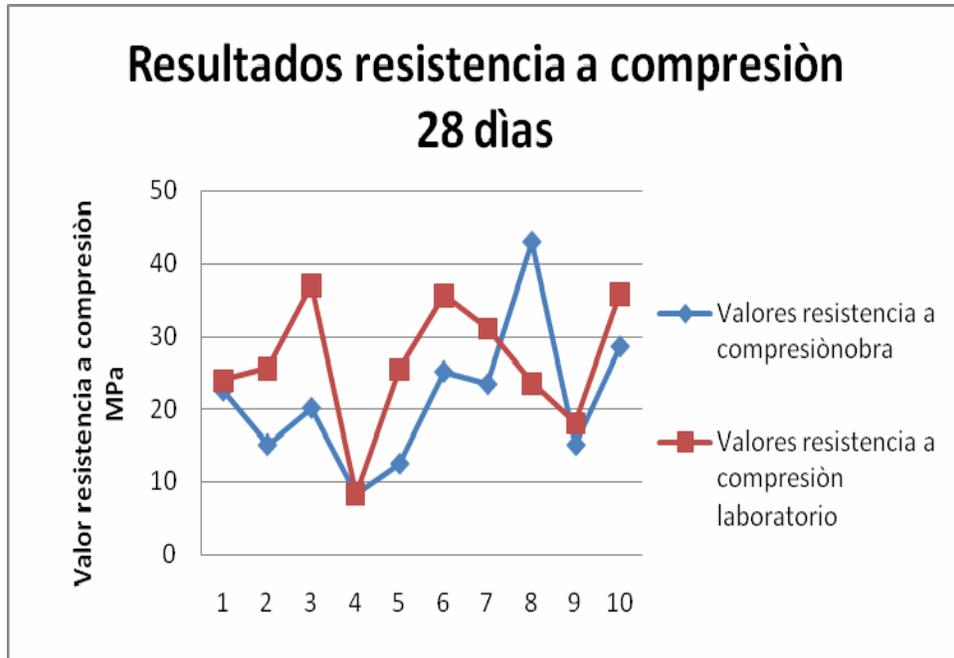


Figura 15 Resultados resistencia a tensión 7 días

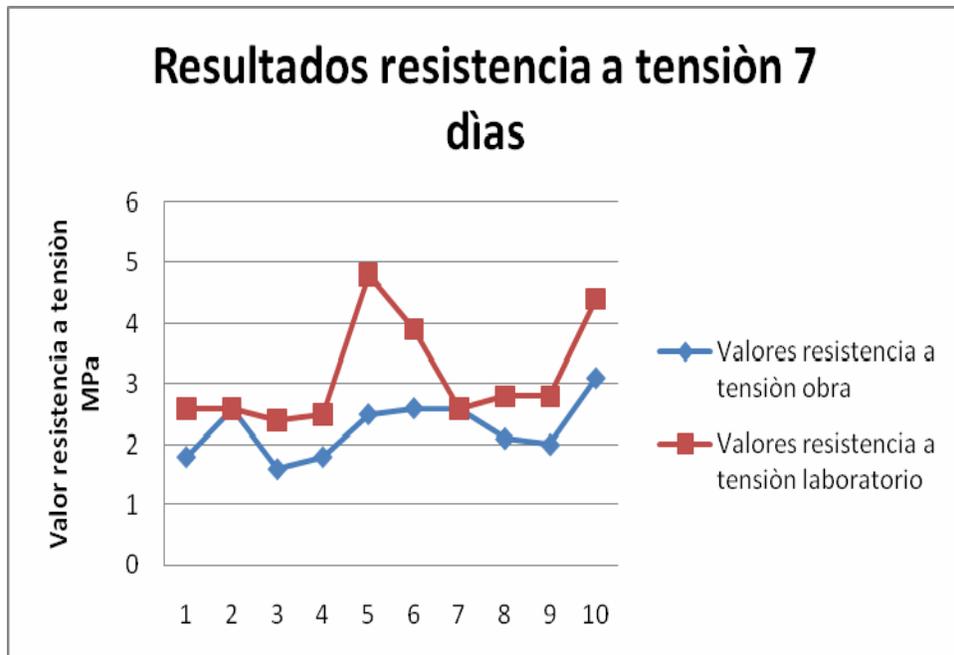
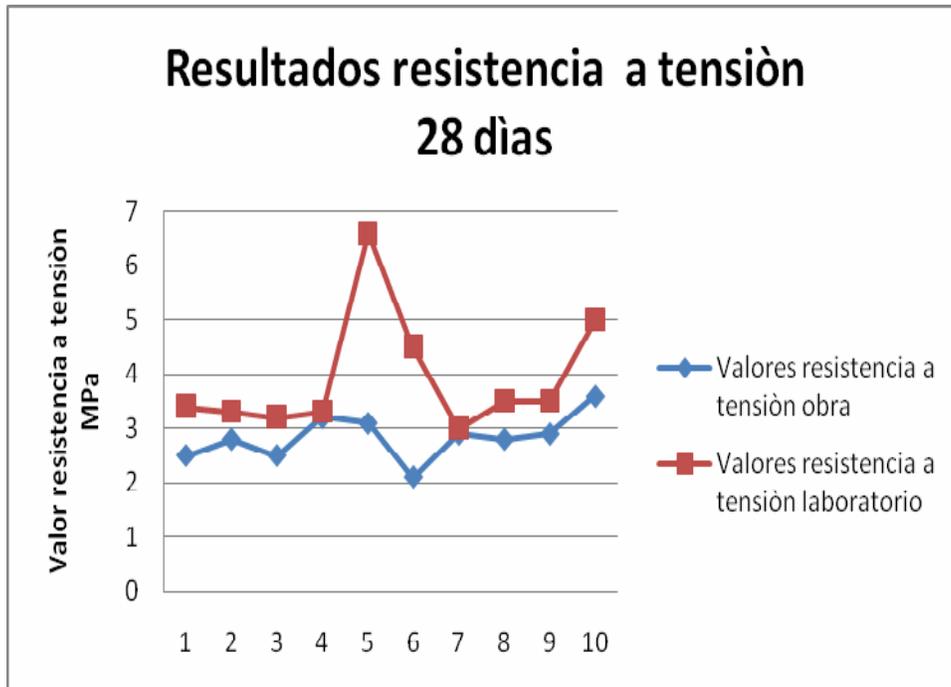


Figura 16 Resultados resistencia a tensión 28 días



### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1. Muestreo

En la mayoría de proyectos se observó como la dosificación del agua se realiza de manera incorrecta, pues debido a las cantidades utilizadas en el terciado, el agua la van agregando por pocos, a efecto de contar con morteros mas trabajables, pero la resistencia se ve afectada como se mencionó al principio de este documento, en Guatemala no se le da mayor importancia al uso y control de calidad en morteros de levantado, pues se encuentran que la mayoría son sobre dosificados. La norma que se utilizó como referencia es la ASTM C-270.

En lo que se refiere al requerimiento estructural de los morteros, el 50 % están aplicados en muros de carga, mientras que el 50 % restante están aplicados en muros de división, no existiendo ninguna relación entre su dosificación y el requerimiento estructural necesario.

El 70 % de los morteros es del tipo Cemento, mientras que el 30 % restante son del tipo Cemento-cal, esto representa costos variables, no teniendo ninguna relación entre el tipo de muro y de obra para su selección. (ver tabla VII, VIII y figuras 7, 8).

**Tabla XV Requerimientos para morteros, norma ASTM C-270**

<b>Clasificación de los morteros de acuerdo a la norma ASTM C-270</b>				
<b>Composición mortero</b>	<b>Tipo</b>	<b>Resistencia a compresión (MPa)</b>	<b>% de retención de agua</b>	<b>% contenido de aire máximo</b>
<b>Cemento</b>	<b>M</b>	<b>17.2</b>	<b>75</b>	<b>12</b>
	<b>S</b>	<b>12.4</b>	<b>75</b>	<b>12</b>
	<b>N</b>	<b>5.2</b>	<b>75</b>	<b>14</b>

<b>continúa</b>	<b>O</b>	<b>2.4</b>	<b>75</b>	<b>14</b>
<b>Cemento-cal</b>	<b>M</b>	<b>17.2</b>	<b>75</b>	<b>12</b>
	<b>S</b>	<b>12.4</b>	<b>75</b>	<b>12</b>
	<b>N</b>	<b>5.2</b>	<b>75</b>	<b>14</b>
	<b>O</b>	<b>2.4</b>	<b>75</b>	<b>14</b>
<b>M Mampostería</b>	<b>M</b>	<b>17.2</b>	<b>75</b>	<b>18</b>
	<b>S</b>	<b>12.4</b>	<b>75</b>	<b>18</b>
	<b>N</b>	<b>5.2</b>	<b>75</b>	<b>14</b>
	<b>O</b>	<b>2.4</b>	<b>75</b>	<b>14</b>

### **3.2. Agregado fino (arena)**

Debido a la influencia que tiene el agregado fino en las características de los morteros de mampostería, es recomendable su evaluación antes de su uso para un mejor aprovechamiento de sus propiedades. Si el contenido de arena en el mortero es alto, la resistencia disminuirá considerablemente y será poco trabajable, pero el mortero tendrá poca retracción, para obtener las condiciones deseadas se debe buscar una combinación adecuada entre los diferentes componentes. (ver tabla 7, 8 y 10)

### **3.3. Morteros**

#### **3.3.1. Ensayos físicos**

La mampostería es el tipo de construcción más utilizado en Guatemala, lo que genera que exista una gran variabilidad en la mano de obra, generalmente la supervisión sobre los trabajadores es poca y el control de calidad de materiales es pobre, el uso de la cal es limitado, aun y cuando tiene propiedades que mejoran las características de los morteros, todo esto causa que el producto final también tenga diferentes calidades a pesar de que los costos van en aumento.

Las proporciones son variables así como la trabajabilidad utilizada en cada proyecto, por lo que es difícil calificarlos de acuerdo a los morteros propuestos por la norma ASTM C-270, se respetaron los criterios indicados por el encargado del proyecto para todas las mezclas.( ver tablas IX, XII )

#### 3.3.1.1. Trabajabilidad

Generalmente el mortero de levantado es especificado por el diseñador o el ejecutor del proyecto, pero para propósitos de la aplicación esta queda bajo la responsabilidad del encargado del proyecto (maestro o albañil), quienes ajustan las mezclas de acuerdo a varias razones, lo que causa que la trabajabilidad sea variable y no se aproveche dentro del funcionamiento estructural y de servicio el conjunto *cemento-mortero-unidad de mampostería*. Las principales causas de estas variaciones son la relación agua cemento, la calidad y manejo de los materiales utilizados. Las diferencia de esta característica entre obra y campo son sensibles, principalmente por el dosificado del agua que se sigue en obra, pues queda al criterio del responsable.

El rango de todos los resultados en obra se encuentra entre 44 y 86 mm, con un valor promedio de 63.3 mm, para los morteros que utilizan cal ( $M_{6,7,9}$ ), el rango está entre 50 y 68 mm, de todos los morteros evaluados ninguno cumple el valor especificado para laboratorio ( $110 \pm 5 \%$ ), siendo el más cercano el  $M_1$  (103 %). No está especificado en la norma ASTM C-780.

El rango de todos los resultados de laboratorio se encuentra entre  $110 \pm 5 \%$ , con un valor promedio de 110.9 % (43.1 mm), para los morteros que utilizan cal ( $M_{6,7,9}$ ) el promedio es de 110.0 % (41.0 mm), todos los morteros evaluados cumplen el valor especificado para laboratorio ( $110 \pm 5 \%$ ).

No teniendo ninguna relación entre el tipo de muro y de obra para el resultado obtenido. (ver figuras 5, 6 y tablas IX, XII)

### 3.3.1.2. Masa unitaria

Depende directamente de las proporciones, contenido de humedad de los agregados y de la relación agua-cemento utilizada, influye en los valores de carga muerta. Para medir la masa unitaria se siguieron los procedimientos indicados en la norma ASTM C-270.

El rango de todos los resultados en obra se encuentra entre 1.51 y 2.02 g/cm<sup>3</sup>, con un valor promedio de 2.58 g/cm<sup>3</sup>, para los morteros que utilizan cal (M<sub>6,7,9</sub>) el rango está entre 1.51 y 1.74 g/cm<sup>3</sup> y promedio de 1.62 g/cm<sup>3</sup>.

El rango de todos los resultados de laboratorio se encuentra entre 1.79 y 2.47 g/cm<sup>3</sup>, con un valor promedio de 2.03 g/cm<sup>3</sup>, para los morteros que utilizan cal (M<sub>6,7,9</sub>) el rango está entre 1.79 y 2.01 g/cm<sup>3</sup> y promedio de 1.91 g/cm<sup>3</sup>.

Los resultados en obra son mayores para los morteros de cemento, mientras que en laboratorio los morteros cemento-cal tiene valores más altos, en ambos casos los morteros de cemento tienen resultados mayores que los de cemento-cal No teniendo ninguna relación entre el tipo de muro y de obra para el resultado obtenido. (ver tabla IX, XII)

### 3.3.1.3. Retención de agua

Es una medida de la habilidad del mortero para mantener su plasticidad cuando quede en contacto con una superficie absorbente (la unidad de mampostería), puede ser mejorada con la adición de cal. Depende directamente de la calidad de los materiales, proporción, relación agua-cemento y las unidades de mampostería utilizadas, influye en el comportamiento del conjunto *cemento-mortero-unidad de mampostería*. Para medir la retención de agua se siguieron los procedimientos y especificaciones indicados en las normas ASTM C-270 y C-1506.

El rango de todos los resultados en obra se encuentra entre 34.0 y 90.0 %, con un valor promedio de 64.0 %, para los morteros que utilizan cal (M<sub>6,7,9</sub>) el rango está entre 66.1 y 90.0 % con un valor promedio de 82.0 %. Los

morteros ( $M_{1,3,4,5,7,10}$ ) se encuentran fuera del valor especificado en la norma (75.0 %).

El rango de todos los resultados en laboratorio se encuentra entre 40.0 y 95.0 %, con un valor promedio de 70.0 %, para los morteros que utilizan cal ( $M_{6,7,9}$ ) el rango está entre 74.0 y 95.0 % con un valor promedio de 86.4 %. Los morteros ( $M_{1,3,4,5,7,10}$ ) se encuentran fuera del valor especificado en la norma (75.0 %).

De los resultados en obra y laboratorio solamente el 40 % cumple con lo indicado en la norma, no teniendo ninguna relación entre el tipo de muro y de obra para el resultado obtenido. (ver tabla IX, XII)

#### 3.3.1.4. Contenido de aire

En países con climas extremos (donde se producen situaciones de congelamiento, deshielo) puede ser una característica que cause problemas, un valor demasiado alto también puede ser indicador de un mortero muy poroso lo cual puede no ser adecuado. En todo proceso de mezclado siempre se tiene un valor de aire atrapado, por lo que debe ser una característica bajo control.

El rango de todos los resultados en obra se encuentra entre 2.7 y 3.3 %, con un valor promedio de 3.0 %, para los morteros que utilizan cal ( $M_{6,7,9}$ ) el rango está entre 1.5 y 1.7 % con un valor promedio de 1.6 %.

El rango de todos los resultados en laboratorio se encuentra entre 2.1 y 2.4 %, con un valor promedio de 2.2 %, para los morteros que utilizan cal ( $M_{6,7,9}$ ) el rango está entre 2.1 y 2.2 % con un valor promedio de 2.1 %.

Todos los morteros evaluados en obra y laboratorio cumplen con lo indicado en la norma aplicable, para todos los tipos de morteros a pesar de la variabilidad en las proporciones utilizadas en los morteros evaluados. (ver tabla IX, XII, XV)

### 3.3.2. Ensayos mecánicos

#### 3.3.2.1. Resistencia a compresión

Producto de las proporciones y relación agua-cemento utilizadas en obra, los morteros de cemento, los  $M_{1,3,8,10}$  cumplen con el requerimiento especificado para la resistencia a compresión a los 28 días para morteros tipo **M** (17.2 MPa), el  $M_5$  califica como tipo **S** (12.4 MPa), y el  $M_4$  califica como tipo **N** (5.2 MPa), el rango de resultados se encuentra entre 20.2 y 43.0 MPa. Para los morteros de cemento-cal en obra los  $M_{6,7}$  califican como tipo **M** (17.2 MPa) y el  $M_9$  como tipo **S** (12.4 MPa), el rango de resultados se encuentra entre 15.2 y 23.5 MPa.

No se encuentra relación entre los resultados obtenidos en obra, sobre el tipo de mortero utilizado y la especificación indicada en la norma ASTM C-270.

Producto de las proporciones y relación agua-cemento utilizadas en laboratorio, los morteros de cemento  $M_{1,2,3,5,8,10}$  cumplen con el requerimiento especificado para la resistencia a compresión a los 28 días para los morteros tipo **M** (17.2 MPa), el  $M_5$  califica como mortero tipo **S** (12.4 MPa), y el  $M_4$  califica como mortero tipo **N** (5.2 MPa), el rango de resultados se encuentra entre 18.0 y 37.1 MPa. Para los morteros de cemento-cal en obra los  $M_{6,7}$  califican como morteros tipo **M** (17.2 MPa) y el  $M_9$  como tipo **S** (12.4 MPa), el rango de resultados se encuentra entre 18.0 y 35.6 MPa.

No se encuentra relación entre los resultados obtenidos en obra, sobre el tipo de mortero utilizado y la especificación indicada en la norma ASTM C-270. (ver tabla X, XIII, XV)

#### 3.3.2.2. Resistencia a tensión

Este parámetro no se encuentra especificado en la norma aplicable, el rango de resultados a los 28 días se encuentra entre 2.1 y 3.6 MPa. Para los morteros de cemento-cal en obra el rango de resultados se encuentra entre 2.1 y 2.9 MPa.

No se encuentra relación entre los resultados obtenidos en obra, sobre el tipo de mortero utilizado.

Para los morteros de laboratorio el rango de resultados a los 28 días se encuentra entre 3.0 y 6.6 MPa. Para los morteros de cemento-cal en obra el rango de resultados se encuentra entre 3.0 y 4.5 MPa.

No se encuentra relación entre los resultados obtenidos en obra, sobre el tipo de mortero utilizado. (ver tabla XI, XIV. XV)



## CONCLUSIONES

1. En la muestra de diez obras visitadas, el uso de morteros de levantado no tiene mayor control de calidad en su aplicación y diseño.
2. Para la aplicación de los morteros de levantado, no se considera el tipo de unidad de mampostería que se utiliza en la obra.
3. La mayoría de las proporciones de los morteros evaluados están sobre dosificados, obteniéndose valores de resistencias mecánica demasiado altos, lo que puede producir estructuras rígidas.
4. Las condiciones encontradas de almacenaje de los materiales sobre todo el agregado fino se observó que no existe mayor cuidado por tal motivo la incidencia en su aplicación y desempeño pueden sufrir alteraciones en la relación agua cemento
5. Los agregados finos utilizados en los proyectos evaluados, cumplen con la especificación de contenido de materia orgánica.
6. El cemento más utilizado para morteros de levantado es del tipo cemento mezclado UGC.
7. El uso de la cal en los morteros de levantado evaluados, se realiza sin ningún tipo de consideración especial, respecto a la aplicación y desempeño de los mismos.

8. La trabajabilidad de los morteros evaluados, es variable dependiendo de la experiencia del responsable de su aplicación.
9. La relación agua cemento y la trabajabilidad utilizadas en obra, generalmente son mayores que la que se utilizan en laboratorio.
10. Los valores de retención de agua obtenidos en obra, son mayores que los de laboratorio, esto producto de la relación agua-cemento utilizada.
11. Los resultados de retención de agua en obra, satisfacen de mejor manera que los de laboratorio lo indicado en la norma ASTM C-270.
12. Los resultados de contenido de aire, en obra y laboratorio cumplen con lo indicado en la norma ASTM C-270.
13. Los morteros evaluados se clasifican como tipos M, S y N de acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM C-270.
14. Los resultados de resistencia a compresión son variables en obra y laboratorio respecto del mismo mortero, a excepción del  $M_8$  que fue mayor en obra.
15. Los resultados de resistencia a tensión fueron mayores en laboratorio que en obra para todos los casos.

## RECOMENDACIONES

1. Se deben diseñar por algún método técnico los morteros utilizados en obra.
2. El control de calidad de materiales y procesos debe implementarse en los proyectos a efecto de garantizar un buen desempeño de los mismos.
3. No utilizar morteros sobre diseñados, conocer las características de la unidad de mampostería a usar en el proyecto.
4. Seguir las recomendaciones de las normas técnicas aplicables, en el uso de los morteros de levantado.



## REFERENCIAS

1. Sánchez de Guzmán, **Morteros. Tecnología del mortero y del concreto** (Bhandar Editores Ltda., Bogotá Colombia) 2001
2. American society for testing and material, Section 4 Vol. 4.05. Pág. 191 **ASTM C-270 “Standard Specification for Mortar for Unit Masonry”** USA: 2002
3. Kenneth A. Molina E. Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de hornos. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Diego Sánchez de Guzmán, **Tecnología del mortero y del concreto** 5ta. Edición, Colombia: Editorial Bhandar Editores Ltda., 2001
2. Keneth Molina. Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de hornos. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006
3. American Society for Testing and Material (ASTM); **Cement; Lime; Gypsum**. (ASTM Standards on disk, Volume 04.01) ASTM International, West Conshohocken, PA, USA. Octubre, 2004.
4. COGUANOR. **Normas relacionadas con la industria de la Construcción.**
5. Jorge Mario Morales. Estudio de la variabilidad en las características físico-mecánicas en muros de ladrillos de barro cocido debido a la mano de obra y estudio de características físico mecánicas de morteros típicos para levantado en la republica de Guatemala, Tesis Ing. Civil. Guatemala Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1975
6. Jorge Francisco Macal Rodríguez Propuesta para morteros de levantado para mampostería en áreas urbanas, Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1984.

7. Rubén Barahona Evaluacion de los morteros premezclados para levantado en Guatemala, Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999.

## **APÉNDICE**

1. Boleta, información muestreo.
2. Informe de laboratorio sección de aglomerantes y morteros
3. informe de laboratorio sección de concreto y agregados



**TRABAJO DE GRADUACION**  
**"EVALUACION DEL USO DE MORTEROS DE MAPOSTERIA EN OBRA**  
**Y LABORATORIO, DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-270"**  
**WALTER ALVAREZ**

INVESTIGACION DE CAMPO MUESTREO DE OBRA No. \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

ING. RESIDENTE \_\_\_\_\_  
ENCARGADO DE LA OBRA \_\_\_\_\_ TEL. \_\_\_\_\_  
DIRECCION \_\_\_\_\_

TIPO DE PROYECTO \_\_\_\_\_

RESIDENCIA  EDIFICIO  MURO PERIMETRAL  MURO ESTRUCTURAL

DATOS DE LA MUESTRA \_\_\_\_\_

1) TIPO DE MORTERO

PREDOSIFICADO  MESCLADO INSITU

2) USO DEL MORTERO \_\_\_\_\_

MURO DE CARGA  MURO DE DIVISION

MURO SOBRENIVEL DEL TERRENO

BAJONIVEL DEL TERRENO

3) PROPORCION DEL MORTERO

VOLUMEN O MASA \_\_\_\_\_ CANTIDAD DE AGUA \_\_\_\_\_

4) MEZCLADO \_\_\_\_\_

CONDICIONES Y TIEMPO \_\_\_\_\_

TIPO DE CAL \_\_\_\_\_

TIPO DE CEMENTO \_\_\_\_\_

PORTLAND TIPO 1  CEMENTO MEZCLADO  CEMENTO DE MAMPOSTERIA

TIPO DE AGREGADO FINO

CALIDAD \_\_\_\_\_ TAMAÑO \_\_\_\_\_

TIPO DE AGUA \_\_\_\_\_

SERVICIO MUNICIPAL  TONEL  POZO

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Ing. Residente

Encargado de obra



O.T. No. 22375

INFORME No. S.C. - 679

**INTERESADO:** Walter Alvarez Guzmán

**PROYECTO:** Trabajo de Graduación "Evaluación del uso de morteros de mampostería en obra y laboratorio, de acuerdo a la norma ASTM C - 270"

**ASUNTO:** Contenido de Humedad (ASTM D-2216) y Contenido de Materia Orgánica (ASTM C-40)

**FECHA:** 24 de octubre de 2007.

**RESULTADOS:**

Muestra	Contenido de Humedad	Contenido de Materia Orgánica
01	15,00 %	2
02	14,16 %	2
03	13,98 %	2
04	11,40 %	1
05	15,96 %	1
06	16,94 %	1
07	20,94 %	2
08	4,00 %	1
09	8,00 %	1
10	14,00 %	1

**OBSERVACION:**

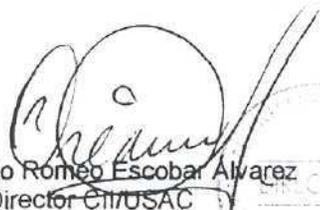
- Muestras proporcionadas por el interesado.
- Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3

Atentamente:

  
Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección de Concretos

SECCION CONCRETOS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
GUATEMALA, C.A.

Vo. Bo.

  
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CII/USAC



**Informe No. 13/2007 SAM**

**Interesado:** Walter Alvarez Guzmán

**Proyecto:** Trabajo de Graduación "Evaluación del uso de morteros de mampostería en obra y laboratorio, de acuerdo a la norma ASTM C-270"

**Asunto:** Diseño de mezclas y resistencia a compresión y tensión (ASTM C-109 y C-190), Retención de agua (ASTM C-1506), Trabajabilidad en campo (ASTM C-780), Contenido de aire (ASTM C-185) y Masa unitaria en mortero.

**Fecha:** 26 de octubre de 2,007.

1. **Generalidades:** el interesado proporcionó cada uno de los materiales siendo estos arena y cemento, de cada una de las obras muestreadas.
2. **Procedimiento:** se trabajó de acuerdo a lo indicado por el interesado y las normas específicas.
3. **Resultados:**

**3.1 Muestra No. 1**

Ensayo		Muestra de Campo	Muestra de Laboratorio
Proporción (Cemento: Arena)		1:3	1:3
Relación A/C		0,45	0,48
Retención de Agua (%)		55,34	39,64
Trabajabilidad		103,00	111,00
Penetración (mm)		44,00	48,00
Masa Unitaria (g/cm <sup>3</sup> )		1,91	1,89
Contenido de Aire (%)		2,70	2,10
Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	3 días	(136,53) (1941,91) (13,39)	(108,50) (1543,24) (10,64)
	7 días	(179,80) (2557,36) (17,63)	(161,20) (2292,81) (15,81)
	28 días	(256,27) (3644,98) (25,13)	(244,90) (3483,30) (24,02)
Resistencia a la Tensión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	7 días	(18,84) (268,00) (1,85)	(16,87) (240,00) (1,65)
	28 días	(25,80) (367,00) (2,53)	(25,85) (367,67) (2,53)

**3.2 Muestra No. 2**

Ensayo		Muestra de Campo	Muestra de Laboratorio
Proporción (Cemento: Arena)		1:1,75	1:1,75
Relación A/C		1,25	0,40
Retención de Agua (%)		86,04	67,11
Trabajabilidad		134,00	114,00
Penetración (mm)		71,00	64,00
Masa Unitaria (g/cm <sup>3</sup> )		1,84	1,95



Contenido de Aire (%)		3,30	2,10
Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	3 días	(83,44) (1186,82) (8,18)	(179,28) (2550,01) (17,58)
	7 días	(100,49) (1429,33) (9,85)	(226,30) (3218,75) (22,19)
	28 días	(185,48) (2638,20) (18,19)	(314,26) (4469,87) (30,82)
Resistencia a la Tensión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	7 días	(15,26) (217,00) (1,50)	(26,48) (376,67) (2,60)
	28 días	(19,43) (276,33) (1,91)	(32,22) (458,33) (3,16)

### 3.3 Muestra No. 3

Ensayo	Muestra de Campo	Muestra de Laboratorio	
Proporción (Cemento: Arena)	1:1	1:1	
Relación A/C	0,47	0,22	
Retención de Agua (%)	65,37	93,33	
Trabajabilidad	139,20	106,00	
Penetración (mm)	81,00	40,00	
Masa Unitaria (g/cm <sup>3</sup> )	1,93	2,02	
Contenido de Aire (%)	2,80	2,20	
Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	3 días	(149,06) (2120,11) (14,62)	(238,70) (3395,12) (23,41)
	7 días	(158,62) (2256,06) (15,56)	(303,43) (4315,73) (29,76)
	28 días	(205,96) (2929,39) (20,20)	(378,15) (5378,61) (37,08)
Resistencia a la Tensión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	7 días	(16,29) (231,67) (1,60)	(24,47) (348,00) (2,40)
	28 días	(25,10) (357,00) (2,46)	(32,83) (467,00) (3,22)

### 3.4 Muestra No. 4

Ensayo	Muestra de Campo	Muestra de Laboratorio	
Proporción (Cemento: Arena)	1:3	1:3	
Relación A/C	0.75	0.340	
Retención de Agua (%)	34,02	40,13	
Trabajabilidad	135,20	106,40	
Penetración (mm)	74,00	58,00	
Masa Unitaria (g/cm <sup>3</sup> )	2,02	2,09	
Contenido de Aire (%)	2,90	2,30	
Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	3 días	(42,35) (602,41) (4,15)	(90,29) (1284,19) (8,85)
	7 días	(75,95) (1080,27) (7,45)	(154,61) (2199,11) (15,16)
	28 días	(84,48) (1201,52) (8,28)	(193,71) (2755,23) (19,00)
Resistencia a la Tensión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	7 días	(18,00) (256,00) (1,77)	(25,66) (365,00) (2,52)
	28 días	(28,12) (400,00) (2,76)	(33,61) (478,00) (3,30)

### 3.5 Muestra No. 5

Ensayo	Muestra de Campo	Muestra de Laboratorio
Proporción (Cemento: Arena)	1:4	1:4
Relación A/C	1,99	0,40
Retención de Agua (%)	69,81	87,27
Trabajabilidad	135,80	110,00
Penetración (mm)	82,00	41,00



Masa Unitaria (g/cm <sup>3</sup> )		2,10	2,47
Contenido de Aire (%)		3,20	2,40
Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	3 días	(69,12) (983,07) (6,78)	(132,40) (1883,11) (12,98)
	7 días	(99,85) (1420,14) (9,79)	(194,40) (2764,96) (19,06)
	28 días	(128,20) (1823,45) (12,57)	(259,63) (3692,74) (25,46)
Resistencia a la Tensión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	7 días	(25,83) (367,33) (2,53)	(49,45) (703,33) (4,85)
	28 días	(33,47) (476,00) (3,28)	(67,03) (953,33) (6,57)

### 3.6 Muestra No. 6

Ensayo		Muestra de Campo	Muestra de Laboratorio
Proporción (Cemento:Cal:Arena)		1:0.75:2,25	1:0.75:2,25
Relación A/C		1,09	0,38
Retención de Agua (%)		89,72	90,37
Trabajabilidad		133,30	112,20
Penetración (mm)		62,00	40,00
Masa Unitaria (g/cm <sup>3</sup> )		1,74	1,93
Contenido de Aire (%)		3,00	2,20
Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	3 días	(161,90) (2302,74) (15,88)	(236,87) (3369,03) (23,23)
	7 días	(201,50) (2866,01) (19,76)	(291,72) (4149,28) (28,61)
	28 días	(257,04) (3656,00) (25,21)	(341,70) (4860,09) (33,51)
Resistencia a la Tensión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	7 días	(26,01) (370,00) (2,55)	(39,78) (565,81) (3,90)
	28 días	(32,06) (456,00) (3,14)	(46,07) (655,20) (4,52)

### 3.7 Muestra No. 7

Ensayo		Muestra de Campo	Muestra de Laboratorio
Proporción (Cemento:Cal:Arena)		1:1:2,5	1:1:2,5
Relación A/C		1,71	0,52
Retención de Agua (%)		71,46	73,71
Trabajabilidad		139,80	110,300
Penetración (mm)		68,00	52,00
Masa Unitaria (g/cm <sup>3</sup> )		1,61	2,01
Contenido de Aire (%)		3,20	2,10
Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	3 días	(80,86) (1150,07) (7,93)	(119,20) (1695,35) (11,69)
	7 días	(126,58) (1800,44) (12,41)	(164,04) (2333,22) (16,09)
	28 días	(163,40) (2324,04) (16,02)	(209,74) (2983,22) (20,57)
Resistencia a la Tensión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	7 días	(18,28) (260,00) (1,79)	(26,27) (373,66) (2,58)
	28 días	(21,09) (300,00) (2,07)	(29,83) (424,33) (2,93)

### 3.8 Muestra No. 8

Ensayo		Muestra de Campo	Muestra de Laboratorio
Proporción (Cemento:Arena)		1:1	1:1
Relación A/C		0.60	0.32
Retención de Agua (%)		65,07	87,31
Trabajabilidad		140.30	110,30



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



Penetración (mm)		86,00	48,00
Masa Unitaria (g/cm <sup>3</sup> )		1,85	1,94
Contenido de Aire (%)		3,30	2,20
Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	3 días	(150,48) (2140,32) (14,76)	(251,88) (3582,51) (24,70)
	7 días	(159,39) (2267,09) (15,63)	(306,13) (4354,13) (30,02)
	28 días	(240,51) (3420,84) (23,59)	(368,13) (5235,98) (36,10)
Resistencia a la Tensión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	7 días	(21,09) (300,00) (2,07)	(28,83) (410,00) (2,83)
	28 días	(29,06) (413,33) (2,85)	(35,86) (510,00) (3,52)

**3.9 Muestra No. 9**

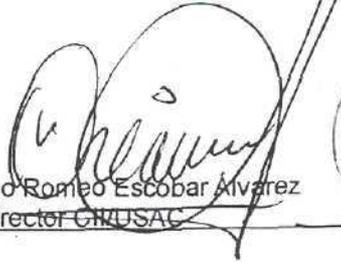
Ensayo	Muestra de Campo	Muestra de Laboratorio	
Proporción (Cemento:Cal:Arena)	1:0,5:3	1:0,5:3	
Relación A/C	1,07	0,40	
Retención de Agua (%)	90,01	94,76	
Trabajabilidad	129,10	110,60	
Penetración (mm)	50,00	31,00	
Masa Unitaria (g/cm <sup>3</sup> )	1,51	1,79	
Contenido de Aire (%)	2,80	2,20	
Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	3 días	(100,75) (1433,00) (9,88)	(142,47) (2026,41) (13,97)
	7 días	(129,17) (1837,18) (12,67)	(162,88) (2316,69) (15,97)
	28 días	(154,87) (2202,78) (15,19)	(184,06) (2617,99) (18,05)
Resistencia a la Tensión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	7 días	(20,15) (286,66) (1,98)	(28,12) (400,00) (2,76)
	28 días	(30,00) (426,66) (2,94)	(35,58) (506,00) (3,49)

**3.10 Muestra No. 10**

Ensayo	Muestra de Campo	Muestra de Laboratorio	
Proporción (Cemento:Arena)	1:2	1,2	
Relación A/C	0,50	0,25	
Retención de Agua (%)	72,36	86,72	
Trabajabilidad	136,40	109,20	
Penetración (mm)	68,00	42,00	
Masa Unitaria (g/cm <sup>3</sup> )	1,83	2,18	
Contenido de Aire (%)	2,90	2,30	
Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	3 días	(155,00) (2204,62) (15,20)	(199,56) (2838,45) (19,57)
	7 días	(198,66) (2825,59) (19,48)	(286,23) (4071,20) (28,07)
	28 días	(291,40) (4144,69) (28,58)	(364,51) (5184,53) (35,75)
Resistencia a la Tensión (kg/cm <sup>2</sup> ) (PSI) (Mpa)	7 días	(31,87) (453,33) (3,13)	(44,53) (633,33) (4,37)
	28 días	(36,91) (525,00) (3,62)	(50,86) (723,33) (4,99)

Atentamente:

  
Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol  
Jefa Sección Aglomerantes y Morteros

Vo. Bo.   
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
Director CRUSAC

