



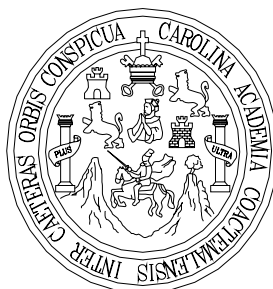
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE RESISTENCIA ENTRE  
MUROS A ESCALA NATURAL Y PRISMAS DE MAMPOSTERÍA  
A ESFUERZOS DE CORTE Y COMPRESIÓN**

**ALDO MARIO IROSHI FRANCO JIMENEZ**  
Asesorado por Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus

**Guatemala, Noviembre de 2005**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE RESISTENCIA ENTRE  
MUROS A ESCALA NATURAL Y PRISMAS DE MAMPOSTERÍA A  
ESFUERZOS DE CORTE Y COMPRESIÓN**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

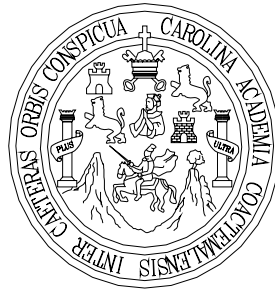
**ALDO MARIO IROSHI FRANCO JIMÉNEZ**

ASESORADO POR ING. SERGIO VINICIO CASTAÑEDA LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I:	
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

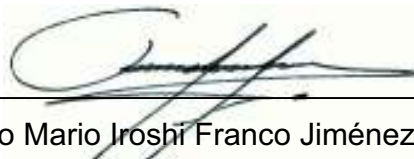
DECANO:	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Mario Rodolfo Corzo Avila
EXAMINADOR:	Ing. Patricia Villatoro de Escobar
EXAMINADOR:	Ing. Rene Rolando Vargas Oliva
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**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:

**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN DE RESISTENCIA ENTRE  
MUROS A ESCALA NATURAL Y PRISMAS DE MAMPOSTERÍA A  
ESFUERZOS DE CORTE Y COMPRESIÓN,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 9 de mayo de 2005.



---

Aldo Mario Iroshi Franco Jiménez

## DEDICATORIA

A:

DIOS TODOPODEROSO: Por la sabiduría que me iluminó para alcanzar mis metas.

MI MADRE: Emilza Isabel de Franco; por tu fe, amor y apoyo incansable que me brindaste para alcanzar mis metas.

MI PADRE: Augusto Antonio Franco Cabrera; por su apoyo y ejemplo que siempre me ha brindado.

MIS HERMANOS: Augusto Antonio Franco Jiménez  
Angel Fernando Antonio Franco Jiménez.

MI FAMILIA EN GENERAL: Por sus consejos, atención y apoyo.

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS: En Especial a Vicente Carranza, Luis Porras, Efrain Estrada, Manolo Valdez, Jonathan de la Rosa, Erick Hernandez, Moises de Paz, Armín Ruyan.

## **AGRADECIMIENTO**

A:

- La empresa GRUPO FORTE, por el valioso apoyo y ayuda brindada.
- La empresa MIXTO LISTO, por el valioso apoyo y ayuda brindada.
- La empresa INDETA, por el valioso apoyo y ayuda brindada.
- La Empresa CEMCA, por el valioso apoyo y ayuda brindada.
- Ing. Sergio Castañeda, por su valiosa colaboración en la asesoría del presente trabajo de tesis.
- Ing. David Elías Mox, por su valioso apoyo y comprensión para poder llevar a término mi trabajo de graduación.
- Ing. Erick Celada, por su valioso apoyo en el desarrollo de este trabajo de tesis.
- Ing. Mario Corzo, por su valioso aporte en el desarrollo de este trabajo de tesis.
- La sección de Prefabricados del Centro de Investigaciones de Ingeniería por el apoyo y ayuda brindada.
- La sección de Aglomerantes y Morteros por el apoyo y ayuda Brindada.

**MUCHAS GRACIAS**

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	I
LISTADO DE SÍMBOLOS.....	V
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
<b>1. MUROS DE MAMPOSTERÍA</b>	
1.1 Tipos de Muros.....	1
<b>2. COMPONENTES DE MUROS</b>	
2.1 Cemento.....	3
2.1.1 Tipos de Cemento.....	3
2.1.1.1 Cementos Hidráulicos.....	3
a) Cemento Pórtland.....	3
b) Cementos Hidráulicos Mezclados.....	4
c) Cementos de Albañilería.....	5
d) Cementos Expansivos.....	6
2.1.1.2 Otros Cementos.....	6
a) Cementos Especiales.....	6
2.2 Mortero.....	7
2.2.1 Propiedades del Mortero.....	8
a) Resistencia.....	8
b) Plasticidad.....	8
c) Adherencia.....	8
d) Velocidad de Endurecimiento.....	9

e) Retención de Agua.....	9
2.2.2 Tipos de Mortero.....	9
2.3 Unidades de Mampostería.....	11
2.3.1 Características de Unidades.....	11
a) Materiales.....	12
b) Medidas.....	12
c) Resistencia.....	13
d) Porcentaje de Absorción.....	13
e) Normas.....	14
2.4 Acero.....	14
2.4.1 Composición Química del Acero.....	15
2.4.2 Propiedades Fisicomecánicas del Acero.....	16
a) Resistencia a Tensión... ..	16
b) Límite de Fluencia.....	17
c) Elongación.....	17
d) Prueba de Doblado.....	17
e) Otros parámetros importantes, al someter a estudio el acero.....	17
2.4.3 Tipos de Barras de Acero.....	18
<b>3. PRISMAS DE MAMPOSTERÍA</b>	
3.1 Definición... ..	21
3.2 Ensayos.....	21
3.3 Propiedades de Prismas.....	21
3.4 Materiales.....	22
3.5 Dimensiones del Prisma.....	22
<b>4. CARACTERIZACIÓN MATERIALES, PRISMAS Y MUROS</b>	
4.1 Cemento.....	25
4.2 Mortero de Levantado.....	27
4.3 Unidades de Mampostería.....	29



4.4	Barras de Acero.....	30
4.5	Prismas para el Ensayo a Compresión.....	31
4.6	Prismas para el Ensayo a Corte.....	33
4.7	Prismas para los Ensayos de Adherencia.....	35
4.8	Muros de Mampostería.....	37
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS DE ENSAYOS DE PRISMAS Y MUROS DE MAMPOSTERÍA</b>	
5.1	Prismas a Compresión.....	39
5.2	Prismas a Corte.....	42
5.3	Prismas de Adherencia y Fricción.....	45
5.4	Muro de Compresión a Escala Natural.....	52
5.4.1	Detalle de Muro.....	52
5.4.2	Detalle de Soleras.....	52
5.5	Muro de Corte a Escala Natural.....	54
5.5.1	Detalle de Muro.....	54
5.5.2	Detalle de Solera.....	54
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS PRISMAS Y MUROS</b>	
6.1	Prismas.....	57
6.2	Muros.....	57
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>59</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>65</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Dimensiones mínimas de Prisma.....	23
2.	Prisma a Compresión.....	39
3.	Esquema de Aplicación de Carga del Ensayo a Compresión.....	40
4.	Prisma a Corte.....	42
5.	Esquema de Aplicación de Carga del Ensayo a Corte.....	43
6.	Prisma de Adherencia y Fricción.....	45
7.	Esquema de Aplicación de Carga del Ensayo de Adherencia y Fricción.....	46
8.	Esquema de Aplicación de Carga del Ensayo de Muro a Compresión.....	53
9.	Esquema de Aplicación de Carga del Ensayo Muro a Corte.....	55

### FOTOGRAFÍAS

1	Nivelación de Prismas.....	67
2	Levantado de Prisma Adherencia.....	67
3	Ensayo Prisma a Compresión.....	67
4	Falla de Prisma a Compresión.....	67
5	Ensayo Prisma a Corte.....	68
6	Falla de Prisma a Corte.....	68
7	Ensayo Prisma de Adherencia.....	68
8	Falla Prisma por Adherencia y Fricción.....	68

9	Bomba para aplicar carga de confinamiento... ..	68
10	Gato hidráulico para aplicar carga lateral.....	68
11	Muro a compresión a escala natural.....	69
12	Muro a Corte a Escala natural.....	69
13	Prueba de la Bola de Concreto AGIES.....	69
14	Falla de cilindro a Compresión.....	69
15	Falla en Muro a Compresión.....	69
16	Falla en muro a Corte.....	69

## TABLAS

I	Especificación por Propiedades del mortero.....	10
II	Especificación por Proporción del mortero.....	10
III	Tamaño más comunes de Unidades de Mampostería.....	12
IV	Resistencia de unidades medido sobre área bruta.....	13
V	Requisitos de Tensión y Elongación de Barras de acero Lisas y Corrugadas Hormigón Armado.....	18
VI	Diámetro para Barras de Acero.....	19
VII	Factores de Corrección de UBC.....	22
VIII	Resultados Ensayo de Compresión.....	40
IX	Resultados Ensayo de Corte... ..	43
X	Coefficientes de Fricción... ..	46
XI	Fuerza de Adherencia (kg).....	47
XII	Esfuerzo de Adherencia (kg/cm <sup>2</sup> ).....	47
XIII	Resultados de Muro a Compresión.....	53
XIV	Resultados de Muro a Corte.....	55
XV	Resultados de Desplazamiento vrs Carga Lateral... ..	56

## GRÁFICAS

1	Ensayo Prismas a Compresión.....	41
2	Ensayo Prismas a Corte.....	44
3	Adherencia a 3 días Ensayo Prismas Adherencia y Fricción.....	48
4	Fricción a 3 días Ensayo Prismas Adherencia y Fricción... ..	48
5	Adherencia a 7 días Ensayo Prismas Adherencia y Fricción.....	49
6	Fricción a 7 días Ensayo Prismas Adherencia y Fricción... ..	49
7	Adherencia a 28 días Ensayo Prismas Adherencia y Fricción.....	50
8	Fricción a 28 días Ensayo Prismas Adherencia y Fricción... ..	50
9	Adherencia a 56 días Ensayo Prismas Adherencia y Fricción.....	51
10	Fricción a 56 días Ensayo Prismas Adherencia y Fricción... ..	51
11	Ensayo Muro de Corte, Carga vrs Deformación... ..	56



## LISTADO DE SÍMBOLOS

$\dot{A}rea_B$	Área Bruta
$\dot{A}rea_N$	Área de Neta
<b>C.U.</b>	Carga Última, kgf
<b>cm2</b>	Índica centímetros cuadrados
<b>Ec</b>	Módulo de Elasticidad al Cortante, kg/cm2
<b>Em</b>	Módulo de Elasticidad de la mampostería , kg/cm2
<b>F'c</b>	Resistencia al esfuerzo de compresión del Concreto, kg/cm2
<b>F'm</b>	Resistencia al esfuerzo de compresión de la mampostería, kg/cm2.
<b>F'mu</b>	Resistencia al esfuerzo de compresión de los prismas, kg/cm2.
<b>kgf</b>	Kilogramos Fuerza.
<b>m</b>	Metros.
<b>m3</b>	Metros Cúbicos.
<b>mm</b>	Milímetros.
<b>MPa</b>	Mega Pascales.
<b>N</b>	INewtons.



## GLOSARIO

<b>Absorción</b>	Refiere a la absorción de agua.
<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
<b>Área Bruta</b>	Área total de una sección.
<b>Área Neta</b>	Área efectiva de una sección.
<b>ASTM</b>	American Standard of testing and materials.
<b>Cemento</b>	Sustancia de polvo fino hecha de argamasa de yeso capaz de formar una pasta blanda al mezclarse con agua.
<b>COGUANOR</b>	Comisión Guatemalteca de Normas
<b>Columna</b>	Soporte Vertical que transmite carga hacia la cimentación.
<b>Concreto</b>	Mezcla de Cemento Pórtland, agua y aglomerantes finos y gruesos.
<b>Curado</b>	Periodo en el cual un elemento gana resistencia.



<b>Deformometro</b>	Dispositivo que mide y registra deformaciones.
<b>Elongación</b>	Aumento de la longitud de un elemento.
<b>Ensayo</b>	Prueba de las propiedades de una estructura o elemento.
<b>Esfuerzo</b>	El producto de la aplicación de una fuerza sobre un área.
<b>Estribo</b>	Estructura extrema que sirve de apoyo a la superestructura.
<b>Fluencia</b>	Límite donde un elemento sometido a esfuerzo pierde su proporcionalidad, esfuerzo-deformación lineal y comienza a tener comportamiento plástico.
<b>Fraguar</b>	Proceso de endurecimiento del concreto.
<b>Fuerza</b>	Energía que se aplica a un elemento.
<b>Hormigón</b>	Nombre que se le da también al Concreto.
<b>Mampostería</b>	Sistema constructivo formado por materiales simplemente acomodados o aglutinados.

<b>Mortero</b>	Mezcla de un árido fino (arena), un conglomerante (yeso, cal o cemento) y agua.
<b>Prisma de Mampostería</b>	Muestra representativa de la mampostería de un muro.
<b>PSI</b>	Pounds Square Inche
<b>SI</b>	Sistema Internacional de Unidades.
<b>Solera</b>	Nombre con que se conoce a la viga.
<b>Tabique</b>	Pared delgada, usada como relleno, no soporta carga.
<b>UBC</b>	Uniform Building Code



## RESUMEN

Este trabajo de graduación, presenta un estudio del desarrollo de resistencia a esfuerzos de corte y compresión de muros de mampostería a escala natural, por medio del ensayo de prismas de mampostería, así como con la caracterización de los distintos materiales utilizados para su construcción. El objetivo principal es el de establecer una correlación de resistencia entre los ensayos con muros y prismas para luego trasladar dicha información al sector construcción.

Los ensayos realizados siguen las recomendaciones de normativas de COGUANOR, AGIES y ASTM.

La metodología se basó en ensayos a 4 edades (3, 7, 28, 56 días) para los prismas y de 1 edad (28 días) para los muros. Así mismo se realizaron ensayos a los materiales utilizados como cemento, mortero, block y acero, con el objeto de caracterizar sus propiedades y comprobar su calidad. Los ensayos fueron realizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, en las secciones de “Aglomerantes y Morteros”, “Metales” y “Prefabricados y Estructuras”.

Al final, se presentan Gráficas y Tablas a las cuales siguen el análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones; los cuales muestran los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación.



## INTRODUCCIÓN

Siendo la construcción un pilar para el desarrollo de la sociedad guatemalteca, se hace necesaria la investigación y como producto de ella, la información que permita contar en la práctica con recomendaciones y datos aplicables en el campo de la ingeniería. En Guatemala, la mampostería, se trabaja en la mayoría de los casos en base a experiencias anteriores; sin que intervengan en la misma, ensayos de laboratorio que respalden y avalen el sistema constructivo y los materiales utilizados, lo anterior se debe a que la ubicación y tipo de proyecto, no permiten un control de calidad adecuado.

Este trabajo se centra en la importancia de la mampostería como sistema constructivo; para lo cual se evaluó el incremento de resistencia a compresión, corte y adherencia en muros a escala natural mediante ensayos a prismas de mampostería y de la caracterización de los materiales que lo integran como el cemento, mortero, bloque y acero; siguiendo las recomendaciones de las normas COGUANOR, AGIES y ASTM aplicables. Se presentan las recomendaciones y conclusiones, producto de los resultados obtenidos; esto permitirá contar con información acerca de la construcción en mampostería.

La caracterización de los materiales fue un aspecto importante a tomar en cuenta, en el desarrollo de las conclusiones en esta investigación, ya que, factores como el f'm de la unidad de mampostería y la resistencia del mortero de levantado, se cree tuvieron incidencia como se verá más adelante, en el desarrollo de resistencia de los prismas a corte y compresión. Otro aspecto importante que se destaca es tipo de armado utilizado para el muro de corte a escala natural, mismo que no se comportó un muro de mampostería reforzada como se esperaba.

Vale la pena mencionar, el apoyo a este trabajo de graduación, dado por la iniciativa privada; quienes facilitaron los materiales necesarios en el desarrollo de los ensayos realizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería; asimismo a la Asociación de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) que avaló el modelo de muro utilizado y colaboró en la divulgación de los resultados.

## OBJETIVOS

### General

Evaluar el desarrollo de resistencia a corte, compresión y adherencia en muros típicos de mampostería, mediante prismas, muros a escala natural y los materiales que los conforman por medio de ensayos técnicos basados en normas COGUANOR, AGIES, ASTM aplicables.

### Específicos:

1. Presentar las normas AGIES, COGUANOR y ASTM aplicables al tema.
2. Caracterización física y mecánica de los materiales que integran los muros de mampostería; basados en las normas:
  - ◆ Cemento Norma: ASTM C-595-03
  - ◆ Mortero Norma: ASTM C-270-3b
  - ◆ Block Norma: COGUANOR NGO 41-056
  - ◆ Acero Norma: COGUANOR NGO 36-011
3. Utilizar la propuesta de armado de columnas y vigas de la norma AGIES NR-4 (aplicable para 1 y 2 niveles).
4. Evaluar los parámetros de adherencia y fricción entre la unidad de mampostería y el mortero utilizados.



5. Evaluar la resistencia a compresión, corte y adherencia en prismas de mampostería a las edades 3, 7, 28 y 56 días.

- Compresión: Norma: ASTM E-447
- Corte: Norma: ASTM E-519

6. Evaluar la resistencia a compresión y corte a los 28 días, en muros de mampostería a escala natural.

7. Analizar conjuntamente los resultados de muros y prismas.

8. Determinar el  $F'_m$  de los muros de mampostería.

9. Presentar las recomendaciones y conclusiones técnicas sobre muros de mampostería.

# 1. MUROS DE MAMPOSTERÍA

Los muros o paredes son los elementos verticales de la construcción que sirven para encerrar la edificación y separar los ambientes interiores.<sup>1</sup>

Se pueden clasificar en muros de carga y muros tabiques. Estos últimos no soportan ninguna carga más que su peso propio, no cumplen ninguna función estructural por lo que podrían ser removidos sin comprometer la seguridad estructural del conjunto. Por otro lado los muros de carga en una vivienda son los que además de su propio peso se encargan de transmitir las cargas verticales y horizontales desde el techo y/o entrepiso hasta la cimentación, por lo que deben ser continuos en altura y confinados a través de vigas, soleras y columnas o mochetas a su alrededor.<sup>1</sup>

Los muros pueden construirse con unidades de mampostería como ladrillos, bloques de concreto, piedra; o bien pueden ser de concreto reforzado prefabricado o fundidos en el lugar. También pueden ser de bajareque, madera, adobe o bambú.<sup>1</sup>

## 1.1 TIPOS DE MUROS:

Los muros según la colocación, disposición y arreglo del acero de refuerzo en los elementos de mampostería pueden clasificarse en dos tipos:<sup>1</sup>

- **Mampostería Reforzada Mixta**
- **Mampostería Reforzada Integral**

---

<sup>1</sup> Norma AGIES NR-4

**Mampostería Reforzada Mixta:** En este tipo de muro el acero de refuerzo se coloca y concentra en elementos verticales y horizontales fundidos de concreto denominados mochetas y soleras respectivamente. Ambas concentraciones de refuerzo deben confinar a las unidades de mampostería. Al mismo tiempo, el refuerzo de las mochetas y soleras debe quedar asegurado y confinado por eslabones o estribos preferentemente. La resistencia del concreto a compresión  $F'c$  deberá ser como mínimo 175 kg/cm<sup>2</sup>.

**Mampostería Reforzada Integral:** En este tipo de muro el acero de refuerzo que se instalará tanto en el sentido horizontal como vertical se colocará en las celdas correspondientes a las unidades con vacíos y/o en el espacio de las áreas libres limitadas por las paredes de las unidades de levantado. Los refuerzos verticales podrán requerir eslabones o estribos en algunas posiciones.

## **2. COMPONENTES DE MUROS**

### **2.1 CEMENTO**

En 1824 Joseph Aspdin, un albañil inglés, recibió una patente para cemento conocido hoy como Cemento Pórtland. Este descubrimiento destacable ha abierto la puerta a la creación del concreto moderno.<sup>2</sup>

Normalmente, alrededor del 7 a 14% del total de volumen de concreto consiste en cemento. Este componente, en volumen, es el menor de todos, sin embargo, es el más costoso y crítico. Debido a que los dos requerimientos (resistencia y durabilidad) son dependientes del tipo y calidad de pasta usada, para lo cual están disponibles diferentes tipos de cemento.<sup>2</sup>

#### **2.1.1 TIPOS DE CEMENTOS**

##### **2.1.1.1 CEMENTOS HIDRÁULICOS<sup>3</sup>**

###### **a) CEMENTO PORTLAND:**

Los cementos Pórtland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos de calcio hidráulicos. Los cementos hidráulicos fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua. Durante esta reacción, llamada hidratación, el cemento se combina con agua para formar una pasta de aspecto similar a una roca.

---

<sup>2</sup> Manual de Consolidación de Concreto

<sup>3</sup> Diseño y Control de Mezclas de Concreto

Cuando la pasta (cemento y agua) se agrega a los agregados (arena y grava, piedra triturada u otro material granular) actúa como adhesivo y une a todas las partículas de agregado para formar así el concreto, el material de construcción más versátil y de mayor uso en el mundo. Existen diferentes tipos de cemento Pórtland, para satisfacer las diferentes necesidades químicas y físicas para propósitos específicos. La norma ASTM C-150 “Especificación Estándar para Cemento Pórtland”, especifica ocho tipos de cementos Pórtland:

- Tipo I: Normal
- Tipo IA: Normal, inclusor de aire
- Tipo II: De resistencia moderada a los sulfatos
- Tipo IIA: De resistencia moderada a los sulfatos, inclusor de aire
- Tipo III: De alta resistencia a edad temprana
- Tipo IIIA: De alta resistencia a edad temprana, inclusor de aire
- Tipo IV: De bajo calor de hidratación
- Tipo V: De resistencia elevada a los sulfatos

#### **b) CEMENTOS HIDRÁULICOS MEZCLADOS:**

El reciente interés en la conservación de energía ha impulsado el uso de materiales secundarios en el concreto de cemento Pórtland. Los cementos hidráulicos mezclados se producen al mezclar de manera íntima y uniforme dos tipos de materiales finos. Los principales materiales de mezclado son el cemento Pórtland, escorias de alto horno molidas, cenizas volantes y otras puzolanas, cal hidratada y combinaciones previamente mezcladas de cemento con estos materiales. El polvo de horno de cemento, al igual que el humo de sílice y otros materiales se encuentran actualmente sujetos a investigación para poder ser utilizados en los cementos mezclados.

Los cementos hidráulicos mezclados deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C-595 “Especificaciones de Norma para Cementos Hidráulicos Mezclados”, que especifica cinco clases de cementos hidráulicos mezclados:

- Cemento Pórtland de Escoria de alto Horno --- Tipo IS
- Cemento Pórtland – Puzolana – Tipo IP y Tipo P
- Cemento de Escoria --- Tipo S
- Cemento Pórtland Modificado con Puzolana --- Tipo I(PM)
- Cemento Pórtland modificado con Escoria --- Tipo I(SM)

### **c) CEMENTOS DE ALBAÑILERÍA:**

Los cementos de albañilería son cementos hidráulicos diseñados para emplearse en morteros para construcciones de mampostería. Se componen de alguno o varios de los siguientes compuestos: cemento Pórtland, cemento Pórtland – Puzolana, cemento Pórtland de escoria de alto horno, cemento de escoria, cal hidráulica y cemento natural; además contienen normalmente materiales como cal hidratada, caliza, creta, conchas calcáreas, talco, escoria o arcilla. Los materiales se seleccionan de acuerdo a su capacidad para impartir trabajabilidad, plasticidad y retención de agua a los morteros. Los cementos de albañilería deben cubrir los requisitos de la norma ASTM C-91 “Especificaciones de Norma para Cementos de Albañilería”, que los clasifica como:

- Tipo N: Utilizado para morteros Tipo N, O según ASTM C-270
- Tipo S: Utilizado para morteros Tipo S según ASTM C-270
- Tipo M: Utilizado sin adición de otros cementos ni de cal, para morteros Tipo M según ASTM C-270.

#### **d) CEMENTOS EXPANSIVOS:**

El cemento expansivo es un cemento hidráulico que se expande ligeramente durante el período de endurecimiento a edad temprana después del fraguado. Debe satisfacer los requisitos de la especificación ASTM C-845 “Especificaciones de Norma para Cementos Hidráulicos Expansivos”, en la cual se le designa como cemento Tipo E1. Comúnmente se reconocen tres variedades de cemento expansivo, mismas que se designan como K, M y S, las cuales se agregan como sufijos al tipo.

#### **2.1.1.2 OTROS CEMENTOS<sup>4</sup>**

##### **a) CEMENTOS ESPECIALES:**

Existen tipos especiales de cemento que no están necesariamente incluidos en las especificaciones; algunos de ellos contienen Cemento Pórtland, mencionando a continuación algunos:

- Cementos Para pozo petrolero
- Cementos Pórtland Impermeabilizados.
- Cementos Plásticos
- Cementos de fraguado regulado
- Cementos con adiciones funcionales

---

<sup>4</sup> Diseño y Control de Mezclas de Concreto

## 2.2 MORTERO

El mortero es una mezcla de un árido fino (arena), un conglomerante (yeso, cal o cemento) y agua.<sup>5</sup>

Se utilizan sobre todo como material de unión de las piezas que forman las obras de fábrica, tanto si es cerámica, como de bloques de concreto o de piedra natural. También tiene, un amplio campo de aplicación en la confección de revestimientos y pavimentos.<sup>5</sup>

Los morteros reciben su nombre en función del conglomerante que se utilice para prepararlos. Así, hay morteros de yeso (muy poco comunes), morteros de cal, morteros de cemento o morteros de cal y cemento. Estos suelen clasificarse según su resistencia.<sup>5</sup>

El mortero forma solamente entre el 10 y 20% del volumen de material de un muro de mampostería. Sin embargo, su efecto en el comportamiento de este es mucho mayor que lo que indica este porcentaje. Estéticamente, el mortero puede añadir un colorido adicional a un acabado muy particular a las paredes. Funcionalmente, el mortero liga las unidades de mampostería y sirve de sello para impedir la penetración de aire y agua. Además se adhiere al refuerzo de las juntas, a las amarras metálicas y a los pernos anclados de tal modo que hace que actúen conjuntamente. Para la ingeniería de construcción y las aplicaciones de cargas, el comportamiento del mortero incide tanto como la resistencia de las piezas de mampostería y la mano de obra.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Nueva Enciclopedia del Encargado de Obras "Materiales de construcción"

<sup>6</sup> Revista "*Masonry Construction*" de Aberdeen



## **2.2.1 PROPIEDADES DEL MORTERO:<sup>7</sup>**

### **a) RESISTENCIA:**

Es la capacidad de soportar las cargas que se le aplican sin fallar. Para obtener morteros más resistentes se recomienda utilizar arenas de granos angulosos (triturados) en lugar de arena de río. La resistencia de los morteros de cemento es muy superior a la de los morteros de cal.

### **b) PLASTICIDAD:**

Depende de su consistencia, es decir, de si es más o menos fácil de darle forma y, por tanto, de trabajarlo y de colocarlo en obra. También depende de la cantidad de agua que contiene, y especialmente de su contenido de finos. En una mezcla se consideran finos a todas aquellas partículas cuyo tamaño de grano sea inferior a los 5 mm. Se debe tener en cuenta que la utilización de arena con granos de forma redondeada (arena de río) facilita la obtención de un mortero más trabajable.

### **c) ADHERENCIA:**

Es la capacidad del mortero para adherirse a la superficie del material sobre la que se coloca; se puede mencionar que cuanto más rugosas y húmedas son las bases sobre las cuales se aplican los morteros, mejor es la adherencia.

---

<sup>7</sup> Nueva Enciclopedia del Encargado de Obras "Materiales de construcción"

#### **d) VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO.**

Es la capacidad del mortero de alcanzar valores de resistencia a la penetración, después de el contacto inicial entre cemento y agua, valores utilizados para determinar tiempos de fraguado.

#### **e) RETENCIÓN DE AGUA:**

Es la propiedad del mortero a conservar su humedad óptima al no permitir la absorción temprana de esta por las unidades de mampostería.

### **2.2.2 TIPOS DE MORTERO:<sup>8</sup>**

Antes de 1954, los tipos de mortero fueron denominados como A-1, A-2, B, C y D. Se encontró, sin embargo, que el tipo A-1 acarreaba la connotación de ser el mejor y que muchos diseñadores especificaban siempre este tipo pensando que era mejor que los otros. Para combatir esta tendencia, se cambio la denominación de los morteros de tal modo que nadie pudiera calificar de muy bueno a ninguno de ellos.

Las nuevas letras de designación son M, S, N, O y K. Se obtuvieron de las palabras inglesas "*Mason Work*". La norma ASTM C-270-03b, "Especificaciones para morteros de mampostería", cubre ahora solamente cuatro tipos de mortero. El tipo K se eliminó, dejando los tipo M, S, N, O solamente. Estos pueden ser especificados por proporción o por propiedades, pero no por ambas cosas. La especificación por proporción rige siempre que se hace referencia a la norma ASTM C-270 y no se menciona un método específico.

---

<sup>8</sup> Revista "*Masonry Construction*" de Aberdeen

La clasificación del tipo de mortero bajo la especificación de propiedades depende de la resistencia a la compresión, la retención de agua y el contenido de aire.

**Tabla I. Especificación por Proporción (\*)**

Mortero	Tipo	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días Kg/cm <sup>2</sup> y MPa	Retención mínima de agua (%)	Contenido máximo de aire (%)	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
Cemento-cal	M	176 (17.2)	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes.
	S	127 (12.4)	75	12	
	N	53 (5.2)	75	14 <sup>b</sup>	
	O	25 (2.4)	75	14 <sup>a</sup>	
Cemento de mampostería	M	176 (17.2)	75	c	
	S	127 (12.4)	75	c	
	N	53 (5.2)	75	c	
	O	25 (2.4)	75	c	

a. Mortero preparado en Laboratorio

b. Cuando se coloca acero estructural al mortero de cemento y cal, contenido máx aire igual 12%.

c. Cuando se coloca acero estructural al mortero de cemento y mampostería, contenido máx. Aire de 18%.<sup>9</sup>

**Tabla II. Especificaciones por Propiedades**

Mortero	Tipo	Proporciones por volumen (materiales cementantes)			Relación de agregados (Medida en condición húmeda y suelta)
		Cemento Portland o mezcla de cemento	Cemento de mampostería M S N	Cal hidratada o apagada	
Cemento y cal	M	1	---	¼	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	1	---	de ¼ a ½	
	N	1	---	de ½ a 1¼	
	O	1	---	de 1¼ a 2½	
Cemento de mampostería	M	1	-- 1	-	
	M	-	1 --	-	
	S	½	-- 1	-	
	S	-	- 1 -	-	
	N	-	-- 1	-	
	O	-	-- 1	-	

Nota: Nunca deben combinarse dos materiales inclusotes de aire en un mortero.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Norma ASTM C-270-03b

## **2.3 UNIDADES DE MAMPOSTERÍA**

Los bloques de concreto son conglomerados paralelepípedos rectangulares, prefabricados con grandes perforaciones en el eje perpendicular al lecho de asiento de la pieza. Las perforaciones no podrán superar los dos tercios de su volumen. Son de fácil colocación por una sola persona.<sup>10</sup>

El bloque es usado para muros de carga o elementos de relleno (tabiques); los hechos en fábricas con plantas altamente mecanizadas son por lo general de mejor calidad que los producidos por máquinas manuales, sin embargo, éstos últimos también pueden ser de una utilidad buena y aceptable. Pueden existir bloques que no llenen los requisitos de absorción especificados, pero que pueden ser utilizados si llenan los requisitos de resistencia, tolerancia de medidas y apariencia, deben ser repellados ó protegidos de la humedad por pinturas ó recubrimientos adecuados sobre todo si se usan para muros exteriores ó expuestos a humedad.<sup>10</sup>

### **2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE UNIDADES:**

Aunque inicialmente los bloques de concreto se fabricaban en bloques macizos, hoy en día se aligeran ya, mediante huecos de diferentes formas. Su uso se ha extendido en los últimos años, por las siguientes ventajas:<sup>10</sup>

- Su facilidad de preparación en cualquier lugar.
- Su excelente adherencia a morteros y concretos.
- Sus buenas condiciones de aislamiento térmico y acústico.

---

<sup>10</sup> Nueva Enciclopedia del Encargado de Obras “Materiales de construcción”

- Su posibilidad de refuerzo, en algunos puntos de aplicación de cargas, mediante relleno de las canales coincidentes. Esto permite, incluso, que puedan ser convenientemente armados.

**a) MATERIALES:**

Los Bloques de concreto son hechos de una mezcla de cemento Pórtland y arena de río o arena pómez, más agua limpia y algunas veces otros constituyentes (agregados para inclusión de aire, pigmentos para coloración, impermeabilizantes, etc.) moldeados en formas especiales, vibrados o a presión mecánica sometidos a procesos de curado en cámaras de humectación.<sup>11</sup>

**b) MEDIDAS:**

Los tamaños usados más comunes son:<sup>11</sup>

**Tabla III.**

<b>Ancho</b> cm.	<b>Alto</b> cm.	<b>Largo</b> cm.
10	20	40
15	20	40
20	20	40
14	19	39
19	19	39

---

<sup>11</sup> Norma AGIES NR-4

**c) RESISTENCIA:**

La resistencia de las unidades, medido sobre el área bruta, no debe ser menor que los valores dados en la siguiente tabla: <sup>12</sup>

**Tabla IV.**

<b>Tipo de Edificación</b>	<b>Resistencia Sobre área Bruta kg/cm<sup>2</sup></b>
Viviendas de 1 nivel con techo de lámina	20
Viviendas de 1 nivel con techo de losa con áreas menores de 50 m <sup>2</sup>	25
Viviendas de 1 nivel con techo de losa con áreas mayores de 50 m <sup>2</sup>	35
Viviendas de 2 niveles	50

**Nota:** Los bloques de 9 ó 10 Cm de ancho no podrán usarse para propósitos estructurales, sólo podrán emplearse para tabiques o muros divisorios que no soportan carga vertical ni lateral, excepto su propio peso.

**d) PORCENTAJE DE ABSORCIÓN:**

Es la cantidad máxima de agua que puede absorber un bloque. Se puede indicar en dos formas:<sup>13</sup>

- Absorción Máxima Absoluta
- Absorción Máxima en Porcentaje

---

<sup>12</sup> Norma AGIES NR-4

<sup>13</sup> Norma COGUANOR NGO 41-056, h1

#### **e) NORMAS:**

- COGUANOR NGO 41-008: Agregados o áridos. Especificaciones para los agregados de baja densidad empleados en bloques de hormigón.
- COGUANOR NGO 41-054: Bloques huecos de hormigón para Paredes o Muros, y Tabiques. Especificaciones.
- COGUANOR NGO 41-055: Bloques huecos de hormigón para paredes o muros, y tabiques. Toma de muestras.
- COGUANOR NGO 41-056 H1: Bloques huecos de hormigón para paredes o muros y tabiques. Determinación de las dimensiones, humedad y absorción de agua.
- COGUANOR NGO 41-056 H2: Bloques huecos de hormigón para paredes o muros, y tabiques. Determinación de la resistencia a la Compresión.

## **2.4 ACERO**

Este material se usa en varias formas como: varillas de refuerzo, pernos, clavos, perfiles estructurales, etc. Las barras lisas y corrugadas de acero al carbono son fabricadas por laminación de lingotes, palanquillas y rieles de ferrocarril de sección T, obtenidos por uno de los siguientes procesos: horno de solera abierta, convertidor básico de oxígeno y horno eléctrico.<sup>14</sup>

Los aceros al carbono, son los que contienen, en poca cantidad, y con carácter de impurezas, algunos entes químicos diferentes del Fe (hierro) y del C (carbono).<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Norma COGUANOR NGO 36-011

<sup>15</sup> Propiedades de los Aceros Estructurales

Al aumentar la proporción de carbono, aumenta la dureza y la resistencia de estos aceros; ya que en general cada 0.01% de aumento en el contenido de carbono aumentan el punto de cedencia en cerca de 0.5klb/in<sup>2</sup> (3.45MPa). En los aceros al carbono a diversas temperaturas, se tienen rangos de contenido de carbón que van de 0 al 5%, suponiéndose que hay otros elementos presentes solamente como impurezas, en cantidades despreciables.<sup>16</sup>

#### 2.4.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACERO:<sup>16</sup>

La composición química determina muchas características de los aceros importantes en aplicaciones de construcción. Algunos de los productos químicos presentes en los aceros comerciales son consecuencia del proceso de producción del acero. Otros elementos pueden añadirse a propósito por los productores para alcanzar determinados objetivos. En consecuencia, las especificaciones usualmente exigen a los productores informar la composición química de los aceros. Las variaciones de la composición química para obtener combinaciones específicas de propiedades en un acero, generalmente aumentan su costo.

A continuación se presentan algunos de los elementos que se pueden presentar en el acero:

- **Carbón:** Aumenta resistencia en los aceros al carbono y de baja aleación.
- **Aluminio:** Disminuye la temperatura de transición y aumenta la tenacidad de muesca.
- **Boro:** En pequeñas cantidades aumenta la templabilidad de los aceros.

---

<sup>16</sup> Propiedades de los Aceros Estructurales



- **Cromo:** Mejora la resistencia, la templabilidad, la resistencia a la abrasión y la resistencia a la corrosión atmosférica.
- **Columbio:** En cantidades pequeñas produce aumentos relativamente altos en el punto de cedencia pero aumentos más pequeños en la resistencia a la tensión.
- **Cobre:** En cantidades de hasta aproximadamente 0.35% es muy efectivo para mejorar la resistencia de los aceros al carbono a la corrosión atmosférica.
- **Hidrógeno:** El cual puede ser absorbido durante la producción, lo fragiliza.
- **Manganeso:** Aumenta la resistencia, la templabilidad, el límite de fatiga.
- **Molibdeno:** Aumenta la resistencia de cedencia, resistencia a la abrasión.

#### 2.4.2 PROPIEDADES FISICOMECAÑICAS DEL ACERO:<sup>17</sup>

Las varillas de acero deberán cumplir los requisitos de la norma COGUANOR NGO 36-011 “Barras de Acero; para Hormigón (Concreto) Armado”, cuyos parámetros determinarán la calidad del material; como:

##### a) RESISTENCIA A TENSION:

Las barras de acero de refuerzo para hormigón armado, deberán cumplir con requisitos mínimos de resistencia a la tensión indicados en la tabla 5 , la cual se calcula dividiendo la máxima carga que soporta el espécimen durante la prueba de tensión, entre el área de la sección transversal del espécimen antes de efectuar dicha prueba.

---

<sup>17</sup> Norma COGUANOR NGO 36-011

**b) LÍMITE DE FLUENCIA:**

Las barras de acero de refuerzo para hormigón armado, deberán cumplir con los requisitos mínimos de límite de fluencia indicados en la tabla 5.

**c) ELONGACIÓN:**

Las barras de acero para hormigón armado, deberán cumplir con los porcentajes mínimos de elongación indicados en la tabla 5.

**d) PRUEBA DE DOBLADO:**

Las barras de acero de refuerzo para hormigón armado deberán pasar la prueba de doblado a 180°; es decir, no deberán mostrar fractura en el lado exterior del doblado.

**e) Otros parámetros son importantes, al someter a estudio el acero, como:**

- Dureza Brinell
- Impacto
- Resistencia a la Cedencia
- Reducción de Área
- Adherencia

**Tabla V.<sup>18</sup> Requisitos de Tensión y Elongación de Barras de acero Lisas y Corrugadas Hormigón Armado**

Características		Grado del acero, Sistema Internacional (Sistema Ingles)				
		228 (33)	276 (40)	345 (50)	414 (60)	
		Fabricadas a partir de lingote o palanquilla	Fabricadas a partir de lingote o palanquilla	Fabricadas a partir de riel de ferrocarril de sección T	Fabricadas a partir de lingote o palanquilla	Fabricadas a partir de lingote o palanquilla
Límite de Fluencia, Mínimo	en MPa	228	276	345	414	414
	en PSI	33000	40000	50000	60000	60000
Máxima resistencia a la tensión, valor mínimo	en MPa	379	483	552	621	621
	en PSI	55000	70000	80000	90000	90000
Elongación, en 203mm (8pulgadas), mínimo, en porcentajes para las siguientes designaciones:						
3		20	11	6	9	6
4, 5, 6		20	12	7	9	6
7		20	11	6	8	5
8		20	10	5	8	4.5
9		20	9	5	7	4.5
10		20	8	5	7	4.5
11		20	7	5	7	4.5
14, 18		20	----	----	7	----

### 2.4.3 TIPOS DE BARRAS DE ACERO:

Las barras de acero para hormigón armado se suministran en longitudes de 6, 9 y 12 m; sin embargo, las barras de 6.35 mm (un cuarto de pulgada) podrán ser suministradas en rollos.

<sup>18</sup> Norma COGUANOR NGO 36-011

La resistencia del refuerzo puede ser grado 40, 60 ó 70 (equivalente a 40000, 60000 y 70000 PSI), siendo este último de alta resistencia. El refuerzo grado 33 o comercial no debe usarse para aplicaciones estructurales en vista que no posee ductilidad ni uniformidad. Únicamente para aplicaciones secundarias como aceras, bordillos, etc.<sup>19</sup>

Las varillas de refuerzo grado 40 y/o grado 60 se identifican por números, siendo los más utilizados en el campo de la construcción local de viviendas, las descritas en la tabla No.6:<sup>19</sup>

**Tabla VI. DIAMETRO PARA BARRAS DE ACERO**

<b>Número</b>	<b>Diámetro (pulg.)</b>	<b>Observaciones</b>
2	1/4	Usado para los estribos de soleras, mochetas y cimientos trapezoidales.
3	3/8	Usado para el refuerzo longitudinal de cimientos, soleras, mochetas, y para estribos de vigas y columnas.
4	1/2	Usado para refuerzo longitudinal de vigas, columnas, soleras, mochetas, cimientos y zapatas.

---

<sup>19</sup> Norma AGIES NR-4



### **3. PRISMAS DE MAMPOSTERÍA**

#### **3.1 DEFINICIÓN:**

Los prismas son muestras representativas de la mampostería de un muro, permiten evaluar su comportamiento de esta al ser sometidos a distintas condiciones de carga; para determinar entre otros parámetros, la resistencia  $F'm$  que posee la mampostería.<sup>20</sup>

#### **3.2 ENSAYOS:**

Se pueden llevar a cabo ensayos de resistencia a Compresión siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM E-447 “Métodos de ensayo a esfuerzo de compresión de prismas de mampostería construidos en laboratorio”, a Corte siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM E-519 “Método de Ensayo Estándar para tensión diagonal (corte) en ensamblajes de mampostería”, así como ensayos de Adherencia y Fricción; tomando en cuenta que el desarrollo de resistencia dependerá de muchos factores, incluyendo los materiales y la mano de obra empleada.<sup>20</sup>

#### **3.3 PROPIEDADES DE PRISMAS:**

A la resistencia última a esfuerzos de compresión alcanzada por los prismas de mampostería, se le da el símbolo de  $F'mu$ , para diferenciarlo del esfuerzo a la compresión de la mampostería  $F'm$ .<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Reinforced Masonry Engineering Handbook, Clay and Concrete Masonry

Los prismas son usados particularmente cuando la resistencia específica  $F'_m$  deba ser mayor a los 1500 PSI para mampostería de concreto ó de los 2600 PSI para mampostería de barro cocido, según el “*Reinforced Masonry Engineering Handbook, Clay and Concrete Masonry*”. Es importante así mismo, que antes de la construcción, se tenga un tiempo adecuado que permita preparar prismas, si se llegara a requerir la repetición de ensayos.<sup>21</sup>

### 3.4 MATERIALES:

Tanto las unidades de mampostería, la arena y el cemento utilizados en la estructura, deberán ser empleados en la construcción de los prismas. Así mismo el mortero, el tamaño y tipo de junta, y las condiciones de las unidades, deberán ser en la medida de lo posible, las mismas a utilizarse en la estructura, excepto que ningún tipo de refuerzo debe ser incluido.<sup>21</sup>

### 3.5 DIMENSIONES DEL PRISMA:

Los prismas poseen como mínimo 2 unidades de bloque de altura, pero no menos de 1.3 veces ni mayor de 5 veces el espesor de la estructura en estudio (ver Figura No.1), debiendo aplicar un factor de corrección dependiendo de su relación de esbeltez  $h/d$  al esfuerzo de ruptura del prisma para obtener el esfuerzo real; de acuerdo con la tabla de Factores de Corrección de UBC (ver Tabla No.7).<sup>22</sup>

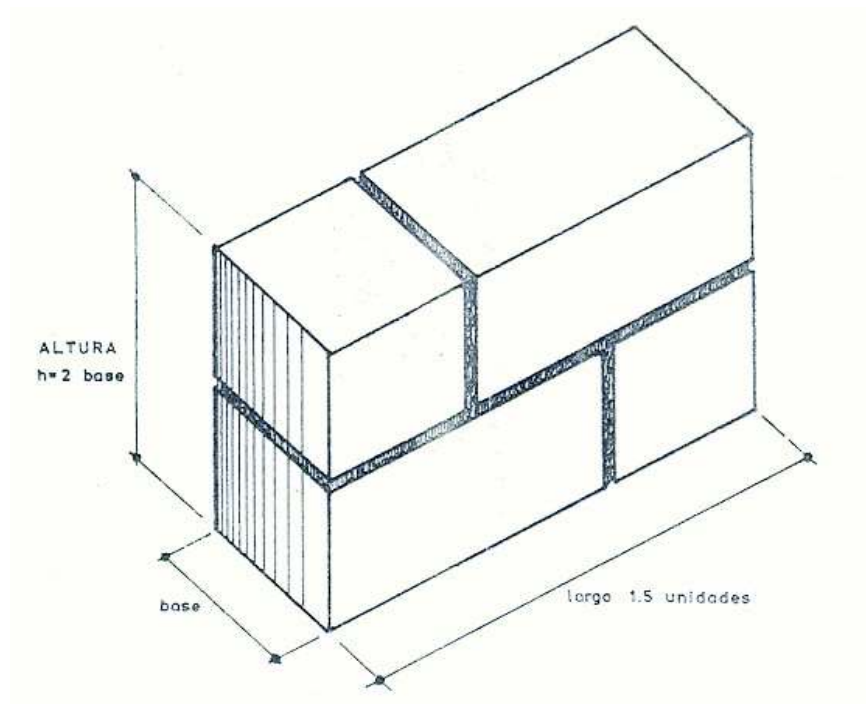
**Tabla VII. Factores de Corrección de UBC**

<b>Relación de Esbeltez <math>h/d</math></b>	<b>1.5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Factor de Corrección</b>	0.86	1.00	1.20	1.30	1.37

<sup>21</sup> Reinforced Masonry Engineering Handbook, Clay and Concrete Masonry

<sup>22</sup> Tesis Guía de laboratorio para las prácticas de Diseño Estructural en Mampostería

**Figura 1. Dimensiones mínimas de Prisma**







## **4. CARACTERIZACIÓN MATERIALES, PRISMAS Y MUROS**

### **4.1 CEMENTO**

Norma Utilizada:

ASTM C-595-03

“Especificaciones de Norma para Cementos Hidráulicos Mezclados”

Alcance de la Norma:

1.1 Esta especificación concierne a cinco clases de cementos hidráulicos mezclados para ambas aplicaciones; generales y especiales, usando escoria o puzolana, o ambas, con cemento Pórtland o Escoria con arcilla.

Nota 1: Esta especificación prescribe ingredientes y proporciones, con algunos requerimientos de desempeño, por cuanto la especificación de desempeño C-1157 es una especificación de Cemento Mezclado en cuyo criterio de desempeño rige solamente en los productos y su aceptación.

1.2 Para las propiedades donde los valores han sido dados en ambas unidades “SI y no-SI”, los valores para el sistema ingles serán respetados como norma. Valores en unidades del SI deberán ser obtenidas por mediciones en unidades del SI o por una conversión apropiada, usando las reglas de conversión y redondeo dadas en la Norma IEEE/ASTM SI 10, de mediciones hechas en otras unidades.

1.3 El texto de esta norma refiere hacia notas y pie de notas las cuales proveen material explicativo. Dichas notas y pie de notas (excluyendo aquellas en tablas y figuras) no son requerimientos de la norma.

**Ficha Técnica del Cemento utilizado en la parte Experimental:**

- CEMCA, S.A.  
Cementos de Centroamérica, S.A.
- Tipo I(PM)  
Cemento Pórtland Modificado con Puzolana
- Cemento Tolteca 4000  
Bolsa de 42.5 kg = .028 m<sup>3</sup>  
ASTM C-595

**Resultados Caracterización:**

- Ver Anexo, Informe No. 17/2005 S. AM, Pag. 1  
Sección de Aglomerantes y Morteros.

## 4.2 MORTERO DE LEVANTADO

Norma Utilizada:

ASTM C270-03b

“Especificaciones de Norma para Morteros de unidades de Mampostería”

Alcance de la Norma:

- 1.1 Esta especificación cubre morteros para el uso en construcciones de unidades no reforzadas y reforzadas en estructuras de mampostería. Cuatro tipos de morteros se cubren en cada una de las dos especificaciones alternativas: (1) Especificación por Proporción y (2) Especificación por Propiedades.
- 1.2 La Proporción o Propiedad deben regirse como se especifica en la norma.
- 1.3 Cuando ninguna especificación de proporción o propiedad sean detallados, la especificación por proporción deberá regir, a menos que datos sean presentados y aceptados por el especificador para mostrar que los morteros cumplen con los requerimientos de propiedades especificados.
- 1.4 El texto de esta norma hace referencia a notas y pie de notas que proveen material explicativo. Dichas notas y pie de notas (excluyendo aquellas en tablas y figuras) no deben ser consideradas como requerimientos de la norma.

1.5 Los términos usados en esta norma están identificados en la norma C-1180.

**Ficha Técnica del Mortero utilizado en la parte Experimental:**

- Mixto Listo, S.A.
- Tipo M = (175 kg /cm<sup>2</sup>)  
Levantado especial o Sabieta
- Mezcla para Levantado  
Bolsa de 30 kg = 66 Libras

**Resultados Caracterización:**

- Ver Anexo, Informe No. 17/2005 S. AM, Pag. 2  
Sección de Aglomerantes y Morteros.

### 4.3 UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

Norma Utilizada:

COGUANOR NGO 41-056, hi y h2

“Bloques Huecos de Hormigón para Paredes o Muros, y Tabiques”

H1: Determinación de las Dimensiones, humedad Absorción de Agua.

H2: Determinación de la Resistencia a Compresión.

Referida por norma COGUANOR NGO 41-054

Alcance de la Norma:

**H1:** Esta norma tiene por objeto establecer los métodos de ensayo para determinar las dimensiones, la humedad y la absorción de agua en los bloques huecos de hormigón para paredes o muros, y tabiques.

**H2:** Esta norma tiene por objeto establecer el método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión, en los bloques huecos de hormigón para paredes o muros, y tabiques.

**Ficha Técnica de Unidad de Mampostería utilizada en parte Experimental:**

- Grupo Forte, S.A.
- Unidad de 20 cm.\* 20 cm \* 40 cm
- Unidad de 25 kg/cm<sup>2</sup>

**Resultados Caracterización:**

- Ver Anexo, Informe No. 17/2005 S. AM, Pag. 3  
Sección de Aglomerantes y Morteros

#### **4.4 BARRAS DE ACERO**

Norma Utilizada:

COGUANOR NGO 36-011

“Barras de Acero; para Hormigón (Concreto) Armado”

Alcance de la Norma:

Esta norma tiene por objeto establecer las especificaciones para las barras de acero empleadas como refuerzo en el hormigón armado (Concreto).

#### **Ficha Técnica de la Barra de Acero utilizada en la parte Experimental:**

- INDETA, S.A.
- No. 3 = 3/8 de pulgada.
- Grado 40 = 40,000 PSI
- Barras Corrugadas en X
- Presentación en Barras de 6 m de longitud.

#### **Resultados de Caracterización:**

- Ver Anexo, Informe No. 306-M  
Sección de Metales.

## 4.5 PRISMAS PARA EL ENSAYO A COMPRESIÓN

Norma Utilizada:

ASTM E-447-84

“Métodos de Ensayo a Esfuerzo de Compresión de Prismas de Mampostería construidos en Laboratorio”

Alcance de la Norma:

- 1.1 Estos métodos de prueba cubren dos ensayos de compresión de prismas de mampostería.
  - 1.1.1 **Método A:** Para determinar datos comparativos en la resistencia a compresión de construcciones de mampostería en laboratorio con cualquier unidad diferente a mampostería, morteros, o ambos.
  - 1.1.2 **Método B:** Para determinar la resistencia a compresión de estructuras de mampostería en el sitio de trabajo con el mismo material y ejecución a utilizarse, o utilizado en una estructura particular.
- 1.2 El ensayo de probetas para ambos métodos de ensayo son pequeños prismas a compresión: la influencia de la relación de esbeltez se toma en cuenta ya sea por proporciones de las probetas fabricadas o por la aplicación de un factor de corrección.
- 1.3 Los valores expresados en las unidades SI deben ser consideradas como principales unidades de la norma.



### **Materiales utilizados en la parte Experimental:**

- Block de 20-20-40 cm  
Resistencia 25 kg/cm<sup>2</sup>  
GRUPO FORTE, S.A.
- Mortero de Levantado  
Tipo M (175 kg/cm<sup>2</sup>)  
MIXTO LISTO, S.A.

### **Resultados de Ensayos:**

- Ver página 39; Subtítulo 5.1

## 4.6 PRISMAS PARA LOS ENSAYOS A CORTE

Norma Utilizada:

ASTM E-519-02

“Método de Ensayo Estándar para Tensión Diagonal (Corte) en Mampostería”

Alcance de la Norma:

- 1.1 Este método de prueba cubre la determinación de la tensión diagonal o fuerza cortante de ensamblajes de mampostería de 1.2 por 1.2 m. (4 por 4 pies) a compresión a lo largo de una diagonal, con lo cual se causa una falla de tensión diagonal, dividiéndose la probeta paralelamente a la dirección de la carga.
- 1.2 El anexo “A1” proporciona requerimientos con respecto a la determinación de la fuerza de tensión diagonal de mampostería bajo la combinación de la tensión diagonal y carga compresiva.
- 1.3 Los valores expresados en las unidades SI deben ser consideradas como norma. Los valores dados en paréntesis son proveídos solamente para información.

**Materiales utilizados en la parte Experimental:**

- Block de 20-20-40 cm  
Resistencia 25 kg/cm<sup>2</sup>  
GRUPO FORTE, S.A.
- Mortero de Levantado  
Tipo M (175 kg/cm<sup>2</sup>)  
MIXTO LISTO, S.A.

**Resultados de Ensayos:**

- Ver página 42; Subtítulo 5.2

## 4.7 PRISMAS PARA LOS ENSAYOS DE ADHERENCIA

### Método Utilizado:

Método de ensayo de Prismas a Esfuerzos de Adherencia y Fricción descrito en la tesis “Guía de Laboratorio para las Practicas de Diseño Estructural en Mampostería” del Ing. Juan Nitsch Pineda; y la tesis “Estudio de los Parámetros de Adherencia y Fricción Bloque de Concreto Mortero” del Ing. Juan Roberto Catalán López; ambas asesoradas por el Ing. Juan Rubio.

### Metodología:

- 1.1 Estudia la acción de una fuerza horizontal en un muro ocasionada normalmente por el viento o sismo, a la cual se contrapone una fuerza resistente o fuerzas de Cortante; originadas por la adherencia y fricción existente entre el mortero y la unidad de mampostería.
- 1.2 Este método busca calcular los parámetros básicos de la Fricción y Adherencia, utilizando la teoría de mínimos cuadrados. La probeta utilizada esta compuesta por dos unidades enteras y dos mitades con una separación de 6 cm en el medio, como se describe en la Tesis del Ing. Juan Catalán.
- 1.3 Los prismas es sometida a cargas axiales de confinamiento y cargas laterales, como se describe en la Figura no. 7.

**Materiales utilizados en la parte Experimental:**

- Block de 20-20-40 cm  
Resistencia 25 kg/cm<sup>2</sup>  
GRUPO FORTE, S.A.
- Mortero de Levantado  
Tipo M (175 kg/cm<sup>2</sup>)  
MIXTO LISTO, S.A.

**Resultados de Ensayos:**

- Ver página 45; Subtítulo 5.3

## 4.8 MUROS DE MAMPOSTERÍA

Norma Utilizada:

AGIES NR-4

“Requisitos Especiales para Vivienda y Otras Construcciones Menores”

Alcances de la Norma:

1.1 Esta norma intenta dar lineamientos mínimos para obras dedicadas al uso de vivienda de dos tipos:

- (a) Vivienda de interés social, normalmente de 1 nivel y con áreas de construcción no mayores de 50 metros cuadrados. Las especificaciones se dan como lineamientos que puedan ser aplicadas por autoconstructores, albañiles, maestros de obra y técnicos de construcción. Se cubren aspectos de escogencia del sitio, tipología, materiales de construcción, cimentación, paredes y techos.
- (b) Vivienda de tamaño mediano, las cuales poseen áreas de construcción entre 50 y 100 metros cuadrados por nivel, pueden ser de 1 ó 2 niveles. Dicho tamaño conlleva tipologías un poco más complejas o elaboradas, por lo que podrían requerir de la intervención de un profesional de arquitectura y/o ingeniería. La intervención profesional podría ser con un cálculo rápido o bien con un diseño detallado. Algunos de los lineamientos del tipo (a) se aplican también a este renglón. Otras normas de AGIES pueden ser necesarias observar.

1.2 Estructuras de mayor tamaño, tanto en área como en número de niveles, dedicada a edificaciones de apartamentos, hoteles, albergues, etc. se consideran estructuras que deben sujetarse a lo que indican otras normas de AGIES. Aunque algunos de los requisitos aquí indicados se puedan aplicar sin dificultad.

**Materiales utilizados en la parte Experimental:**

- Block de 20-20-40 cm  
Resistencia 25 kg/cm<sup>2</sup>  
GRUPO FORTE, S.A.
- Mortero de Levantado  
Tipo M (175 kg/cm<sup>2</sup>)  
MIXTO LISTO, S.A.
- Hierro 3/8" Corrugado  
Hierro 1/4" Liso  
Grado 40  
INDETA, S.A.
- Cemento Tolteca  
4000 PSI  
CEMCA, S.A.

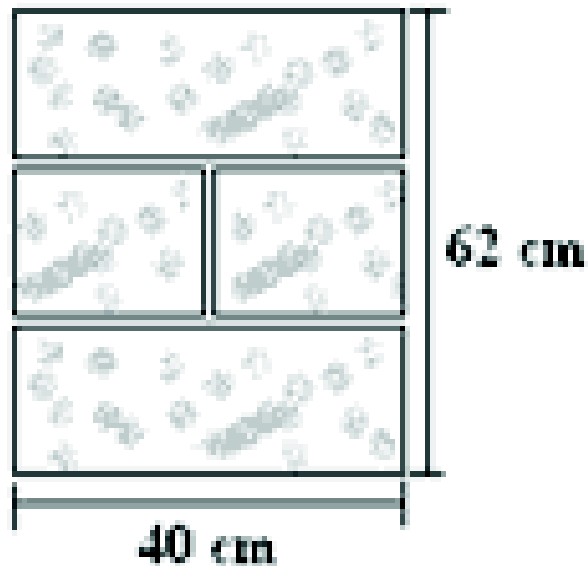
**Resultados de Ensayos:**

- Compresión: ver página 52, Subtítulo 5.4  
Corte: ver página 54, Subtítulo 5.5

## 5. RESULTADOS DE ENSAYOS DE PRISMAS Y MUROS DE MAMPOSTERÍA

### 5.1 PRISMAS A COMPRESIÓN:

Figura 2.

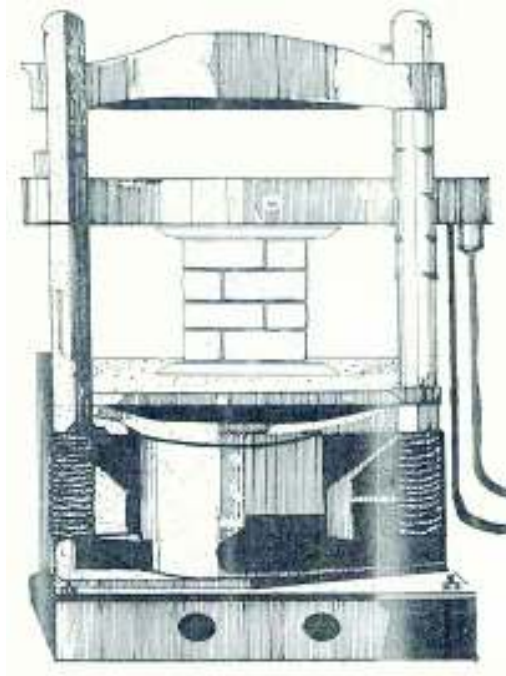


#### Procedimiento de ensayo:

Se coloca el prisma de manera de aplicarle una carga distribuida verticalmente, con apoyos que permiten mantenerlo adecuadamente nivelado, como se observa en la Figura No.3. La carga se aplica gradualmente hasta observar la primera falla y el valor de carga en que ocurre colapso. Los prismas se ensayaron a 3, 7, 28 y 56 días de edad.



**Figura 3. Esquema de Aplicación de Carga del Ensayo a Compresión**



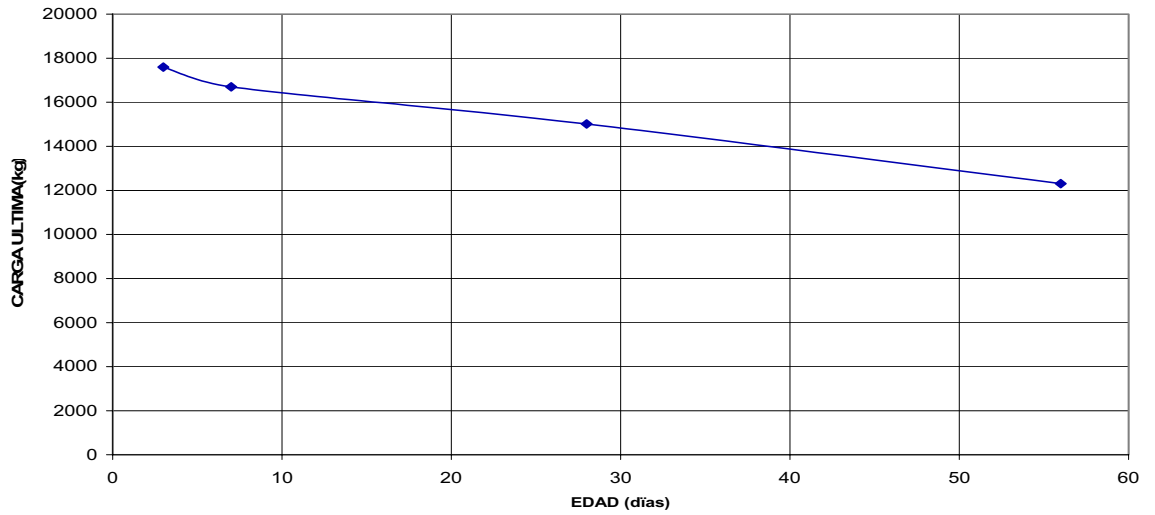
- A continuación se presentan valores promedio obtenidos de ensayos:

**Tabla VIII. Resultados Ensayo de Compresión**

<b>EDAD (días)</b>	<b>Carga Ultima (Kg)*</b>	<b>Esfuerzo Ultimo (Kg/cm2) (Área Bruta)</b>	<b>Esfuerzo Ultimo (Kg/cm2) (Área Neta)</b>	<b>Modulo de Elasticidad (Kg/cm2)</b>
3	17600.0	22.0	45.9	16500.0
7	16700.0	20.9	43.5	15660.0
28	15010.0	18.8	39.1	14070.0
56	12308.0	15.4	32.1	11542.5

Conversión: 1kgf --- 1 N = multiplicar factor de 9.81  
 1kg/cm2 --- 1 MPa = multiplicar factor de 0.0981

**\* GRAFICA NO. 1  
ENSAYO PRISMAS A COMPRESIÓN**



**FORMULAS UTILIZADAS:<sup>23</sup>**

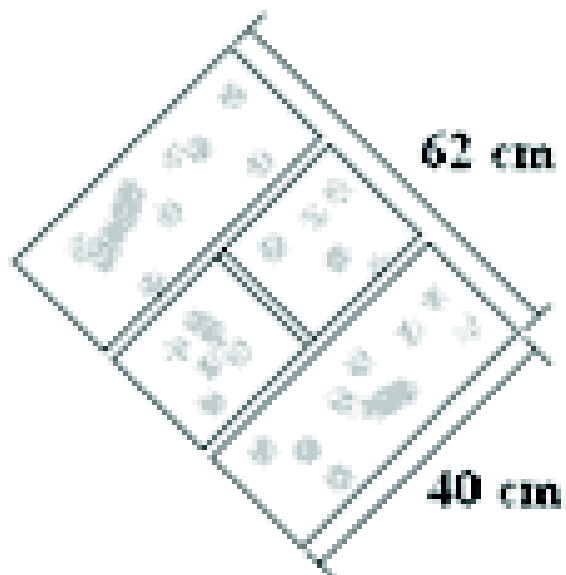
**Esfuerzo Último:**  $f'm = \frac{C.U.}{Área_B}$  ;  $f'm = \frac{C.U.}{Área_N}$  ;

**Modulo Elasticidad:**  $E_m = 750 \times f'm$

<sup>23</sup> Uniform building Code (UBC), edition 1994

## 5.2 PRISMAS A CORTE:

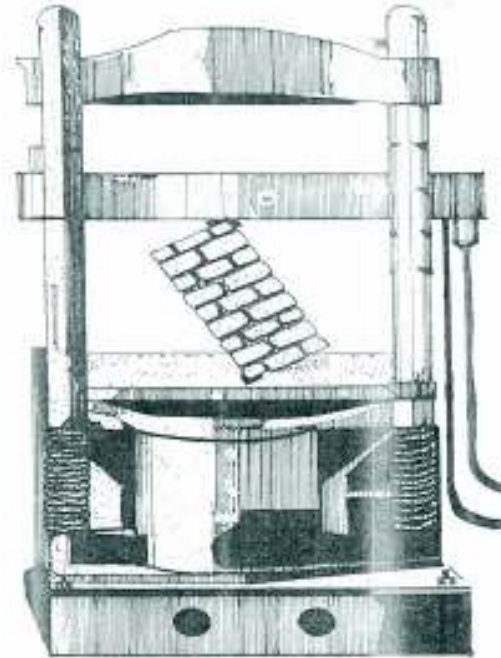
Figura 4.



Procedimiento de ensayo:

Se coloca el prisma en el marco de carga de manera que esquinas opuestas se encuentren alineadas respecto a la vertical, como se observa en la Figura No. 5. La carga se aplica gradualmente hasta observar el tipo de falla y el valor de carga última en la que ocurre colapso. Los prismas se ensayaron a 3, 7, 28 y 56 días de edad.

**Figura 5. Esquema de Aplicación de Carga del Ensayo a Corte**



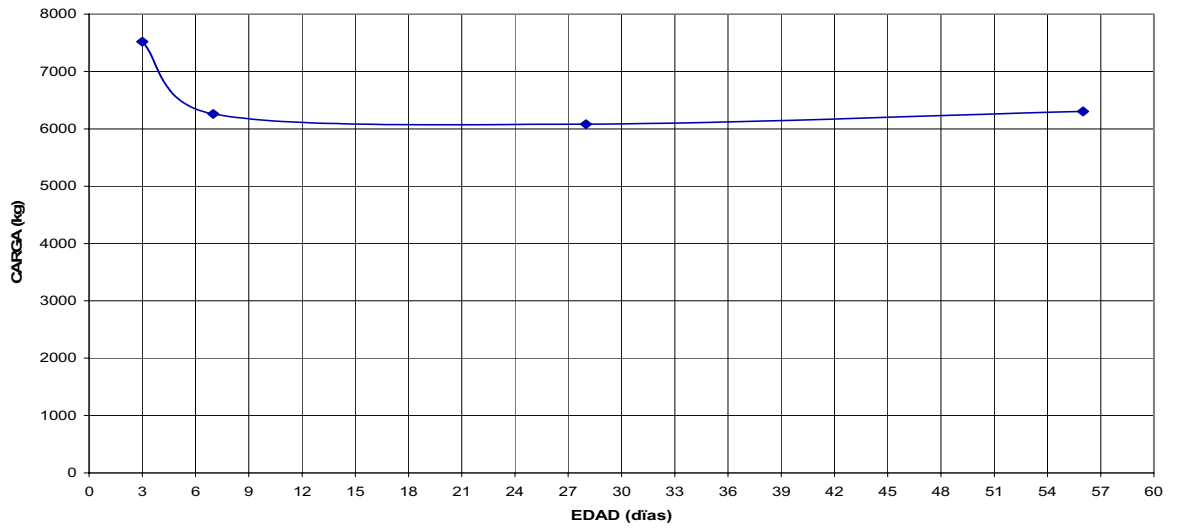
- A continuación se presentan valores promedio obtenidos de ensayos:

**Tabla IX. Resultados Ensayo de Corte**

<b>EDAD (días)</b>	<b>Carga Ultima (kg)*</b>	<b>Esfuerzo de Corte (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Modulo de Elasticidad al Cortante (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
3	7520.0	6.26	6600.0
7	6260.0	5.22	6264.0
28	6080.0	5.07	5628.0
56	6302.6	5.25	4617.0

Conversión: 1kgf --- 1 N = multiplicar factor de 9.81  
 1kg/cm<sup>2</sup> --- 1 MPa = multiplicar factor de 0.0981

**\* GRAFICA No. 2  
ENSAYO PRISMAS A CORTE**



**FORMULAS UTILIZADAS:**<sup>24</sup>

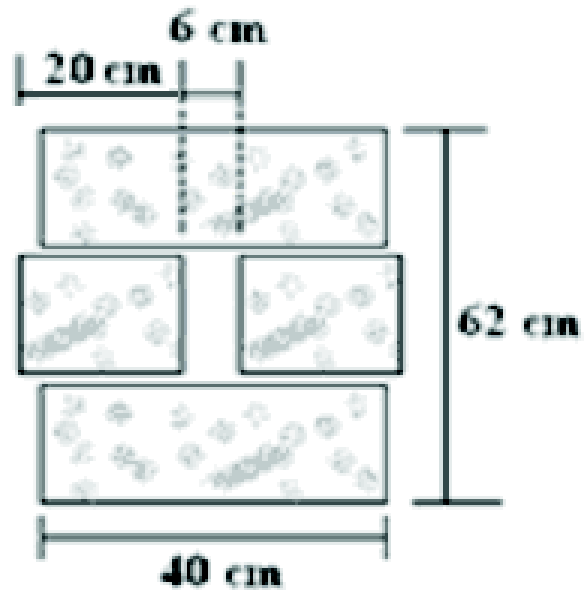
**Modulo Elasticidad al Cortante =**  $E_C = 0.4 \times E_m$

---

<sup>24</sup> Uniform building Code (UBC), edition 1994

### 5.3 PRISMAS DE ADHERENCIA Y FRICCIÓN:

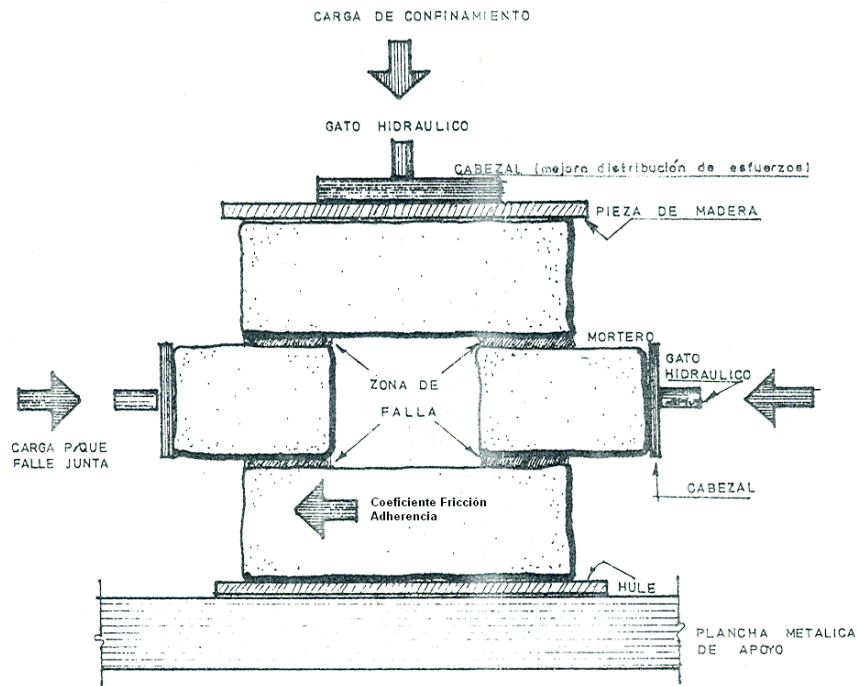
Figura 6.



#### Procedimiento de ensayo:

Se coloca el prisma dentro de un marco que permita una adecuada aplicación de cargas laterales y de confinamiento; como se muestra en la Figura No. 7. La aplicación de carga de confinamiento  $P_{Conf}$  se aumenta a partir de la obtención de la falla por adherencia, luego se repite el proceso hasta que se pierda la capacidad de confinamiento (colapso). Los prismas se ensayaron a 3, 7, 28 y 56 días de edad.

**Figura 7. Esquema de Aplicación de Carga del Ensayo de Adherencia y Fricción**



- Los coeficientes de Fricción de prismas son lo siguientes:

**Tabla X. COEFICIENTES DE FRICCION**

EDAD (días)	No. De Muestra					Promedio Resultados
	1	2	3	4	5	
3	-----	0.62	0.56	0.61	0.52	0.58
7	0.66	-----	0.61	0.59	0.70	0.64
28	0.40	0.44	-----	0.61	-----	0.42
56	0.52	0.60	0.63	-----	0.62	0.59

- La fuerza de adherencia de los prismas son las siguientes:

**Tabla XI. FUERZA DE ADHERENCIA (Kg)**

EDAD (días)	No. De Muestra					Promedio Resultados
	1	2	3	4	5	
<b>3</b>	-----	1404.98	1498.64	1404.98	1685.97	1498.6
<b>7</b>	1779.64	1592.31	1592.31	1404.98	1774.64	1628.8
<b>28</b>	1779.64	2060.63	2060.63	2341.63	2247.96	2098.1
<b>56</b>	1873.30	2154.30	1873.30	2622.62	2435.29	2191.8

Conversión: 1kgf – 1 N = multiplicar factor de 9.81

- Los esfuerzos de adherencia de los prismas son los siguientes:

**Tabla XII. ESFUERZO DE ADHERENCIA (Kg/cm2)**

EDAD (días)	No. De Muestra					Promedio Resultados
	1	2	3	4	5	
<b>3</b>	-----	12.91	13.77	12.91	15.50	13.77
<b>7</b>	16.36	14.64	14.64	12.91	16.31	14.97
<b>28</b>	16.36	18.94	18.94	21.52	20.66	19.28
<b>56</b>	17.22	19.80	17.22	24.10	22.38	20.14

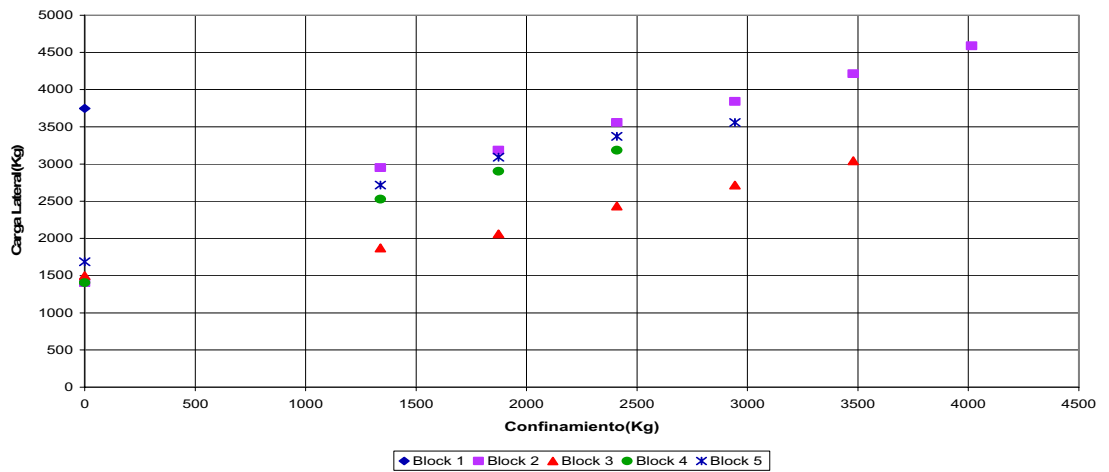
Conversión: 1kg/cm2 --- 1 MPa = multiplicar factor de 0.0981

Nota: El área de contacto entre el mortero y el block para obtener el esfuerzo de adherencia es de 108.8cm<sup>2</sup>.

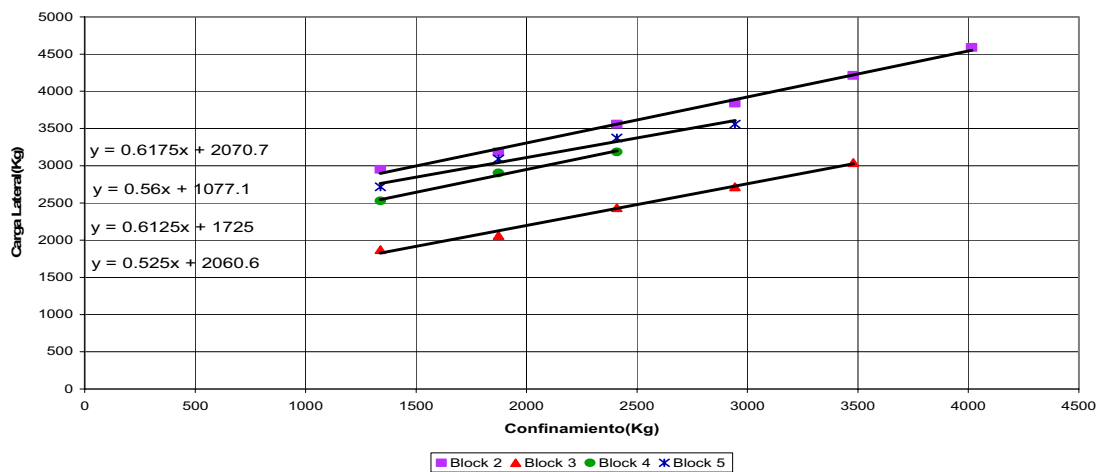
Nota: Solo fueron tabulados los datos que se consideraron como representativos de los ensayos.



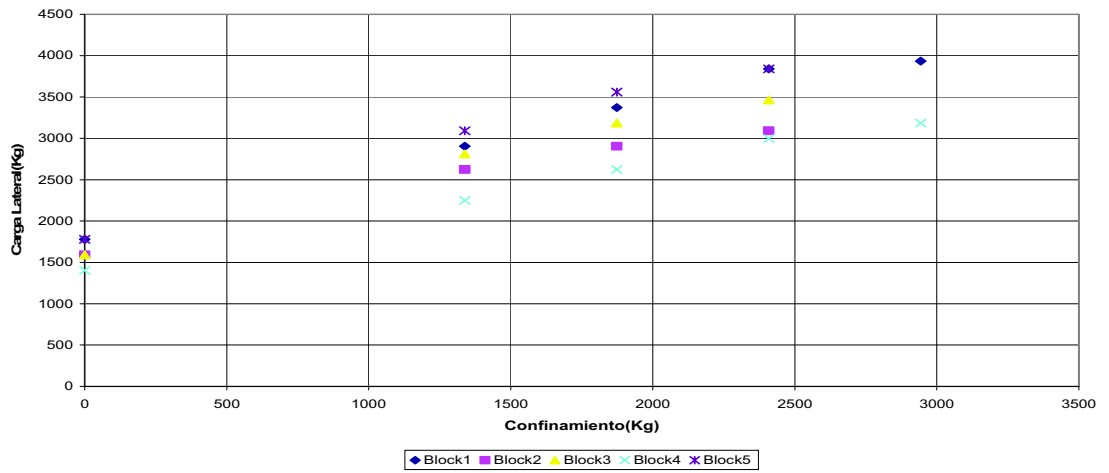
**GRÁFICA No. 3  
ADHERENCIA A 3 DÍAS  
ENSAYO PRISMAS ADHERENCIA Y FRICCIÓN**



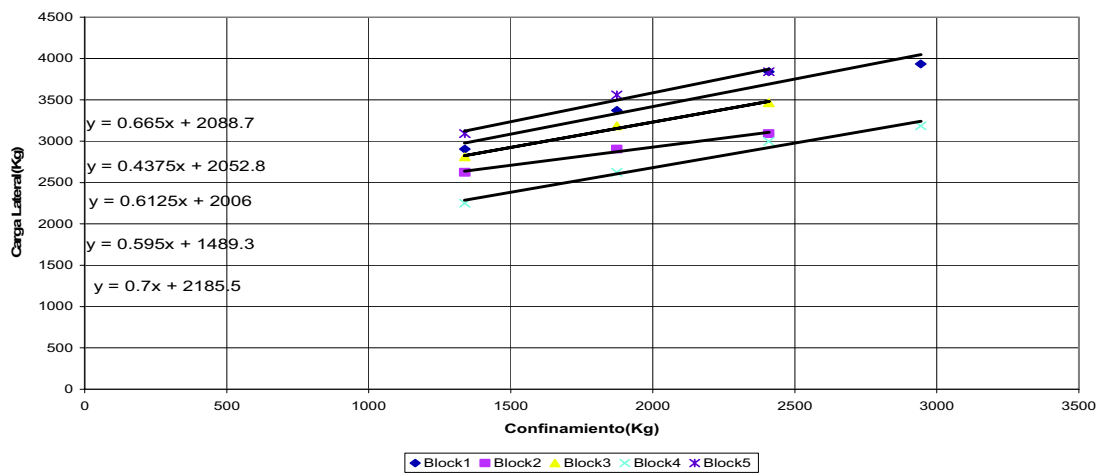
**GRÁFICA No. 4  
FRICCIÓN A 3 DÍAS  
ENSAYO PRISMAS ADHERENCIA Y FRICCIÓN**



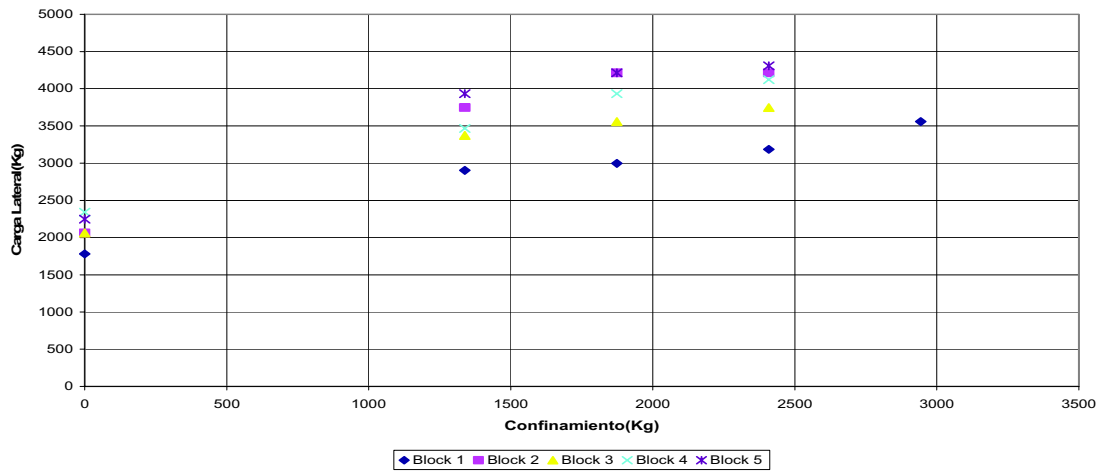
**GRÁFICA No. 5  
ADHERENCIA A 7 DÍAS  
ENSAYO PRISMAS ADHERENCIA Y FRICCIÓN**



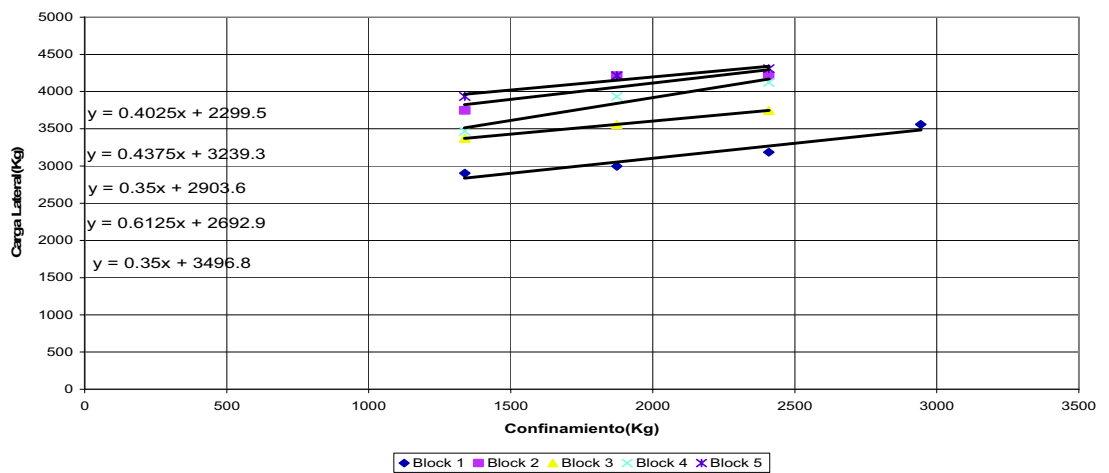
**GRÁFICA No. 6  
FRICCIÓN A 7 DÍAS  
ENSAYO PRISMAS ADHERENCIA Y FRICCIÓN**



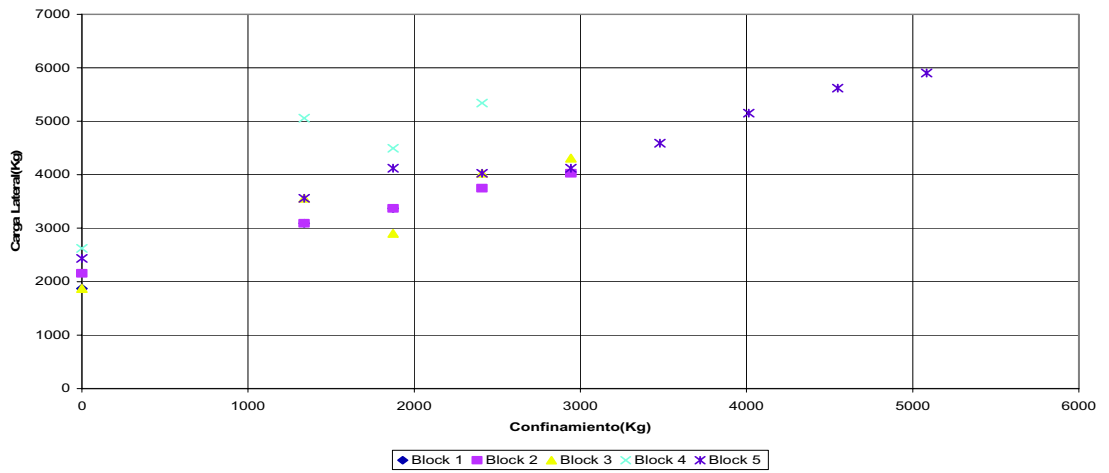
**GRÁFICA No. 7  
ADHERENCIA A 28 DÍAS  
ENSAYO PRISMAS ADHERENCIA Y FRICCIÓN**



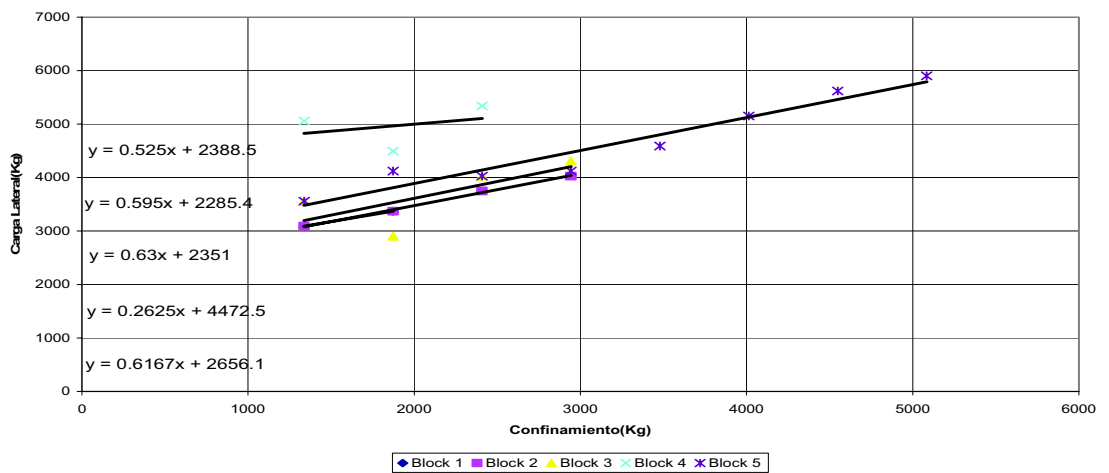
**GRÁFICA No. 8  
FRICCIÓN A 28 DÍAS  
ENSAYO PRISMAS ADHERENCIA Y FRICCIÓN**



**GRÁFICA No. 9  
ADHERENCIA A 56 DÍAS  
ENSAYO PRISMAS ADHERENCIA Y FRICCIÓN**

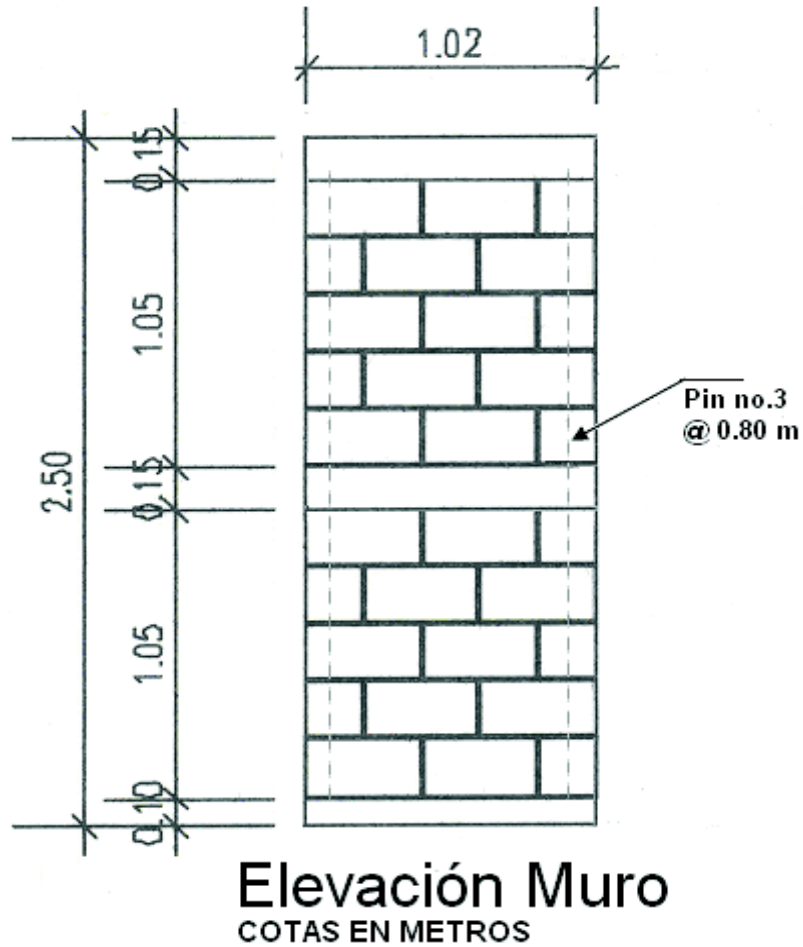


**GRÁFICA No. 10  
FRICCIÓN A 56 DÍAS  
ENSAYO PRISMAS ADHERENCIA Y FRICCIÓN**

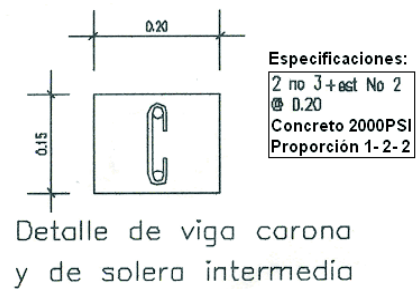
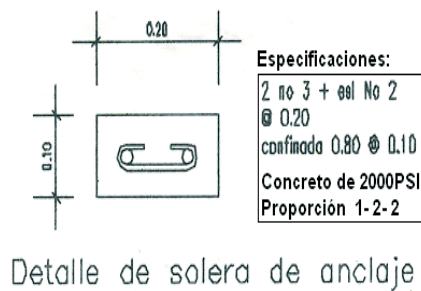


## 5.4 MURO DE COMPRESIÓN A ESCALA NATURAL

### 5.4.1 DETALLE MURO:



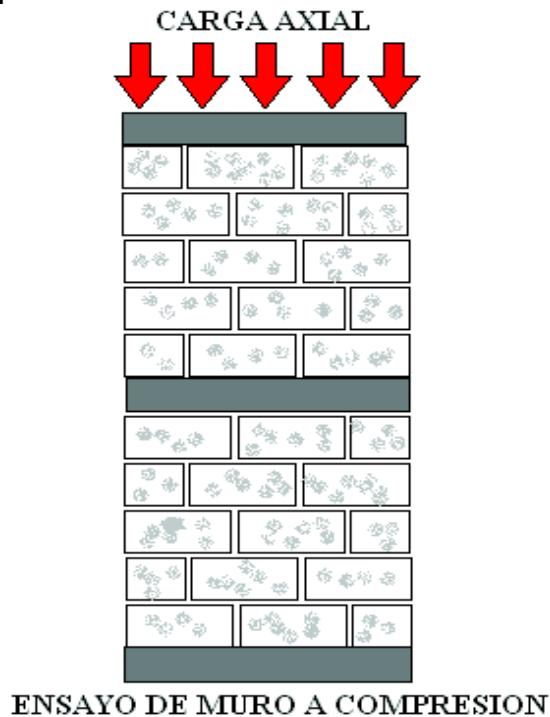
### 5.4.2 DETALLE DE SOLERAS:



### Procedimiento de ensayo:

Se coloca el muro en el marco de carga, de manera que los apoyos permitan que se le aplique una carga axial vertical uniformemente distribuida. La carga se aplica gradualmente hasta observar falla y llegar a la carga última de colapso. El muro fue ensayado a 28 días.

**Figura 8. Esquema de Aplicación de Carga del Ensayo de Muro a Compresión**



**Tabla XIII. Resultados de Muro a Compresión**

Carga a la Falla (Kg)	Carga al Colapso (Kg)	Esfuerzo Compresión F'm (kg/cm <sup>2</sup> )
45701.36	54298.64	22.85

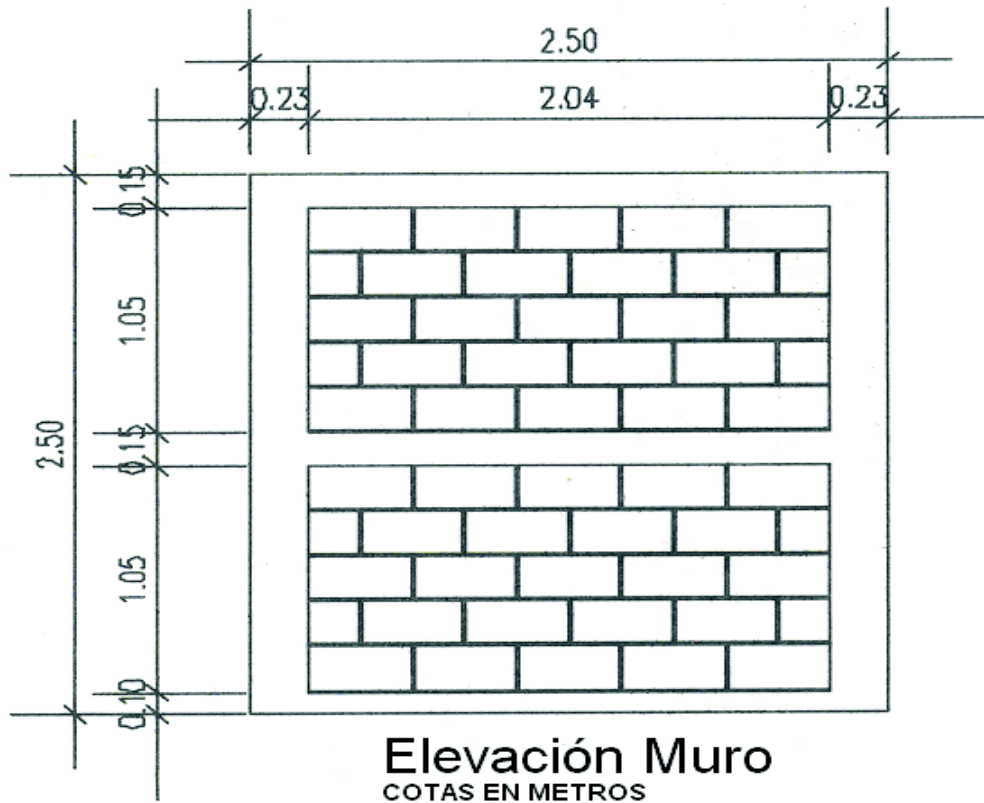
Conversión: 1kgf – 1 N = multiplicar factor de 9.81

1kg/cm<sup>2</sup> -- 1 MPa = multiplicar factor de 0.0981

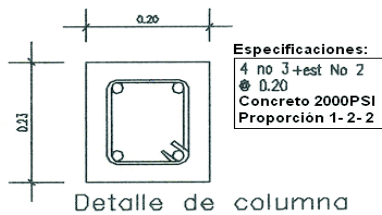
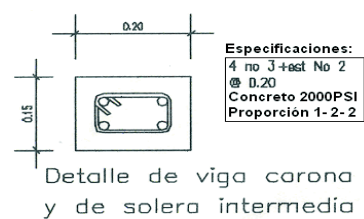
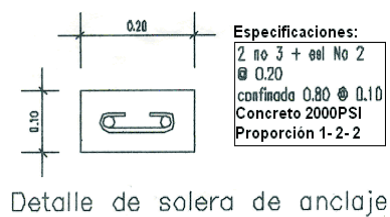
**Nota:** El área transversal del muro a compresión en donde se le aplicó la carga es de 2000 centímetros cuadrados.

## 5.5 MURO DE CORTE A ESCALA NATURAL

### 5.5.1 DETALLE MURO:



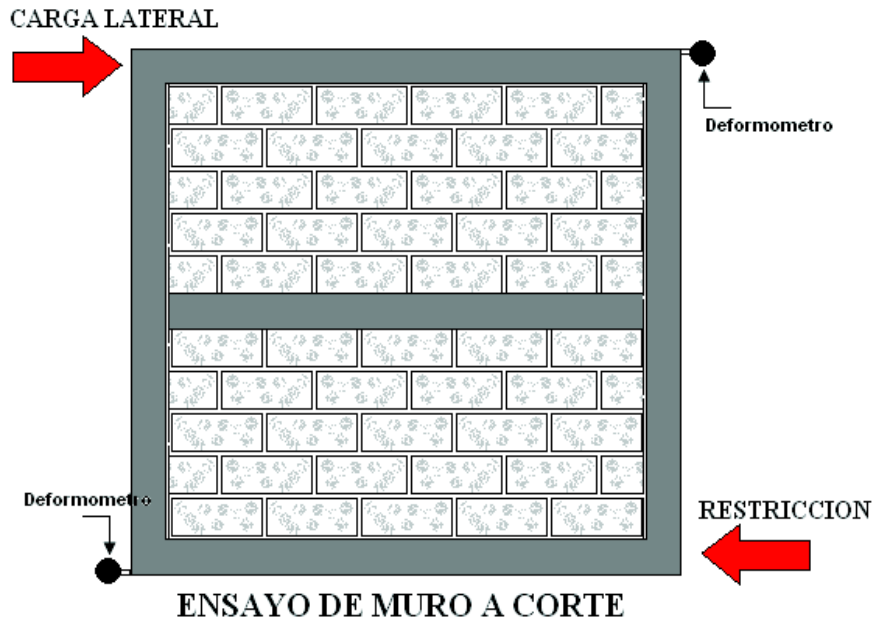
### 5.5.2 DETALLE DE SOLERAS Y COLUMNAS:



**Procedimiento de ensayo:**

Se coloca el muro en un sistema que permite aplicarle carga lateral en la esquina superior izquierda y condiciones de restricción en la esquina diagonalmente opuesta. La carga se aplica gradualmente y se toman lecturas de sus deformaciones por medio de deformómetros hasta observar falla; como se muestra en la figura No. 9. El muro fue ensayado a 28 días.

**Figura 9. Esquema de Aplicación de Carga del Ensayo Muro a Corte**



**Tabla XIV. Resultados de Muro a Corte**

Carga a la Falla (Kg)	Esfuerzo de Corte a la falla (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga de Trabajo a Corte (Kg)	Esfuerzo de Corte de Trabajo (kg/cm <sup>2</sup> )
18535.4	3.71	4000	0.80

Conversión: 1kgf – 1 N = multiplicar factor de 9.81  
 1kg/cm<sup>2</sup> -- 1 MPa = multiplicar factor de 0.0981

**Nota:** El área transversal del muro a compresión en donde se le aplicó la carga es de 5000 centímetros cuadrados.



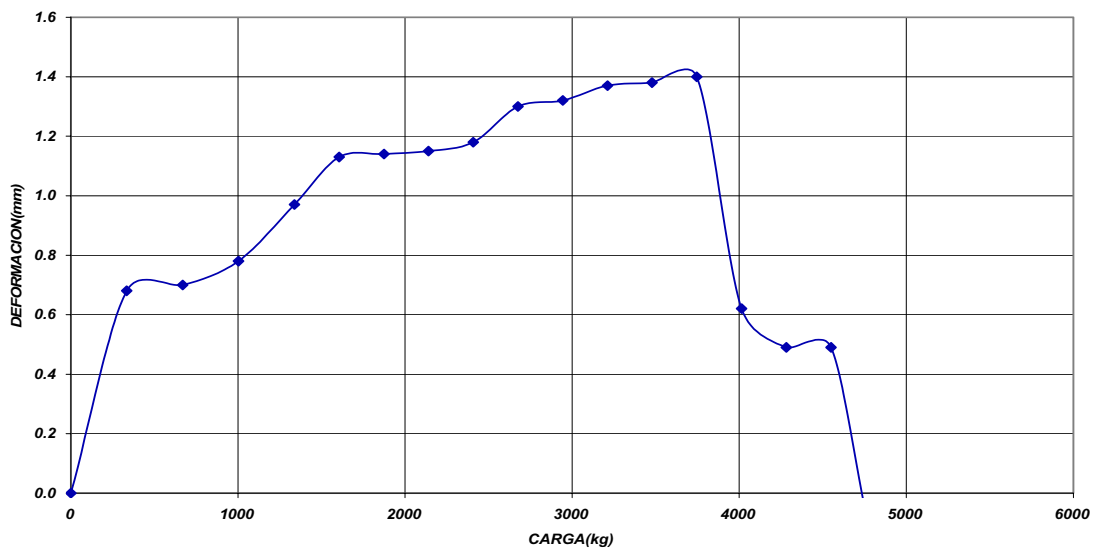
- Resultados de desplazamientos vrs carga lateral:

**Tabla XV. Resultados de Desplazamientos vrs Carga Lateral**

Carga kg	Desplazamiento (mm)	Carga kg	Desplazamiento (mm)
0.000	0.00	3211.2	1.37
334.5	0.68	3478.8	1.38
669.0	0.70	3746.4	1.40
1003.5	0.78	4014.0	0.62
1338.0	0.97	4281.6	0.49
1605.6	1.13	4549.2	0.49
1873.2	1.14	4816.8	-0.20
2140.8	1.15	5084.4	-0.41
2408.4	1.18	5352.0	-0.47
2676.0	1.30	5619.6	-0.62
2943.6	1.32	5887.2	-0.75

Conversión = 1kgf – 1 N = multiplicar factor de 9.81

**GRAFICA NO. 11  
ENSAYO MURO DE CORTE  
CARGA VRS. DEFORMACION**



## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### PRISMAS Y MUROS

#### 6.1 PRISMAS:

- El valor de carga última de los prismas a compresión disminuyó a mayor edad, como se puede observar en la Gráfica No. 1. En la disminución del valor de resistencia pudieron haber incidido, las condiciones climáticas a las que estuvieron expuestos los prismas durante el curado, la razón de aplicación de carga al momento de ensayarlos o bien la relación de resistencia entre el mortero y la unidad de mampostería.
- En los prismas a corte se presentó el mismo fenómeno en cuanto a la disminución del promedio de carga última entre edades de ensayo, aunque en menor escala como se puede apreciar en la Gráfica No. 2, ya que después de los 3 días estas se mantuvieron más o menos constantes. Las razones para este comportamiento se suponen las mismas expuestas para los ensayos a compresión.
- Contrario al comportamiento observado en los prismas a corte y compresión; los prismas de adherencia y fricción sí tuvieron un aumento en los esfuerzos de adherencia conforme el aumento de edad según se ve en la Tabla No.12.
- Se observó al comparar las Tablas No.8 y No.12; que los promedios de esfuerzos de adherencia, son bastantes similares a los promedios de esfuerzos de compresión f'm.

## 6.2 MUROS:

- El desempeño y tipo de falla del muro a compresión se consideró normal, ya que en éste, la mampostería trabajó más que los elementos de confinamiento, no así en el muro de corte, ya que se observó que debido al armado tanto vertical (columnas) como horizontal (soleras), este no trabajó como un muro de mampostería reforzada, sino trabajó más como un marco estructural; y debido a estas condiciones, este no sufrió colapso
- La carga de falla del muro de compresión a escala natural fue de 45701.36 kg , con lo que se obtuvo un  $f'm$  de 22.85 kg/cm<sup>2</sup>. Se observó que trabajó como un sistema de mampostería reforzada.
- La carga de falla del muro de corte a escala natural fue de 18535.40 kg con lo que se obtuvo un esfuerzo de corte de 3.71 kg/cm<sup>2</sup>; el tipo de falla observado fue típico -tensión diagonal en las juntas-.

## CONCLUSIONES

- Los materiales utilizados para el levantado de los muros y los prismas de mampostería cumplieron con los requerimientos de las normas aplicables.
- El cemento Tolteca 4000PSI utilizado, cumplió con los requerimientos de la norma ASTM C-595-03.
- En el mortero premezclado, se observó que su uso en la práctica, redundó en un ahorro de materiales -agregados, cemento-, como en el tiempo de preparación de la mezcla, lo que sugiere un beneficio en una jornada de trabajo.
- El bloque de concreto de Grupo Forte, cumplió con los requerimientos de la norma COGUANOR NGO 41-056, h1 y h2.
- El acero de refuerzo No. 3 G40 de INDETA, cumplió con los requerimientos de resistencia a la tensión, doblado a 180°, según la norma COGUANOR NGO 36-011.
- El fím alcanzado por los prismas a compresión a 28 días fue de 18.80 kg/cm<sup>2</sup> (Área bruta) y de 39.10 kg/cm<sup>2</sup> (Área Neta); pudiéndose observar el tipo de falla típico.

- El valor de esfuerzo alcanzado por los prismas a corte a 28 días fue de 5.07 kg/cm<sup>2</sup>; observándose en los ensayos el tipo de falla típico (tensión diagonal en las juntas).
- El valor más alto de esfuerzo de adherencia alcanzado por los prismas de adherencia y fricción fue de 20.14 kg/cm<sup>2</sup> a los 56 días.
- Se propone un cambio en el mortero de levantado, ya que el promedio de esfuerzo de adherencia sugerido es de un 30% más que el  $f'_m$  de los prismas a compresión.
- Se concluyó que la mampostería del muro a corte a escala natural trabajó hasta los 4000 kg de carga como se puede observar en la Gráfica No.11 con lo que se obtuvo un esfuerzo de corte de 0.80 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.
- La correlación de resistencia a los 28 días que se estableció entre el muro y los prismas ensayados a compresión, consideró que el esfuerzo  $f'_m$  del prisma corresponde a un 70% del esfuerzo  $f'_m$  del muro a escala natural, al aplicar el factor de corrección por esbeltez del UBC (0.86 por  $h/d=1.5$ ) al esfuerzo de ruptura de los prismas.
- Debido a que en el muro de corte a escala natural, los elementos de confinamiento trabajaron más que la mampostería, no fue posible establecer una correlación óptima de resistencia entre el muro y los prismas ensayados a corte, ya que los resultados sugieren que la resistencia del muro es un 80% de la resistencia de los prismas a los 28 días.

- Se concluyó que los factores que se determinaron para la correlación de resistencia de esfuerzos de compresión y de corte entre muros a escala natural y prismas de mampostería, se consideran representativos únicamente para las condiciones de ensayo de este estudio; razón por la cual no pueden ser aplicados a todo tipo de muros de mampostería en general, ya que dicha correlación dependerá de la incidencia en el incremento de resistencia en muros y prismas que ejerzan el tipo de armado de refuerzo, como la calidad y tipo de materiales utilizados en la construcción de los mismos.



## RECOMENDACIONES

- La utilización de los morteros premezclados, por su versatilidad, economía y buen desempeño, es recomendable.
- Se recomienda apoyar el uso e implementación de normativas nacionales de mampostería, como las utilizadas en este estudio.
- Se recomienda la utilización de soleras Block U en muros, debido al ahorro de materiales –concreto-, tiempo -fundición no requiere formaleta- y economía.
- Realizar estudios con prismas de mampostería, sometidos a esfuerzos de compresión, corte y adherencia bajo distintas condiciones.
- Se recomienda que en ensayos con prismas, la aplicación de carga sea constante, con el objeto de evitar que la variación de esta, tienda a incidir en los resultados a obtener.
- Que la relación de resistencia en compresión sea del orden de 1 a 2 veces entre unidad de mampostería y mortero de levantado.
- Realizar estudios con muros a escala natural, empleando diferentes condiciones de armado y materiales.



- Para futuros ensayos con muros a escala natural a compresión; que los mismos no sean mayores a 1.20 m de ancho y 2.45 m de alto y que el refuerzo máximo utilizado sean los mínimos establecidos por el UBC capítulo 21. Con el cual se propone un armado de 6 varillas en el sentido horizontal y 4 varillas en el sentido vertical.

## BIBLIOGRAFÍA

- Nitsch Pineda, Juan Estuardo. **Guía de laboratorio para las prácticas de Diseño Estructural en Mampostería.** Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Noviembre de 1985.
- Barahona, Rubén. **Evaluación de los Morteros Premezclados en Guatemala.** Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Marzo de 1999.
- Ramírez Godínez, Cesar Armando. **Caracterización de Mampostería Utilizando Morteros de Cementos Puzolanicos y Unidades Tradicionales de la Ciudad de Guatemala.** Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Junio de 1993.
- Catalán López, Juan Roberto. **Estudio de los Parámetros de Adherencia y Fricción Bloque de Concreto Mortero.** Tesis Ing, Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Febrero 1986.
- **Nueva Enciclopedia del Encargado de Obras. Materiales de construcción.** Grupo editorial Ceac, S.A., 2001
- Frederick S. Merritt, M. Kt Lostin, Jonathan T. Ricketts. **Manual del Ingeniero Civil,** Cuarta Edición. Tomo I. McGraw Hill, 2001

- Amrhein, James E., *Civil & Structural Engineer. Reinforced Masonry Engineering Handbook, Clay and Concrete Masonry. Fifth Edition By Masonry Institute of America, 1992.*
  
- **AGIES. Normas Estructurales de Diseño y Construcción Recomendadas para la República de Guatemala.** NR-4 Requisitos Especiales para Vivienda y Otras Construcciones Menores. Guatemala, junio 2002.
  
- **Comisión Guatemalteca de Normas (Coguanor).**  
Norma NGO 36-011. Norma 41-056, hi y h2.
  
- **American Society of Testing and Materials (ASTM).**  
Norma: ASTM C-270-03b, Norma: E-447-84, Norma: E-519-81.

## ANEXOS

### FOTOGRAFÍAS

**Foto No. 1**



**Nivelación de Prismas**

**Foto No. 2**



**Levantado Prisma Adherencia**

**Foto No. 3**



**Ensayo Prisma a Compresión**

**Foto No. 4**



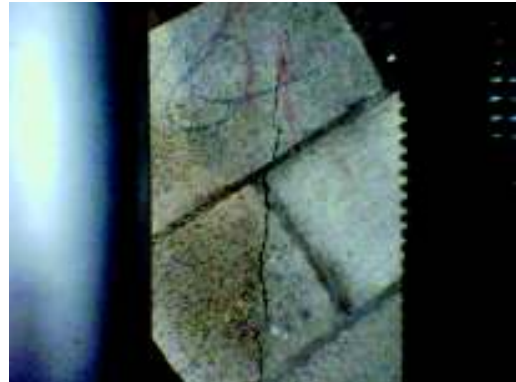
**Falla de Prisma a Compresión**

**Foto No. 5**



**Ensayo a Prisma a Corte**

**Foto No. 6**



**Falla de Prisma a Corte**

**Foto No. 7**



**Ensayo Prisma de Adherencia**

**Foto No. 8**



**Falla Prisma adherencia y fricción**

**Foto No. 9**



**Bomba aplica carga confinamiento**

**Foto No. 10**



**Gato hidráulico aplica carga lateral**

**Foto No. 11**



**Muro a compresión a escala natural**

**Foto No. 12**



**Muro a corte a escala natural**

**Foto No. 13**



**Prueba de la bola de concreto AGIES**

**Foto No. 14**



**Falla de cilindro a compresión**

**Foto No. 15**



**Falla en Muro a Compresión**

**Foto No. 16**



**Falla en muro a Corte**



Orden de Trabajo No. 19180, 19392

Informe No. 17/2005 S. AM

**Interesado:** Aldo Franco  
**Proyecto:** Tesis "Determinación de la Correlación de Resistencia entre muros a escala natural y prismas de mampostería a esfuerzos de corte y compresión"  
**Asunto:** Evaluación de la resistencia a compresión, retención de agua y resistencia a la penetración a un mortero premezclado Tipo M, caracterización de Cemento Mezclado Tolteca, ensayo de cilindros de concreto  
**Fecha:** 19 de octubre de 2005

- 1. Generalidades:** el interesado proporcionó los materiales necesarios, siendo estos los siguientes:
  - Cemento Mezclado Tolteca
  - Mortero premezclado Tipo M (Mixto Listo)
  - Cilindros de concreto
- 2. Procedimiento:** se trabajó de acuerdo a lo indicado en las normas ASTM C-39, C-595, C-403, C-39, C-270
- 3. Resultados:**
  - 3.1. Caracterización de Cemento Mezclado Tolteca (ASTM C-595)**

Parámetro		Resultado
Superficie Blaine	Específica	3,425.0 cm <sup>2</sup> /gr.
Consistencia Normal		0.25 %
Fraguado Vicat		Inicial: 165 min. Final: 285 min.
Peso Específico		3.05 (gr./cm <sup>3</sup> )
Resistencia a la Compresión MPa (psi)	3 días	160.0 Kg./cm <sup>2</sup> (1650 psi)
	7 días	175.0 Kg./cm <sup>2</sup> (2488.0)
	28 días	275.5 Kg./cm <sup>2</sup> (3917.0)



### 3.2 Caracterización Mortero Premezclado Tipo M (Mixto Listo)

#### 3.2.1 Resistencia a Compresión (ASTM C-270)

Resistencia a Compresión Kg./cm <sup>2</sup>		
Edad (días)	Resultados	
	Laboratorio	Obra
3	98.0	86.1
7	122.0	100.2
28	189.0	177.5

#### 3.2.2 Resistencia a Tensión

Resistencia a Tensión Kg./cm <sup>2</sup>		
Edad (días)	Resultados	
	Laboratorio	Obra
3	12.4	11.6
7	16.2	14.8
28	18.3	16.5

#### 3.2.3 Resistencia a la Penetración (Velocidad de Endurecimiento) (ASTM C-403)

Fuerza lb.	Área Aguja	PSI (Kg./cm <sup>2</sup> )	Tiempo (min.)	Log(pis)	Log(T)
20	1"	20 (284.4)	120	1.301	2.079
31	1"	31 (441.0)	150	1.491	2.176
49	1"	49 (22.2)	180	1.690	2.255
63	1"	63 (28.6)	210	1.799	2.322
40	1/2"	80 (36.3)	240	1.903	2.380
59	1/2"	118 (54.0)	270	2.072	2.431
45	1/4"	180 (82.0)	300	2.255	2.477
64	1/4"	256 (116.1)	330	2.408	2.519





### 3.2.4 Retención de agua

70.0 %

### 3.3 Cilindros de Concreto (ASTM C-39)

#### 3.3.2 Resistencia a Compresión

Resistencia a Compresión (Kg./cm <sup>2</sup> )		
Edad (días)	Peso (Kg./cm <sup>2</sup> )	Resultados Kg./cm <sup>2</sup>
3	25.2 (11.4)	50.8
7	25.2 (11.4)	82.7
28	25.2 (11.4)	118.0

### 3.4 Bloques de concreto

- Valores promedio

Bloques de concreto Grupo Forte				
Peso (Kg.)	Área Cm <sup>2</sup>	Carga Kg.	% de absorción	Resistencia a compresión (Kg./cm <sup>2</sup> )
12.2	400	25401.2	20.0	63.5

Atentamente:

  
Ing. Sergio V. Castañeda L.  
Jefe Sección de Aglomerantes y Morteros

Vo.Bo.

  
Ing. Cesar A. García G.  
Director CII/USAC



O.T. No. 19182

INFORME No. 306-M

INTERESADO: ALDO MARIO I. FRANCO JIMENEZ  
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION  
ASUNTO: PRUEBA DE DOBLADO  
PROVEEDOR: \*\*\*\*\*  
FECHA: GUATEMALA, 06 DE SEPTIEMBRE DE 2005.

El estudiante **ALDO MARIO I. FRANCO JIMENEZ**, con carné: 2001-12709 de la carrera de **Ingeniería Civil**, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería. 01 barra de acero, con el objeto de aplicarle prueba de doblado, el ensayo en cuestión es parte de su trabajo de tesis: "DETERMINACION DE LA CORRELACION DE RESISTENCIA ENTRE MUROS A ESCALA NATURAL Y PRISMAS DE MAMPOSTERIA A ESFUERZOS DE CORTE Y COMPRESION".

### Resultados

Diámetro	Identificación	Prueba de doblado 180°
3/8"	Varilla con corruga en X.	PASO PRUEBA

Nota: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Ing. Pablo Christian De León Rodríguez  
Jefe Sección Metales y  
Productos Manufacturados

Vo.Bo.  
Ing. Cesar Alfonso Gracia Guerra  
Director C.I.I.

/cbr





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



**DATOS GENERALES**

**INTERESADO** ALDO MARIO I. FRANCO JIMENEZ  
**PROYECTO** TRABAJO DE GRADUACION  
**PROVEEDOR** \*\*\*  
**IDENTIFICACION** \*\*\*\*

**O. T. No.** 19182  
**INFORME** 607 -M  
**No. ELEMENTO** 443  
**FECHA** 06-SEP-2005 11:31:37

**CALCULOS COMPLEMENTARIOS**

PESO kg/m	DIAMETRO * mm	PERIMETRO* mm	AREA* cm2	ESPAC. LONG. mm	ANCHO RIBETE mm	ALTURA mm
0.579	9.696	30.461	0.738	4.950	1.860	1.075
0.526	9.248	29.052	0.671	6.660	3.630	0.380
<b>MINIMO OK</b>	<b>MINIMO OK</b>	<b>MINIMO OK</b>	<b>MINIMO OK</b>	<b>MAXIMO OK</b>	<b>MAXIMO OK</b>	<b>MINIMO OK</b>

\* Datos calculados sobre el peso por unidad de longitud.

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

ESFUERZOS A TENSION mpa			REDUCCION DE AREA %	ALARGAMIENTO % 20 cms
FLUENCIA	MAXIMO	RUPTURA		
370.74	539.50	516.91	36.07	23.00
** 276.00	** 483.00	** Especificaciones del acero		** 11.00

**DATOS FINALES**

<b>No. de Varilla</b>	<b>3</b>
<b>Grado</b>	<b>40</b>

**NOTAS:** Las especificaciones utilizadas en el presente ensayo son de la Norma COGUANOR 36011. Las muestras fueron tomadas por el Interesado.

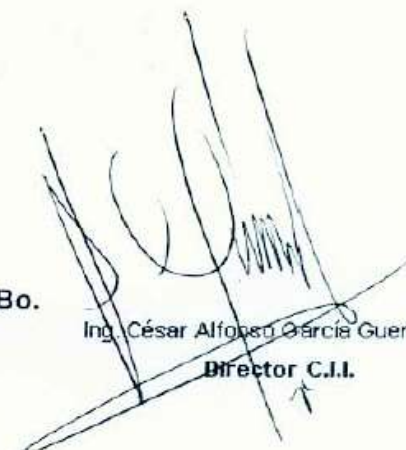
Corrugá X

Atentamente,

  
 Ing. Pablo Christian De León Rodríguez  
 Jefe Sección Metales y Productos Manufacturados



Vo.Bo.

  
 Ing. César Alfonso García Guerra  
 Director C.I.I.

