



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

EVALUACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE MAMPOSTERÍA FABRICADOS CON CEMENTOS MEZCLADOS CON ESCORIA DE HORNOS

David Estuardo Alvarez Cruz

Asesorado por el Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus

Guatemala, julio de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE MAMPOSTERÍA
FABRICADOS CON CEMENTOS MEZCLADOS CON ESCORIA
DE HORNOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DAVID ESTUARDO ALVAREZ CRUZ

ASESORADO POR EL INGENIERO SERGIO VINICIO CASTAÑEDA LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
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. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
EXAMINADORA	Inga. Flor de María González Culajay
EXAMINADOR	Ing. Armando Ola Hernández
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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 DE BLOQUES HUECOS DE MAMPOSTERÍA FABRICADOS CON CEMENTOS MEZCLADOS CON ESCORIA DE HORNOS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
el 9 de Febrero de 2005.


David Estuardo Álvarez Cruz



Guatemala 19 de mayo de 2006

Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Coordinador del área de materiales
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Quiñónez de la Cruz:

Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **“Evaluación de bloques huecos de mampostería fabricados con cementos mezclados con escoria de hornos”**, elaborado por el estudiante universitario **David Estuardo Alvarez Cruz**, quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Alvarez Cruz**, 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. Sergio Wincio Castañeda Lemus
Asesor Trabajo de Graduación



Guatemala, 22 de mayo de 2,006

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Escobar Álvarez.

Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **EVALUACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE MAMPOSTERÍA FABRICADOS CON CEMENTOS MEZCLADOS CON ESCORIA DE HORNOS**, elaborado por el estudiante universitario **David Estuardo Alvarez Cruz**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Sergio Vinicio Castañeda Lemus.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Alvarez Cruz**, 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



FACULTAD DE INGENIERIA

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 David Estuardo Alvarez Cruz, titulado EVALUACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE MAMPOSTERÍA FABRICADOS CON CEMENTOS MEZCLADOS CON ESCORIA DE HORNOS , da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


~~Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez~~



Guatemala, julio 2006.

/bbdeb.

"TODOS POR TI CAROLINA"
Dr. Carlos Martínez Durán, 2006 centenario de su nacimiento



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE MAMPOSTERÍA FABRICADOS CON CEMENTOS MEZCLADOS CON ESCORIA DE HORNOS**, presentado por el estudiante universitario **David Estuardo Alvarez Cruz**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Raiz Recinos
DECANO

Guatemala, julio 31 de 2,006



/gdech

Fidel José R. Castellanos Alís
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su Nacimiento

AGREDECIMIENTOS A

Dios	Por darme la vida y permitirme alcanzar esta meta.
El Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus,	Por el asesoramiento del presente trabajo de graduación.
Las empresas SIDEGUA, RAPIMEZCLAS y FÁBRICA DE BLOCK “EL ESFUERZO”,	Por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo de graduación.

DEDICATORIA A

Mis padres

Edgar Gonzalo Alvarez Bouyssou (Q.E.P.D.), por despertar en mí el deseo de superación; Sara Alicia Cruz Castellanos, su amor, esfuerzo y sacrificio me impulsaron todos los días para llegar aquí.

Mis abuelitos

David Cruz Quiñónez “Papa vi” (Q.E.P.D.), mis ojos ya no pueden verlo, ni mis manos tocarlo, sólo queda su recuerdo y las ganas de abrazarlo. Me enseñaste amor y paciencia, me llevaste siempre a todos lados, hoy soy yo quien te lleva, en mi corazón quedaste grabado; Olivia Castellanos López “Mama livia”, sus oraciones siempre me llevaron con bien en mi camino. Gonzalo Alvarez y María Bouyssou (Q.E.P.D.), con mucho cariño.

Mis hermanas

Claudia y Mery, por impulsarme cuando estaba detenido.

Velia Saravia

Por su amor, apoyo y cariño, por ser parte de mi vida.

Mis tías

Cecilia, Celina, Maru, Rosita y Zoila.

Mis primos

Karen, Emy, Gladis, Fernanda, Gorda, Andrés, Kenny, Fredy, Michelle, Jorge, Kristel, Alejandra y Astrid.

Mis sobrinos

René y Kenneth, fuentes de inspiración.

Mis amigos

Daniel, Danilo, Guillermo, Kenneth, Carlos, Dennis, Silvio, Gerardo, Cástulo, José María, Remigio, Oscar y a todos aquellos que no pude mencionar, pero que siempre tendré presente por todos los momentos compartidos.

Mi amada, gloriosa y tricentenaria **Universidad de San Carlos de Guatemala**, con especial cariño a la **Facultad de Ingeniería**.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

1. CEMENTOS MEZCLADOS

1.1. Definición.....	1
1.2. Normas.....	1
1.3. Clases.....	2
1.4. Aplicaciones	3
1.5. Adiciones.....	4
1.5.1. Definición.....	4
1.5.2. Tipos.....	4
1.5.2.1. Natural.....	4
1.5.2.2. Artificial.....	4
1.5.3. Escoria.....	4
1.5.3.1. Definición.....	4
1.5.3.2. Usos.....	5
1.5.3.3. Tipos.....	5
1.5.3.3.1. Escoria de altos hornos.....	5
1.5.3.3.2. Escoria de hornos de arco eléctrico.....	5

1.5.3.4. Escoria de la planta SIDEGUA.....	6
1.5.3.4.1. Ubicación de la planta.....	6
1.5.3.4.2. Generación.....	6
1.5.3.5. Características.....	6

2. DESCRIPCIÓN DE LA FÁBRICA DE BLOCK EL ESFUERZO

2.1. Generalidades.....	9
2.1.1. Ubicación.....	9
2.1.2. Maquinaria.....	9
2.1.3. Materiales utilizados.....	10
2.2. Producción.....	11
2.2.1. Tipos de bloques.....	11
2.2.2. Volumen de producción.....	11
2.2.3. Proceso de producción.....	12

3. METODOLOGÍA

3.1. Fabricación cemento mezclado.....	13
3.2. Fabricación bloques.....	13
3.2.1. Tipos.....	13
3.2.2. Materiales.....	13
3.2.3. Proporciones.....	14
3.2.4. Producción.....	14
3.2.5. Curado.....	15
3.2.6. Transporte.....	15
3.3. Ensayos y resultados.....	16
3.3.1. Mortero de levantado.....	16
3.3.1.1. Normas.....	16

3.3.1.2.	Fórmulas.....	17
3.3.1.3.	Resultados.....	19
3.3.2.	Concreto.....	20
3.3.2.1.	Normas.....	20
3.3.2.2.	Fórmulas.....	21
3.3.2.3.	Resultados.....	21
3.3.3.	Bloques.....	22
3.3.3.1.	Características físicas.....	22
3.3.3.1.1.	Normas.....	22
3.3.3.1.2.	Fórmulas.....	23
3.3.3.1.3.	Resultados.....	24
3.3.3.2.	Resistencia a compresión.....	25
3.3.3.2.1.	Norma.....	25
3.3.3.2.2.	Fórmulas.....	25
3.3.3.2.3.	Resultados.....	26
3.3.4.	Prismas.....	27
3.3.4.1.	Resistencia a compresión.....	27
3.3.4.1.1.	Norma.....	27
3.3.4.1.2.	Procedimiento.....	28
3.3.4.1.3.	Fórmulas.....	28
3.3.4.1.4.	Resultados.....	29
3.3.4.2.	Adherencia y fricción.....	30
3.3.4.2.1.	Procedimiento.....	32
3.3.4.2.2.	Fórmulas.....	32
3.3.4.2.3.	Resultados.....	33
3.3.4.3.	Corte.....	34
3.3.4.3.1.	Norma.....	35
3.3.4.3.2.	Procedimiento.....	35
3.3.4.3.3.	Fórmulas.....	35

3.3.4.3.4. Resultados.....	36
3.3.5. Muros.....	37
3.3.5.1. Resistencia a compresión.....	37
3.3.5.1.1. Norma.....	38
3.3.5.1.2. Procedimiento.....	38
3.3.5.1.3. Fórmulas.....	39
3.3.5.1.4. Resultados.....	39
3.3.5.2. Corte.....	40
3.3.5.2.1. Norma.....	41
3.3.5.2.2. Procedimiento.....	41
3.3.5.2.3. Fórmulas.....	41
3.3.5.2.4. Resultados.....	42
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	
4.1. Mortero de levantado.....	45
4.2. Concreto.....	45
4.3. Bloques.....	46
4.4. Prismas.....	46
4.5. Muros.....	47
CONCLUSIONES.....	49
RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Croquis fábrica de block “El Esfuerzo”	9
2	Mezcladora y máquina para fabricar bloque	10
3	Diagrama proceso de producción	12
4	Bloques en patio de secado inicial	15
5	Gráfica resistencia a compresión mortero	20
6	Dimensiones bloques	22
7	Gráfica resistencia a compresión BCM y BMC	26
8	Dimensiones prismas compresión	27
9	Diagrama ensayo a compresión prismas	28
10	Gráfica resistencia a compresión PBCM y PBMC	29
11	Falla típica ensayo a compresión prismas	30
12	Dimensiones prismas adherencia y fricción	30
13	Marco rígido ensayo adherencia y fricción prismas	31
14	Ensayo adherencia y fricción prismas	31
15	Diagrama ensayo adherencia y fricción prismas	32
16	Gráfica coeficiente de fricción PBCM y PBMC	33
17	Gráfica esfuerzo de adherencia PBCM y PBMC	34
18	Dimensiones prismas a corte	34
19	Ensayo a corte prismas	35
20	Diagrama ensayo a corte prismas	35
21	Gráfica carga última a corte PBCM y PBMC	36
22	Dimensiones y armado muro a compresión	37
23	Ensayo muro a compresión	38

24	Diagrama ensayo muro a compresión	38
25	Fallas a compresión en base de muro	39
26	Dimensiones y armado muro a corte	40
27	Ensayo muro a corte	40
28	Diagrama ensayo muro a corte	41
29	Gráfica carga frente a deformación ensayo muro a corte	43
30	Falla muro a corte	43

TABLAS

I	Propiedades de la escoria de hornos de SIDEGUA	6
II	Composición química de escoria de altos hornos en varios países	7
III	Comparación de la composición química entre la escoria de SIDEGUA y la escoria de altos hornos de Norte América	7
IV	Masas unitarias y densidades relativas aparentes	18
V	Trabajabilidad, retención de agua y masa unitaria mortero	19
VI	Resistencia a compresión mortero	19
VII	Resistencia a compresión del concreto (f_c)	21
VIII	Medidas principales BCM y BMC	24
IX	Absorción máxima, contenido de humedad, densidad aparente BCM y BMC	24
X	Resistencia a compresión BCM y BMC	26
XI	Carga última y resistencia a compresión PBCM y PBMC	29
XII	Coefficiente de fricción PBCM y PBMC	33
XIII	Esfuerzo de adherencia PBCM y PBMC	33
XIV	Carga última a corte PBCM y PBMC	36
XV	Ensayo muro a compresión	39
XVI	Ensayo muro a corte	42

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
BCM	Bloques cemento mezclado
BMC	Bloques mezcla control
h	Horas
PBCM	Prismas bloques cemento mezclado
PBMC	Prismas bloques mezcla control
Ing.	Ingeniero
S. A.	Sociedad Anónima
ton/mes	Toneladas por mes
#	Número
%	Porcentaje
cm²/g	Centímetros cuadrados por gramo
g/cm³	Gramos por centímetro cúbico
Pág.	Página
”	Pulgada
cm	Centímetro
kg	Kilogramo
L	Litro
\bar{X}	Media aritmética, promedio
Σ	Suma
N	Número de datos

σ	Desviación estándar
X_i	Cada dato
V	Coefficiente de variación de Pearson
Ab max	Absorción máxima de agua absoluta
Ab max %	Absorción máxima de agua en porcentaje
Dens. Apr.	Densidad aparente
m_{sat}	Masa saturada
m_{sec}	Masa seca
m_{ss}	Masa sumergida y suspendida
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
Ab	Área bruta
F	Carga a compresión
Rb	Resistencia a compresión bloques
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
f'p	Resistencia a compresión en prismas
Fh	Carga lateral
Fc	Carga de confinamiento
D	Densidad, diámetro
W_i	Masa
P_i	Densidad aparente
V_w	Volumen de agua
W_m	Masa de mortero
A	Volumen de aire
F_i	Trabajabilidad antes de succión
F_f	Trabajabilidad después de succión
W_R	Valor de retención de agua
Ac	Área del cubo
f'c	Resistencia a compresión mortero y concreto
π	Pi, 3.1416

Fd	Carga a corte
No.	Número
@	A cada
Am	Área del muro
f'm	Resistencia a compresión del muro
d₀	Desplazamiento inicial
d_i	Cada desplazamiento
d_f	Deformación
lev₀	Levantamiento inicial
lev_i	Cada levantamiento
libra/pie³	Libra por pie cúbico
psi	Libra sobre pulgada cuadrada

GLOSARIO

Área bruta	Producto del largo por el ancho de los bloques.
Absorción máxima absoluta	Cantidad máxima de agua que puede absorber un bloque expresada en kg/m ³ .
ASTM	Siglas en inglés de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales.
Bloques huecos de mampostería:	Elementos huecos que se emplean apilados, ensamblados o unidos con un mortero u otro material similar para construir muros.
CII	Siglas del Centro de Investigaciones de Ingeniería.
COGUANOR	Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas.
Croquis	Dibujo aproximado que describe un lugar.
Densidad aparente	Relación entre la densidad de un cuerpo y la densidad del agua
Escoria	Material que se genera durante la producción de acero, puede ser de altos hornos o de hornos de arco eléctrico.

Hormigón

Mezcla utilizada en construcción, producto de la mezcla de cemento, arena y grava con agua.

Prisma

Elemento fabricado con bloques huecos de mampostería, de dimensiones mucho menores que un muro real.

SIDEGUA

Siglas de Siderúrgica de Guatemala, S. A.

RESUMEN

Este trabajo continúa la investigación sobre cementos mezclados (cemento portland + escoria), iniciada con el trabajo de graduación del Ing. Edgar Solórzano, “Caracterización de la escoria de horno de la planta SIDEQUA como puzolana artificial”, año 2003.

Se hace una breve descripción de los cementos mezclados, haciendo referencia a los combinados con escoria de hornos, evaluando para este estudio la que se genera en la planta de fundición Siderúrgica de Guatemala, S. A. (SIDEQUA), ubicada en la carretera antigua al Puerto San José kilómetro 65.5, municipio de Masagua, departamento de Escuintla.

También se describe el proceso de producción de bloques fabricados con cemento mezclado BCM (cemento portland + escoria) y bloques con materiales tradicionales BMC (mezcla control), en las instalaciones de la fábrica de block “El Esfuerzo” ubicada en el kilómetro 57, salida a Santa Lucía Cotzumalguapa en la ciudad de Escuintla, de la cual se hace una descripción de sus instalaciones y procesos de producción.

Se presentan los ensayos y resultados de los dos tipos de bloques evaluados de acuerdo a las Normas COGUANOR NGO 41056h1 y NGO 41056h2.

También se describen los ensayos a corte, compresión y adherencia realizados en prismas, los ensayos a corte y compresión en muros, además se presentan los resultados de los ensayos realizados al mortero y el concreto utilizados, siguiendo lo indicado en las normas aplicables.

Luego se compararon los resultados obtenidos de los bloques y se clasificaron de acuerdo a las especificaciones de la Norma COGUANOR NGO 41054.

OBJETIVOS

General

Producir y evaluar en condiciones similares, bloques huecos de mampostería fabricados con cemento mezclado (cemento portland + escoria) y con materiales tradicionales (mezcla control), comparando los resultados obtenidos.

Específicos

1. Presentar las características de la escoria de la planta Siderúrgica de Guatemala, S. A.
2. Conocer los diferentes tipos de cementos mezclados.
3. Utilizar cemento mezclado (70% cemento portland + 30% escoria) en la fabricación de bloques huecos de mampostería.
4. Mostrar que el cemento mezclado (cemento portland + escoria) puede utilizarse en la fabricación de bloques.
5. Describir los procesos de producción en la fábrica de block “El Esfuerzo”.
6. Fabricar y evaluar los BCM y BMC, de acuerdo a las Normas COGUANOR NGO 41056h1 y 41056h2.
7. Clasificar los BCM y BMC evaluados, de acuerdo a la Norma COGUANOR NGO 41054.
8. Evaluar el desempeño de los bloques por medio de ensayos en prismas y muros.

INTRODUCCIÓN

La contaminación es un problema mundial en aumento, los gobiernos muchas veces no tienen políticas que planteen una solución a largo plazo para lograr un desarrollo sostenible.

En los países industrializados se realizan acciones para reducir la contaminación, como lo es el caso de la reutilización de la escoria generada en la producción siderúrgica, en diferentes aplicaciones como: estabilización de suelos, pavimento para carreteras, fabricación de cementos mezclados, concreto y elementos premoldeados.

En el presente trabajo se evaluaron bloques huecos de mampostería fabricados con cemento mezclado (cemento portland + escoria) y bloques con materiales tradicionales, elaborados en condiciones similares, por medio de ensayos normalizados que permitieron compararlos.

Los resultados obtenidos permiten plantear alternativas para la reutilización de la escoria de hornos, generada en la planta Siderúrgica de Guatemala S. A., en la fabricación de bloques huecos de mampostería.

1. CEMENTOS MEZCLADOS

1.1. Definición

Son producidos al mezclar íntimamente cemento portland y otro material fino, que puede ser escoria de alto horno u otro material puzolánico(1-286). Pueden ser utilizados en la fabricación de concreto, y en combinación con cal hidratada para la fabricación de morteros de mampostería(1-287).

1.2. Normas

COGUANOR NGO 41 001 Cementos hidráulicos mezclados: terminología y especificaciones. La presente norma tiene por objeto establecer la terminología, clasificación, especificaciones y características que deben cumplir los cementos hidráulicos mezclados, producidos en el país o de origen extranjero.

ASTM C-595 Standard Specification for blended hydraulic cements. (Especificaciones estándar para cementos hidráulicos mezclados). Estas especificaciones cubren cinco clases de cementos hidráulicos mezclados de uso general y aplicaciones especiales, usando escoria o puzolana, o ambas, con cemento portland o clinker de cemento portland o escoria con cal.

1.3. Clases

La norma ASTM C-595 describe 5 clases de cementos mezclados, de estos se pueden encontrar diferentes combinaciones, a las cuales se les agrega un sufijo de acuerdo a las propiedades que pueden alcanzar: “MS” de moderada resistencia a los sulfatos, “A” con inclusores de aire y “MH” de moderado calor de hidratación.

- a. Cemento Portland de Escoria de Altos Hornos.
 - i. Tipo IS, de uso general en construcciones de concreto.
 - 1. Tipo IS (MS).
 - 2. Tipo IS (A).
 - 3. Tipo IS (MH).

- b. Cemento Portland puzolánico.
 - i. Tipo IP De uso general en construcciones de concreto.
 - 1. Tipo IP (MS).
 - 2. Tipo IP (A).
 - 3. Tipo IP (MH).
 - ii. Tipo P de alta resistencia inicial.
 - 1. Tipo P (MS).
 - 2. Tipo P (A).
 - 3. Tipo P (LH).

- c. Cemento de Escoria,
 - i. Tipo S. Para morteros de levantado.
 - 1. Tipo S (A).

- d. Cemento Portland modificado con puzolana
 - i. Tipo I (PM). De uso general en construcciones de concreto.
 - 1. Tipo I (PM) (MS).
 - 2. Tipo I (PM) (A).
 - 3. Tipo I (PM) (MH).

- e. Cemento Portland Modificado con Escoria.
 - i. Tipo I (SM). De uso general en construcciones de concreto.
 - 1. Tipo I (SM) (MS).
 - 2. Tipo I (SM) (A).
 - 3. Tipo I (SM) (MH).

1.4. Aplicaciones

Los cementos mezclados son utilizados en gran cantidad de aplicaciones por las características que presentan, actualmente en nuestro país se utilizan en todo tipo de proyectos.

Su uso varía de acuerdo al tipo de cemento; los de moderada resistencia a los sulfatos son utilizados en la construcción de alcantarillas o drenajes y cuando el concreto estará expuesto a la acción de sulfatos, los de bajo calor de hidratación suelen emplearse en la construcción de presas(5,12).

1.5. Adiciones

1.5.1. Definición

“Material que es integrado o mezclado en cantidades limitadas con cemento hidráulico mientras se fabrica como una “adición de procesamiento” para ayudar en la fabricación y manejo del cemento o como “adición de funcionalidad” para modificar las propiedades de uso del producto final”(6,170).

1.5.2. Tipos

1.5.2.1. Natural

Ceniza, tobas volcánicas y rocas silíceas sedimentaria.(3,1)

1.5.2.2. Artificial

Arcillas y pizarras calcinadas, subproductos industriales, cenizas volantes y ladrillos molidos.(3,2)

1.5.3. Escoria

1.5.3.1. Definición

Es un subproducto resultante de procesos siderúrgicos, compuesta principalmente por calcio, hierro, aluminio y silicato de magnesio.

1.5.3.2. Usos

- a. Como puzolana artificial para fabricar cementos mezclados(3,10).
- b. Como agregado para concreto(3,10).
- c. En mezclas asfálticas para carreteras(3,11).
- d. Como balastro para vías de ferrocarril(3,11).
- e. En la construcción de viviendas económicas(5,2)

1.5.3.3. Tipos

1.5.3.3.1. Escoria de altos hornos

No se genera en Guatemala debido al proceso de fundición de acero utilizado en el país, se obtiene "... del tratamiento de minerales de hierro en el alto horno,... debe ser obtenida en forma granular por enfriamiento brusco y además debe tener una composición química conveniente."(4,1) Se genera y utiliza en varios países de Europa, Sudamérica, Estados Unidos, Canadá, Japón, entre otros, donde tiene diversas aplicaciones como: pavimentos de carreteras, estabilización de suelos, concretos, morteros, etc.

1.5.3.3.2. Escoria de hornos de arco eléctrico

Este tipo de escoria se genera en hornos de arco eléctrico, durante el proceso de fundición de chatarra (previamente clasificada), metal de hierro y cal seca, para la producción de acero inoxidable(2,1), sus componentes principales son el óxido de calcio y el dióxido de silicio.

1.5.3.4. Escoria de la planta Siderúrgica de Guatemala, S. A.

1.5.3.4.1. Ubicación de la planta

La planta se encuentra en la carretera antigua al Puerto San José kilómetro 65.5, municipio de Masagua, departamento de Escuintla.

1.5.3.4.2. Generación

Se procesan de 10 a 12 coladas diarias, generándose entre 85 y 90 ton/mes de escoria(3-20).

1.5.3.5. Características

La escoria presenta un color grisáceo, más oscuro que el cemento, es un material fino suelto que presenta algunas partículas gruesas.

Tabla I. Propiedades de la escoria de hornos de SIDEGUA

Fineza tamiz #200 (% Retenido)	36.8
Peso específico (g/cm ³)	3.14
Fineza tamiz # 325 (% Pasa)	49.1
Superficie específica Blaine cm ² /g	2480
% SO ₃	0.06

Fuente: Edgar Solórzano, **Caracterización de la escoria de hornos de la planta SIDEGUA como puzolana artificial**. Pág. 28,29,32,33,34.

Tabla II. Composición química de escoria de altos hornos en varios países

	Clinker	EE. UU	UK	España	Japón
SiO ₂ %	22.3	37.5	35.1	38.6	32.4
Al ₂ O ₃ %	5.8	8.3	13.6	8.4	16.5
Fe ₂ O ₃ %	2.5	0.4	0.3	0.5	0.4
CaO %	65.8	40.0	38	41.9	41.8
MgO %	1.3	10.1	8.9	9.3	5.9
K ₂ O %	0.3	0.4	0.7	0.5	-
Na ₂ O %	0.5	-	0.3	0.3	-

Fuente: Edgar Solórzano, **Caracterización de la escoria de hornos de la planta SIDEGUA como puzolana artificial.** Pág. 14

Tabla III. Comparación de la composición química entre la escoria de SIDEGUA y la escoria de altos hornos de Norte América

Componente	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	EE. UU	Clinker
SiO ₂	22.02	21.49	21.62	37.5	22.3
Al ₂ O ₃	6.16	5.37	7.45	8.3	5.8
Fe ₂ O ₃	9.11	1.81	8.56	0.4	2.5
CaO	41.91	46.35	49.81	40	65.8
MgO	15.4	20.04	18.87	10.01	1.3
K ₂ O	0.38	0.36	0.37	0.4	0.3
Na ₂ O	0.01	0	0	0	0.5

Fuente: Edgar Solórzano, **Caracterización de la escoria de hornos de la planta SIDEGUA como puzolana artificial.** Pág. 44.

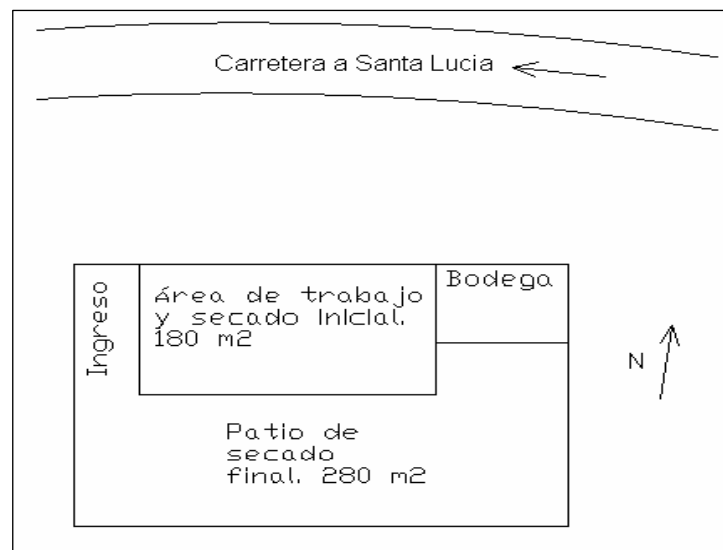
2. DESCRIPCIÓN DE LA FÁBRICA DE BLOCK "EL ESFUERZO"

2.1. Generalidades

2.1.1. Ubicación

Se encuentra ubicada en el departamento de Escuintla, en el kilómetro 57, salida a Santa Lucia Cotzumalguapa. Ocupa un área de 500 m².

Figura 1. Croquis fábrica de block "El Esfuerzo"



2.1.2. Maquinaria:

La fábrica de block "El Esfuerzo" cuenta con una mezcladora de 0.5m³ de capacidad y tres máquinas para fabricar bloques.

Figura 2. Mezcladora y máquina para fabricar bloque



2.1.3. Materiales utilizados

- a. Cemento progreso ARI, ASTM C-1157 Standard performance for hydraulic cement.
- b. Arena pómez menor de 3/4”.
- c. Material selecto.
- d. Agua.

Esta es la proporción (en masa) que se utiliza generalmente en la fábrica “El Esfuerzo”:

Cemento :	Arena pómez :	Selecto :	Agua
1 :	10.3 :	0.36 :	1.43

2.2. Producción

2.2.1. Tipos de bloques

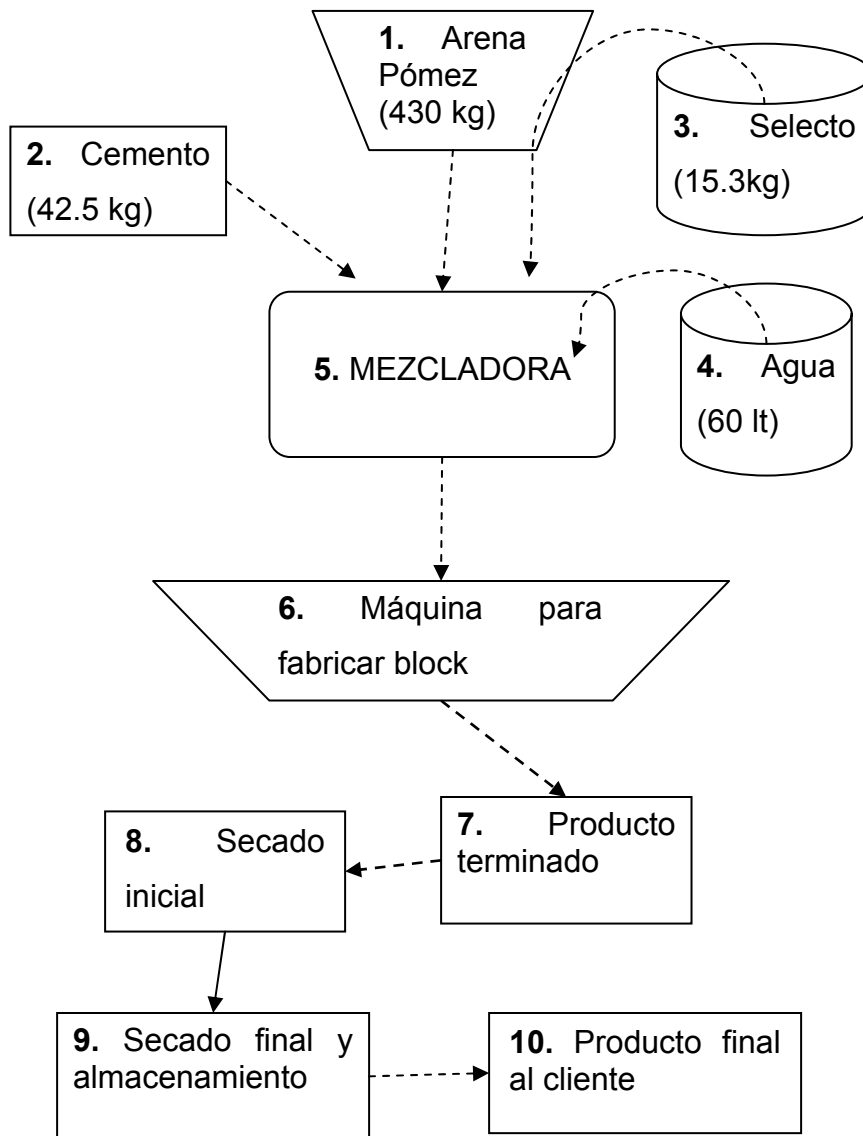
Se producen bloques de piedra pómez de 19 cm. de alto, 14 cm. de ancho y 39 cm. de largo, con una resistencia a compresión aproximada de 25 kg/cm², también se producen bloques tipo “U” o solera, con las mismas características.

2.2.2. Volumen de Producción

Varía según la época del año y la demanda del mercado, pueden producirse 15000 unidades en una semana.

2.2.3. Proceso de producción

Figura 3. Diagrama proceso de producción



3. METODOLOGÍA

3.1. Fabricación del cemento mezclado

a. Se tomó la escoria que procede directamente del crisol, de acuerdo a estudios anteriores la escoria de este lugar de la planta es de la que se obtienen los mejores resultados físicos, mecánicos y químicos(3,34), tomándose una muestra de 300 kg, para su transporte y almacenaje se utilizaron bolsas plásticas, cubiertas con costales.

b. La escoria es tamizada para eliminar el contenido de gruesos en la misma, se pesan los materiales según la proporción establecida previamente (70% cemento portland + 30% escoria) y se mezclan de forma íntima (10 minutos), se preparan sacos de 42.5 kg de cemento mezclado.

3.2. Fabricación de bloques

3.2.1. Tipos

- a. Bloques de cemento mezclado BCM.
- b. Bloques de mezcla control BMC.

3.2.2. Materiales

- a. Cemento tolteca súper 5800 psi portland tipo I.
- b. Cemento progreso tipo ARI, ASTM C-1157.
- c. Cemento mezclado (cemento portland 70%+ escoria 30%)

- d. Arena pómez menor de 3/4” procedente de Villa Nueva.
- e. Material selecto procedente de Bárcenas.
- f. Agua.

3.2.3. Proporciones

Los bloques se fabricaron con las proporciones de mezcla utilizadas en la fábrica “El Esfuerzo”, pero con mayor control en los materiales para obtener resultados confiables.

Todos los materiales sólidos fueron dosificados por masa y el agua por volumen, empleando la misma cantidad en todas las mezclas realizadas.

A los materiales se agregaron 60.57 litros de agua; obteniendo la relación agua/cemento de:

$$\frac{60.57}{42.5} = 1.43$$

Siendo la proporción (en masa) final de los materiales:

Cemento :	Arena pómez :	Selecto :	Agua
1 :	10.3 :	0.36 :	1.43

3.2.4. Producción

Se contó con el apoyo del personal de la fábrica de block “El Esfuerzo” y se utilizó el mismo proceso de producción usado en esta para los dos tipos de bloques (ver figura 4, Pág. 12).

3.2.5. Curado

Después de fabricados, los bloques son trasladados al patio de secado inicial, apilándolos en columnas de 3 bloques de altura, en la sombra por un periodo de 5 a 8 horas.

Figura 4. Bloques en patio de secado inicial



Luego son trasladados al patio de secado final y almacenamiento, apilándolos en columnas no mayores de 10 bloques de altura, al sol, por un periodo de 15 días.

3.2.6. Transporte

Todos los bloques fueron transportados a la edad de 15 días, distribuidos uniformemente, y permanecieron a la intemperie hasta ser ensayados, sin que presentaran daños apreciables durante el transporte y almacenamiento en el CII.

3.3. Ensayos y resultados

3.3.1. Mortero de levantado

Se utilizó mortero predosificado Tipo N de Rapimezclas, siendo la cantidad de materiales por bolsa de mortero:

– cemento	9.1 kg
– cal	3.6 kg
– arena	27.2 kg

Se ensayaron 3 probetas de mortero por edad (4, 13, 21 y 28 días).

3.3.1.1 Normas

COGUANOR NGO 41020h4 Cal hidratada: Determinación del aire atrapado en los morteros. Esta norma tiene por objeto establecer el método para la determinación del aire atrapado en un mortero preparado con cal hidratada.

ASTM C-91 Standard specification for masonry cement. (Especificación estándar para cementos de mampostería). Esta especificación cubre tres tipos de cementos de mampostería utilizados cuando se requieren cementos de mampostería.

ASTM C-109 Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (using 2-in or 50-mm cube specimens). (Método de prueba estándar para resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico (usando probetas cúbicas de 2-pulg o 50-mm)).

Este método de prueba cubre la determinación de la resistencia a compresión de mortero de cemento hidráulico, usando probetas cúbicas de 2 pulgadas o 50 milímetros.

ASTM C-270 Standard specification for mortar for unit masonry.

(Especificación estándar para mortero para unidades de mampostería). Esta especificación cubre morteros para usar en la construcción de estructuras de unidades de mampostería reforzada y no reforzada. Se cubren cuatro tipos de morteros en cada una de dos especificaciones alternativas: (1) especificaciones de proporciones y (2) especificaciones de propiedades.

3.3.1.2 Fórmulas

Densidad del mortero libre de aire

$$D = \frac{(W_1 + W_2 + W_3 + V_w)}{\frac{W_1}{P_1} + \frac{W_2}{P_2} + \frac{W_3}{P_3} + V_w}$$

Volumen de aire atrapado en el mortero

$$A = 100 - \frac{Wm}{4D}$$

D = densidad del mortero libre de aire, en g/cm³

W₁ = masa del cemento portland, en g

W₂ = masa de la cal hidratada, en g

W₃ = masa de la arena, en g

V_w = volumen de agua en cm³

P₁ = densidad relativa del cemento portland

P₂ = densidad relativa de la cal hidratada

P_3 = densidad relativa de la arena

A = volumen de aire, en %

W_m = masa de 400 cm³ de mortero, en g

Tabla IV. Masas unitarias y densidades relativas aparentes

Material	Masa unitaria, kg/m ³ (libra/pie ³)	Densidad relativa aparente
Cemento portland	1 506 (96)	3.15
Cal hidratada	801 (50)	2.30
Arena Ottawa mezclada	1 281 (80)	2.65

Fuente: COGUANOR NGO 41020h4 **Cal hidratada: Determinación del aire atrapado en los morteros.** Pág. 3

Retención de agua

$$W_R = \left(\frac{F_f}{F_i} \right) \times 100$$

W_R = valor de retención de agua, en %

F_i = trabajabilidad antes de la succión

F_f = trabajabilidad después de la succión

Resistencia a compresión

$$f'_c = \frac{F}{A_c}$$

f'_c = resistencia a compresión, en kg/cm²

F = carga de compresión, en kg

A_c = área del cubo (25.8064 cm²)

Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación de Pearson
$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$	$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$

\bar{X} = promedio

$\sum X$ = suma de los datos

N = número de datos

σ = desviación estándar

X_i = cada uno de los datos

V = coeficiente de variación de Pearson

3.3.1.3 Resultados

Tabla V. Trabajabilidad, retención de agua y masa unitaria mortero

Trabajabilidad (con relación agua/cementantes de 1.4) (%)	102.0
Retención de agua (% en volumen)	43.63
Masa unitaria (g/cm ³)	1.6

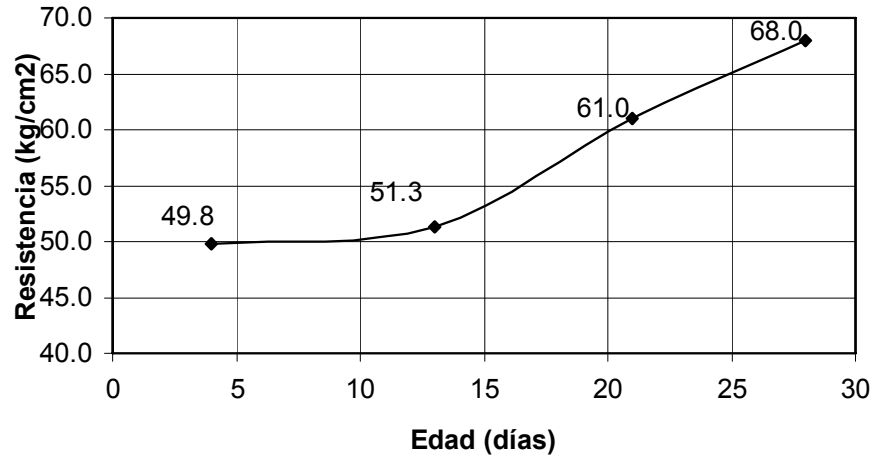
Ver informe de laboratorio.

Tabla VI. Resistencia a compresión mortero

Edad (días)	Carga (kg)	Resistencia a compresión (f'c) (kg/cm ²)	Desviación estándar σ (kg)	Coefficiente de variación V (%)
4	1286.0	49.8	26.2	2.0
13	1324.0	51.3	47.3	3.6
21	1574.0	61.0	52.4	3.3
28	1755.0	68.0	69.3	4.0

Ver informe de laboratorio.

Figura 5. Gráfica resistencia a compresión mortero



3.3.2. Concreto

Se utilizó concreto predosificado de Rapimezclas, con las siguientes proporciones:

1. cemento 11.4 kg
 2. arena de 3/4" 28.6 kg
- | | | | | |
|---------|---|---------------|---|------|
| Cemento | : | Arena de 3/4" | : | Agua |
| 1 | : | 2.5 | : | 0.6 |

Se ensayaron 2 probetas cilíndricas de concreto a 28 días.

3.3.2.1 Norma

COGUANOR NGO 41017h1 Hormigón: determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos. Esta norma tiene por objeto establecer el método para la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.

3.3.2.2 Fórmulas

Área	Resistencia a compresión
$A = \pi \frac{D^2}{4}$	$f'c = \frac{F}{A}$

A = área cilindro, en cm²

D = diámetro del cilindro, en cm

π = constante de valor aproximado igual a 3.1416

f'c = resistencia a compresión, en kg/cm²

F = carga de compresión, en kg

Promedio

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

\bar{X} = promedio

$\sum X$ = suma de los datos

N = número de datos

3.3.2.3 Resultados

Tabla VII. Resistencia a compresión del concreto (f'c)

Carga (F) (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
2860.2	111.0	111.5
2837.5	112.0	

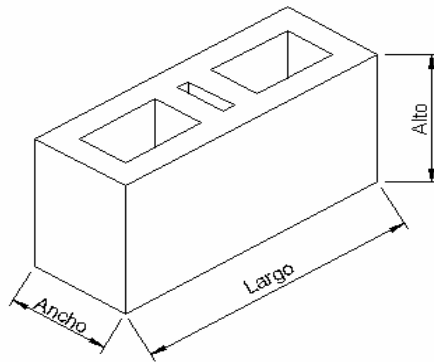
Ver informe de laboratorio.

3.3.3. Bloques

3.3.3.1 Características físicas

Los BCM son de color gris, con masa usualmente mayor y de textura más áspera que los BMC. Los BMC son de color blanquizco y menos porosos que los BCM.

Figura 6. Dimensiones bloques



3.3.3.1.1 Normas

COGUANOR NGO 41056h1 Bloques huecos de hormigón para paredes o muros, y tabiques. Determinación de las dimensiones, humedad y absorción de agua. En esta norma se establecen los procedimientos que se deben seguir en los ensayos para determinar las dimensiones, la humedad y la absorción de agua, que poseen los bloques huecos de hormigón.

COGUANOR NGO 41054 Bloques huecos de hormigón para paredes o muros, y tabiques. Especificaciones. Esta norma permite clasificar los bloques huecos de hormigón, ya que establece los requisitos que estos deben cumplir para su utilización.

3.3.3.1.2 Fórmulas

Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación de Pearson
$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$	$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$

\bar{X} = promedio

$\sum X$ = suma de los datos

N = número de datos

σ = desviación estándar

X_i = cada uno de los datos

V = coeficiente de variación de Pearson

Absorción máxima absoluta

$$Ab \text{ max} = \frac{m_{sat} - m_{sec}}{m_{sat} - m_{ss}} \times 1000$$

Absorción máxima en porcentaje

$$Ab \text{ max \%} = \frac{m_{sat} - m_{sec}}{m_{sec}} \times 100$$

Densidad aparente

$$\text{Dens. Apr.} = \frac{m_{sec}}{m_{sat} - m_{ss}} \times 1000$$

Ab max = Absorción máxima absoluta, en kg/m³

Ab max %= Absorción máxima en porcentaje

Dens. Apr. = Densidad aparente, en kg/m³

m_{sat} = masa del espécimen humedecido a saturación, en kg

m_{sec} = masa del espécimen completamente seco, en kg

m_{ss} = masa del espécimen suspendido y sumergido en el agua, en kg

3.3.3.1.3 Resultados

Tabla VIII. Medidas principales BCM y BMC

	\bar{X}		σ	V (%)
	BCM	BMC		
Largo (cm)	39.7	39.7	0.0	0.0
Ancho (cm)	14.7	14.6	0.1	0.001
Alto (cm)	19.1	19.1	0.0	0.0
Masa (kg)	8.3	8.2	0.1	0.002

Ver informe de laboratorio.

Tabla IX. Absorción máxima, contenido de humedad, densidad aparente BCM y BMC

	Edad (días)							
	22		36		43		57	
	BCM	BMC	BCM	BMC	BCM	BMC	BCM	BMC
Ab max (kg/m ³)	253.9	238.1	241.5	238.3	274.1	265.0	264.1	245.5
Ab max %	23.0	23.0	23.0	23.0	27.0	27.0	25.0	24.0
Cont. Hum. (%)	62.0	50.0	15.0	19.0	29.0	30.0	18.0	13.0
Dens. Apr. (kg/m ³)	1082.6	1055.2	1041.2	1036.9	1004.4	989.6	1049.5	1026.6

Ver informe de laboratorio.

3.3.3.2 Resistencia a compresión

Se ensayaron 5 muestras por edad (22, 36, 43 y 57 días) y por tipo de bloque.

3.3.3.2.1 Norma

COGUANOR NGO 41056h2 Bloques huecos de hormigón para paredes o muros y tabiques. Determinación de la resistencia a la compresión. En esta norma se establecen los procedimientos que se deben seguir para determinar la resistencia a la compresión de los bloques huecos de hormigón.

3.3.3.2.2 Fórmulas

Área bruta

$$Ab = Largo \times Ancho$$

Ab = área bruta del bloque, en cm²

Largo = largo en cm del bloque

Ancho = ancho en cm del bloque

Rb = resistencia a compresión, en kg/cm²

F = carga máxima a la rotura, en kgf

Resistencia a compresión

$$Rb = \frac{F}{Ab}$$

Promedio

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

\bar{X} = promedio

$\sum X$ = suma de los datos

Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Coefficiente de variación de Pearson

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$$

N = número de datos

σ = desviación estándar

X_i = cada uno de los datos

V = coeficiente de variación de Pearson

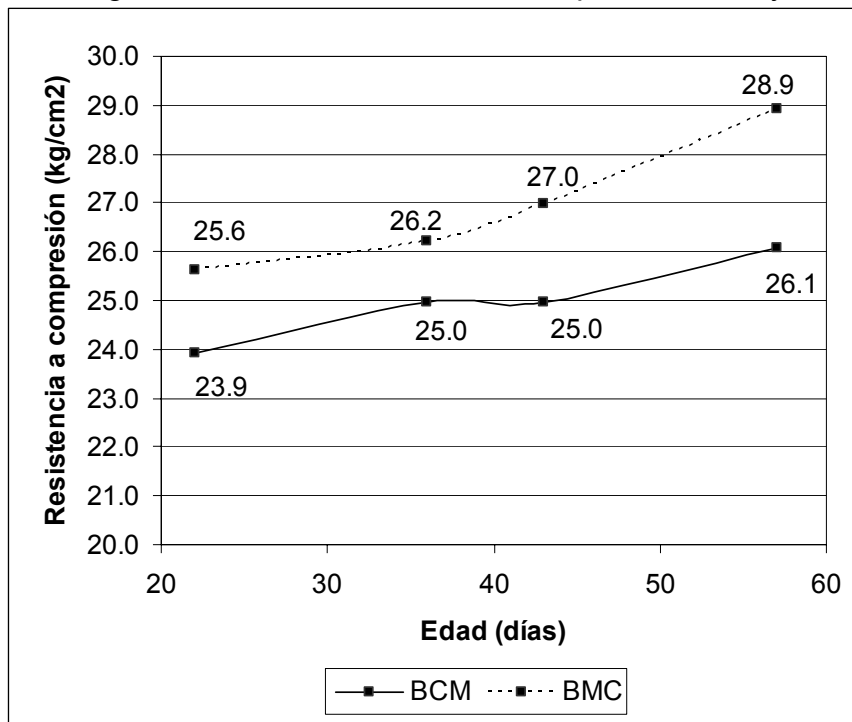
3.3.3.2.3 Resultados

Tabla X. Resistencia a compresión BCM y BMC

Edad (días)	Resistencia a compresión (Rb) kg/cm ²	
	BCM	BMC
22	23.9	25.6
36	25.0	26.2
43	25.0	27.0
57	26.1	28.9

Ver informe de laboratorio.

Figura 7. Gráfica resistencia a compresión BCM y BMC

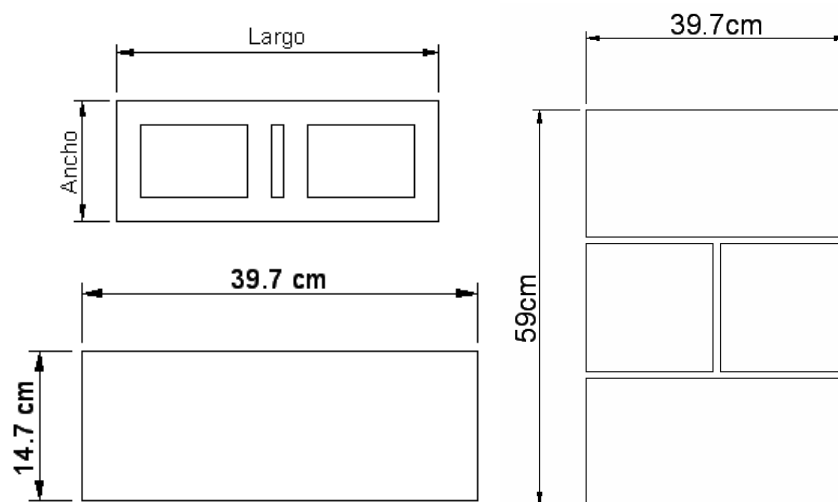


3.3.4. Prismas

3.3.4.1 Resistencia a compresión

Se ensayaron 3 prismas por edad (7, 13, 29 y 130 días) y por tipo de bloque.

Figura 8. Dimensiones prisma compresión

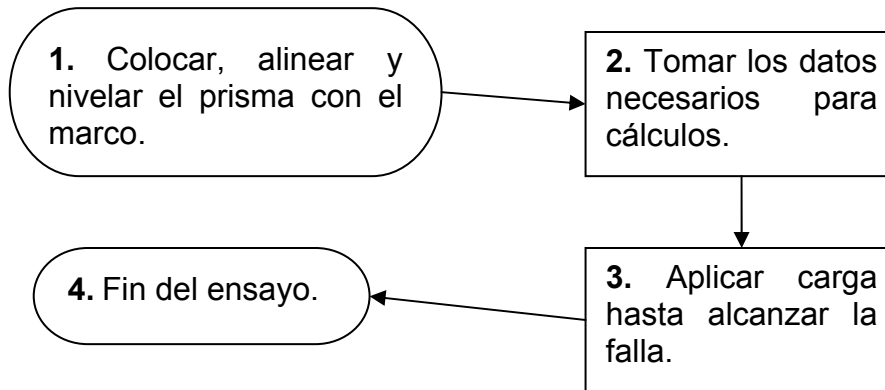


3.3.4.1.1 Norma

ASTM E-447 Standard test method for compressive strength of laboratory constructed masonry. (Método de prueba estándar para resistencia a compresión de mampostería construida en laboratorio).

3.3.4.1.2 Procedimiento

Figura 9. Diagrama ensayo a compresión prismas



3.3.4.1.3 Fórmulas

Área bruta

$$Ab = Largo \times Ancho$$

Ab = área bruta del bloque, en cm²

Largo = largo en cm del bloque

Ancho = ancho en cm del bloque

f_p = resistencia a compresión última, en kg/cm²

F = carga de compresión última (promedio 3 prismas), en kg

Resistencia a compresión

$$f_p = \frac{F}{Ab}$$

Promedio

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

\bar{X} = promedio

$\sum X$ = suma de los datos

Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Coefficiente de variación de Pearson

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$$

N = número de datos

σ = desviación estándar

X_i = cada uno de los datos

V = coeficiente de variación de Pearson

3.3.4.1.4 Resultados

Tabla XI. Carga última y resistencia a compresión PBCM y PBMC

Edad (días)	Carga última (F) (kg)		Resistencia a compresión (f _p) (kg/cm ²)	
	PBCM	PBMC	PBCM	PBMC
7	11233.3	11666.6	19.3	20.0
13	8672.7	8371.0	14.9	14.3
29	5429.9	8898.9	9.3	15.3
130	9351.4	10859.7	16.0	18.6

Ver informe E-11 en anexo.

Figura 10. Gráfica resistencia a compresión PBCM y PBMC

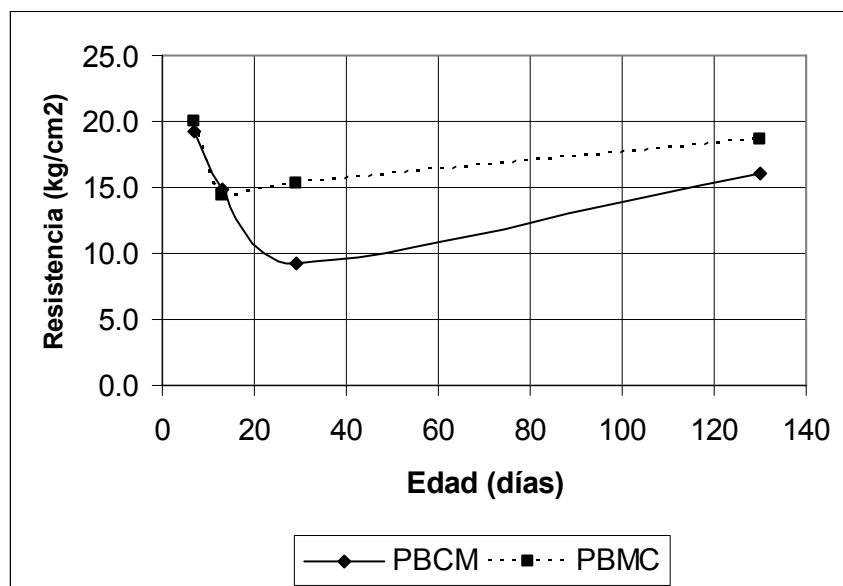


Figura 11. Falla típica ensayo a compresión prismas



3.3.4.2 Adherencia y fricción

Se ensayaron 3 prismas por edad (7, 14, 27 y 130 días) y por tipo de bloque.

Figura 12. Dimensiones prismas adherencia y fricción

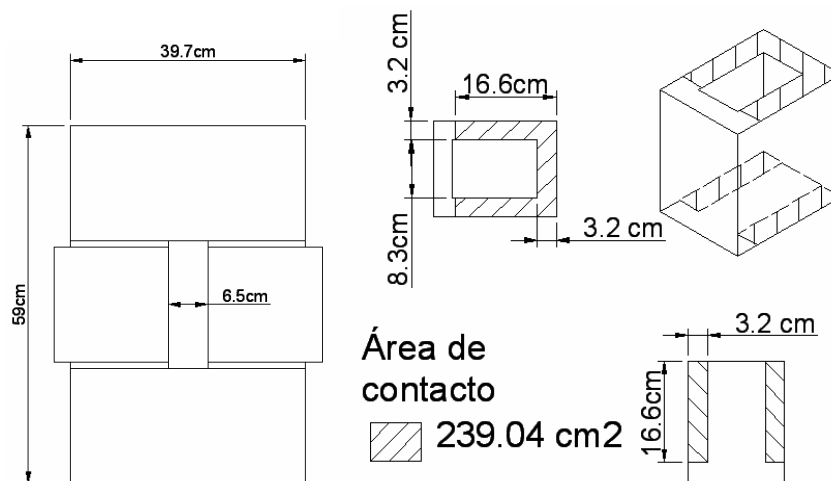
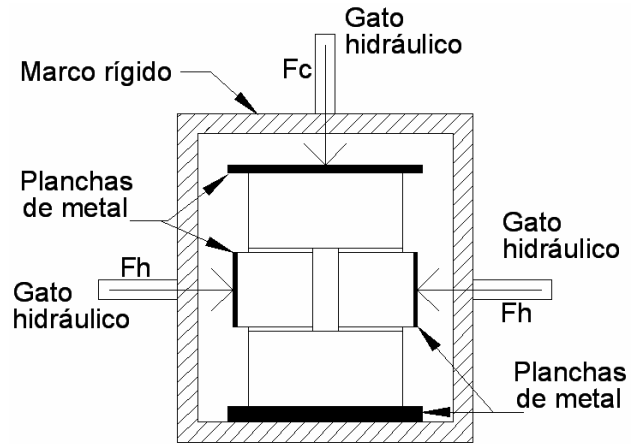


Figura 13. Marco rígido ensayo adherencia y fricción prismas



F_c = carga de confinamiento

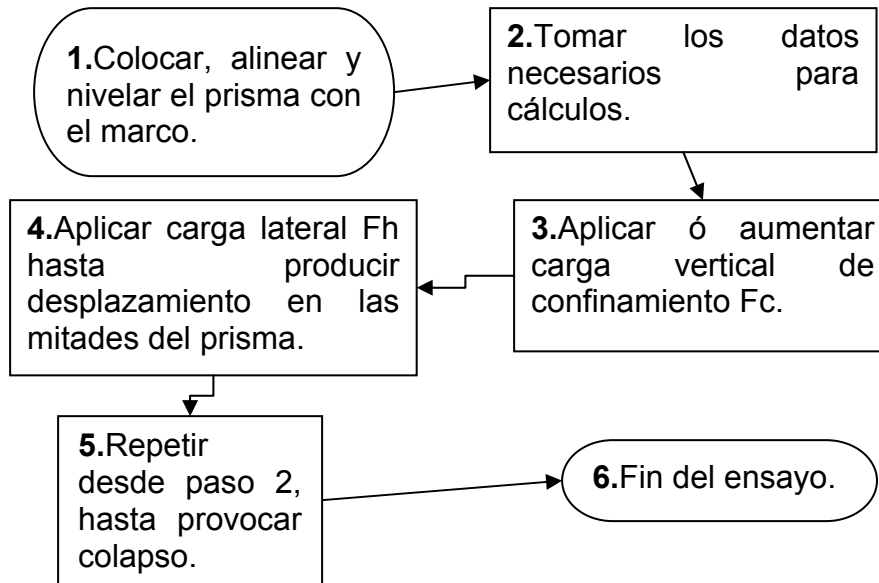
F_h = carga lateral

Figura 14. Ensayo adherencia y fricción prisma



3.3.4.2.1 Procedimiento

Figura 15. Diagrama ensayo adherencia y fricción prismas



3.3.4.2.2 Fórmulas

Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación de Pearson
$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$	$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$
\bar{X} = promedio		
$\sum X$ = suma de los datos		
N = número de datos		
σ = desviación estándar		
X_i = cada uno de los datos		
V = coeficiente de variación de Pearson		

3.3.4.2.3 Resultados

Tabla XII. Coeficiente de fricción PBCM y PBMC

Edad (días)	Coeficiente de fricción (a_1)		Desviación estándar (σ)		Coeficiente de variación (V) (%)	
	PBCM	PBMC	PBCM	PBMC	PBCM	PBMC
7	0.63	0.58	0.15	0.11	23.8	19.0
14	0.61	0.58	0.05	0.03	8.2	5.2
27	0.52	0.49	0.07	0.11	13.5	22.4
130	0.61	0.46	0.06	0.07	9.8	15.2

Ver informe E-11 en anexo.

Figura 16. Gráfica coeficiente de fricción PBCM y PBMC

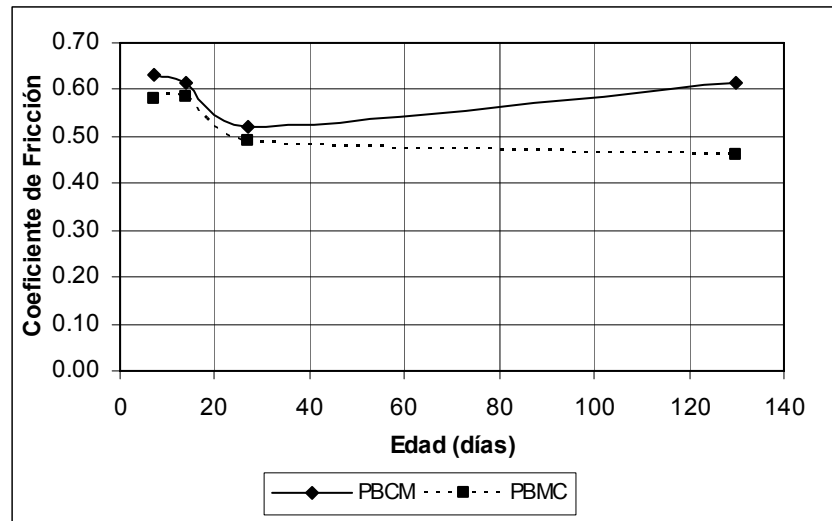
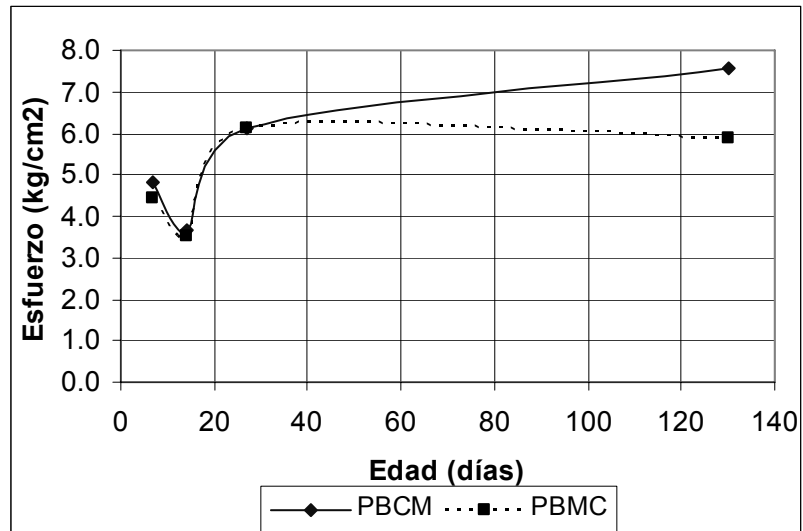


Tabla XIII. Esfuerzo de adherencia PBCM y PBMC

Edad (días)	Esfuerzo de adherencia (kg/cm ²)		Desviación estándar σ (kg/cm ²)		Coeficiente de variación V (%)	
	PBCM	PBMC	PBCM	PBMC	PBCM	PBMC
7	4.8	4.4	1.4	0.5	29.2	11.4
14	3.7	3.5	0.5	1.0	13.5	28.6
27	6.1	6.1	0.8	1.1	13.1	18.0
130	7.6	5.9	0.8	1.0	10.5	17.0

Ver informe E-11 en anexo.

Figura 17. Gráfica esfuerzo de adherencia PBCM y PBMC



3.3.4.3 Corte

Se ensayaron 3 prismas por edad (13, 21 y 28 días) y por tipo de bloque.

Figura 18. Dimensiones prismas a corte

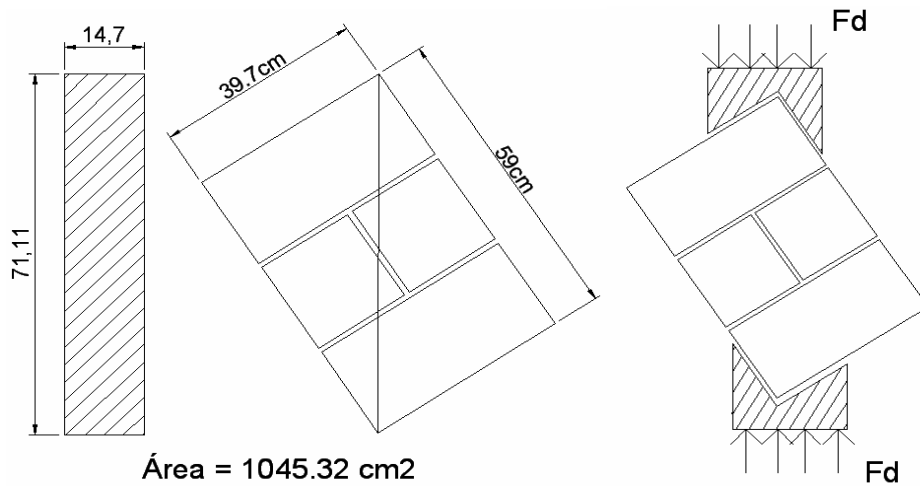


Figura 19. Ensayo a corte prismas

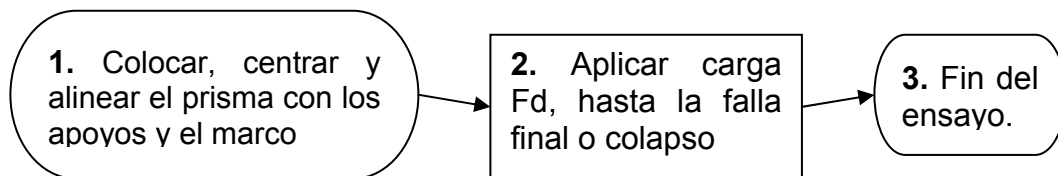


3.3.4.3.1 Norma

ASTM E-519 Standard test method of diagonal tension (shear) in masonry assemblages. (Método de prueba estándar de tensión diagonal (corte) en ensambles de mampostería).

3.3.4.3.2 Procedimiento

Figura 20. Diagrama ensayo a corte prismas



3.3.4.3.3 Formulas

Promedio

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

Desviación estándar

$$\Sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Coefficiente de variación de Pearson

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$$

\bar{X} = promedio

$\sum X$ = suma de los datos

N = número de datos

σ = desviación estándar

X_i = cada uno de los datos

V = coeficiente de variación de Pearson

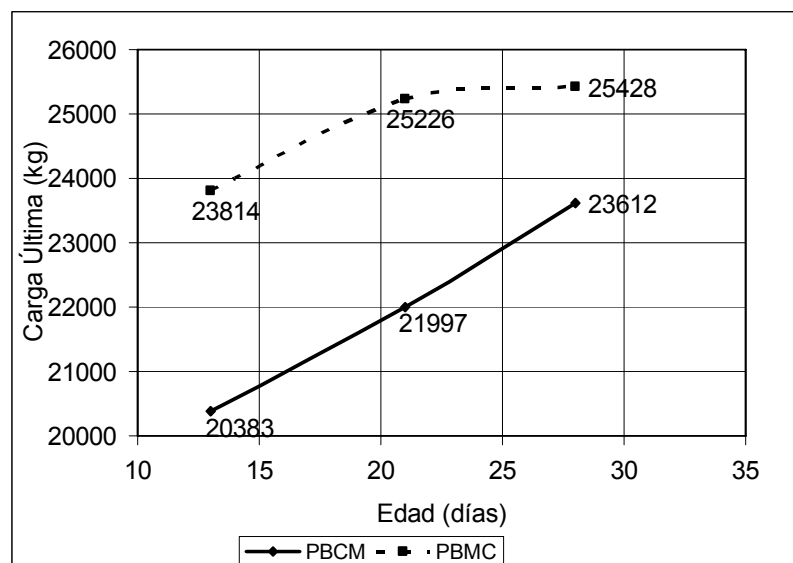
3.3.4.3.4 Resultados

Tabla XIV. Carga última a corte PBCM y PBMC

Edad (días)	Carga última (kg)		Desviación estándar σ (kg)		Coeficiente de variación V (%)	
	PBCM	PBMC	PBCM	PBMC	PBCM	PBMC
13	20382.8	23813.6	3106.8	5041.2	15	21
21	21997.3	25226.2	2986.5	3106.8	14	12
28	23611.8	25428.1	3370.9	3682.7	14	14

Ver informe E-11 en anexo.

Figura 21. Gráfica carga última a corte PBCM y PBMC



3.3.5. Muros

3.3.5.1 Resistencia a compresión

Se ensayó un muro a escala natural, a una edad de 28 días. (Ver figura 22)

Figura 22. Dimensiones y armado muro a compresión

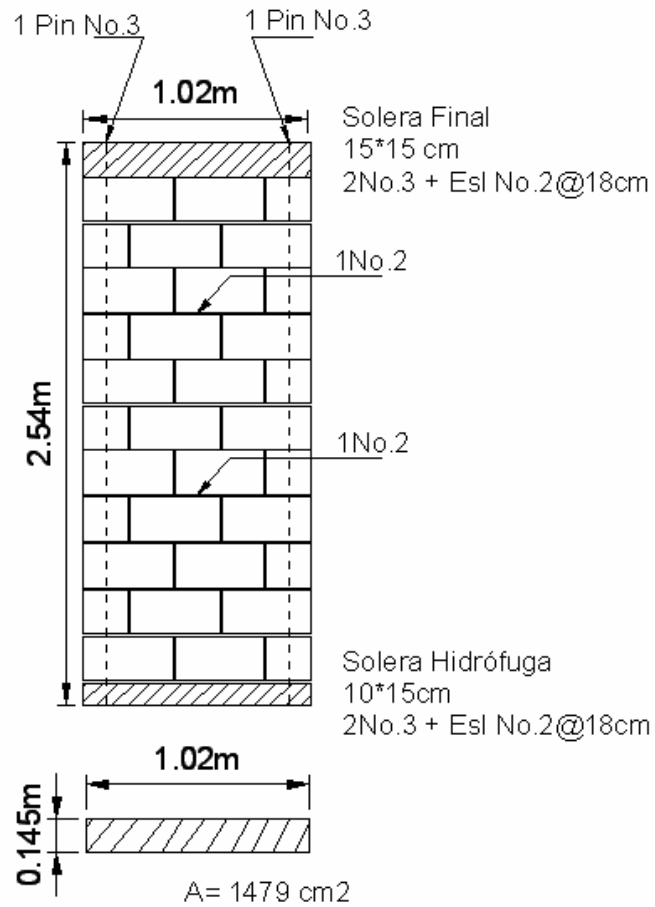
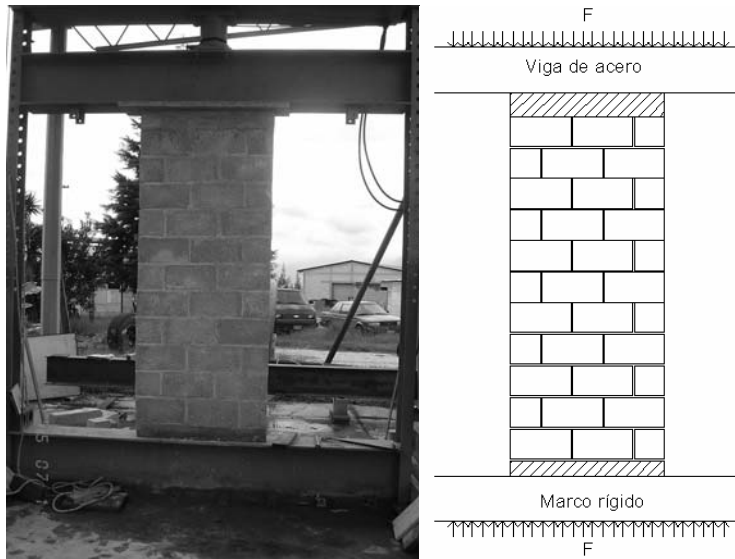


Figura 23. Ensayo muro a compresión

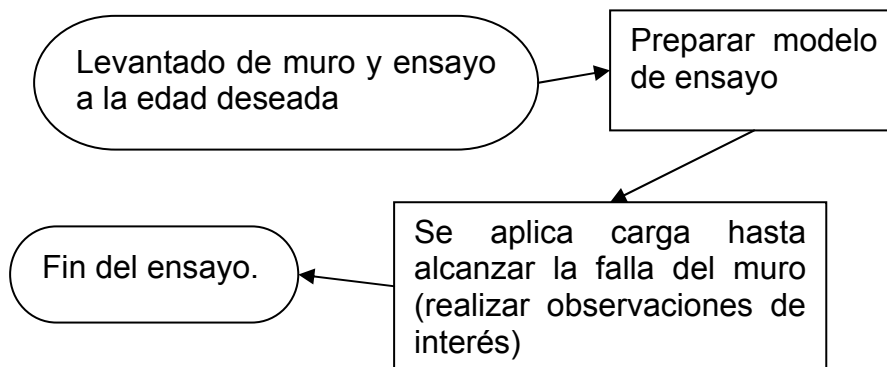


3.3.5.1.1 Norma

ASTM E-447 Standard test method for compressive strength of laboratory constructed masonry. (Método de prueba estándar para resistencia a compresión de mampostería construida en laboratorio).

3.3.5.1.2 Procedimiento

Figura 24. Diagrama ensayo muro a compresión



3.3.5.1.3 Fórmulas

Área

$$Am = \text{largo} \times \text{ancho}$$

Resistencia a compresión

$$f'm = \frac{F}{Am}$$

Am = área del muro, en cm²

largo = largo del muro, en cm

ancho = ancho del muro, en cm

f'm = resistencia a compresión del muro, en kg/cm²

F = Carga a compresión, en kg

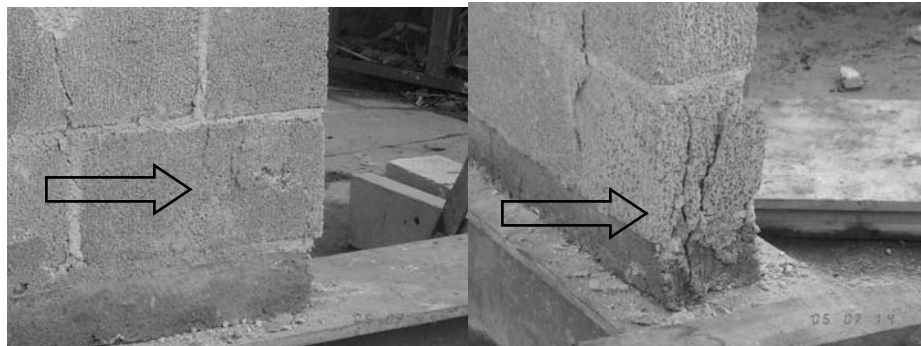
3.3.5.1.4 Resultados

Tabla XV. Ensayo muro a compresión

Carga a la falla (kg)	35 746.6
Carga al colapso (kg)	37 556.6
Resistencia a compresión (kg/cm ²)	24.2

Ver informe E-11 en anexo.

Figura 25. Fallas a compresión en base de muro



3.3.5.2 Corte

Se ensayó un muro a escala natural, a una edad de 29 días. (Ver figura 26)

Figura 26. Dimensiones y armado muro a corte.

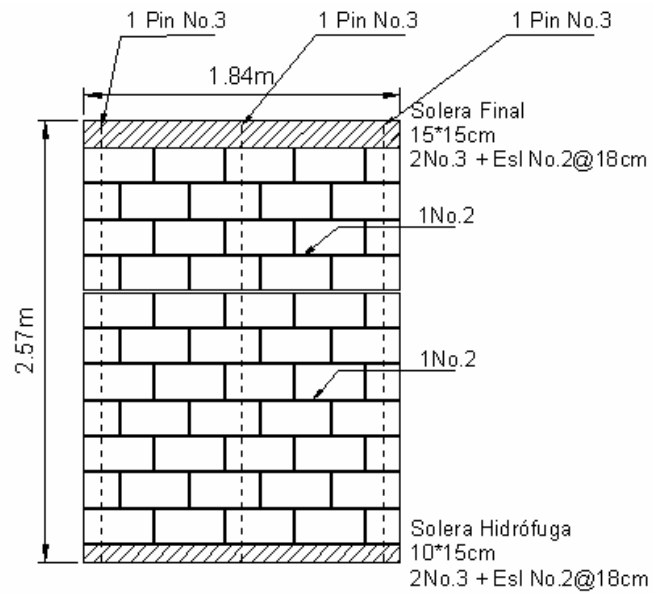
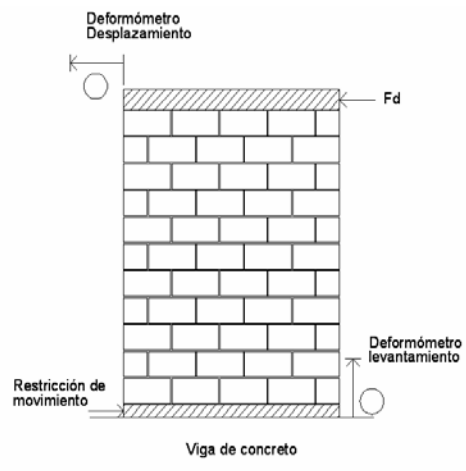


Figura 27. Ensayo muro a corte

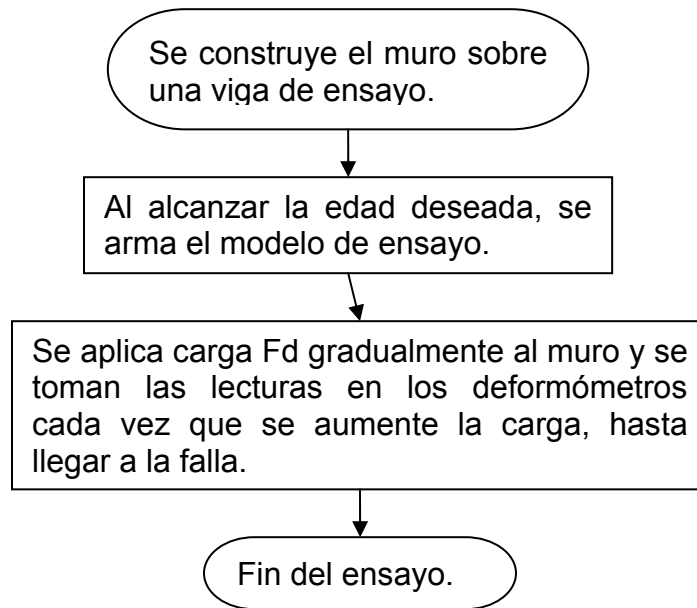


3.3.5.2.1 Norma

ASTM E-519 Standard test method of diagonal tension (shear) in masonry assemblages. (Método de prueba estándar de tensión diagonal (corte) en ensambles de mampostería).

3.3.5.2.2 Procedimiento

Figura 28. Diagrama ensayo muro a corte



3.3.5.2.3 Fórmulas

Deformación

$$df = (d_i - d_0) - (lev_i - lev_0)$$

df = Deformación, en mm

d_i = cada desplazamiento, en mm

d_0 = desplazamiento inicial, en mm

lev_i = cada levantamiento, en mm

lev_0 = levantamiento inicial, en mm

3.3.5.2.4 Resultados

Tabla XVI. Ensayo muro a corte

Carga (Fd) (kg)	Deformación (df) (mm)
0.0	0.00
468.3	0.20
936.7	0.27
1405.0	0.37
1873.3	0.50
2341.6	0.53
2810.0	0.70
3278.3	1.22
3746.6	1.48
4214.9	1.64
4683.3	1.93
5151.6	2.13
5619.9	2.50
6088.2	2.73
6275.6	9.35

Ver informe E-11 en anexo.

Figura 29. Gráfica carga frente a deformación ensayo muro a corte

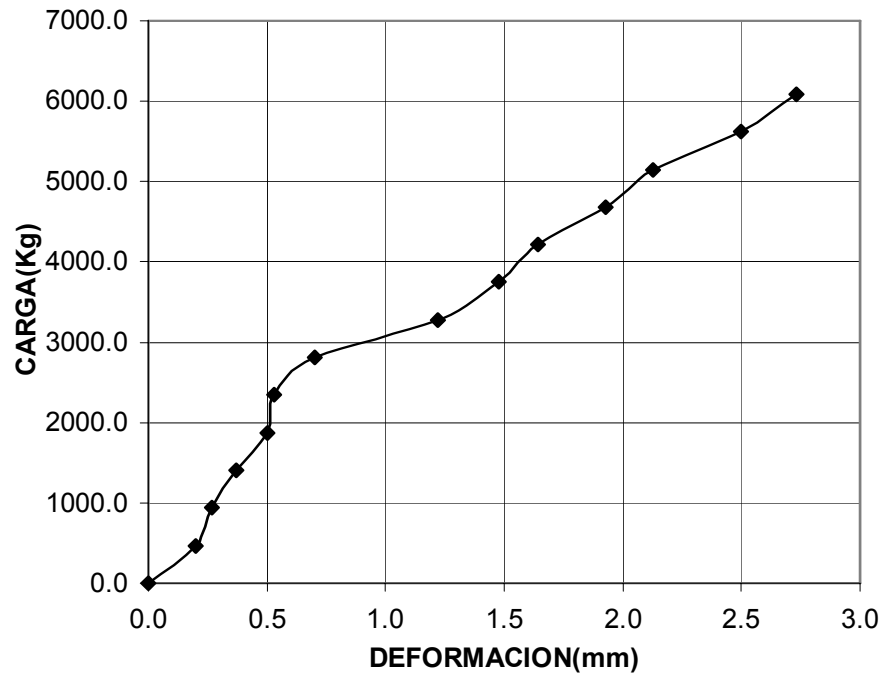


Figura 30. Falla muro a corte



4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Mortero de levantado

El mortero utilizado obtuvo una resistencia a compresión a 28 días de 68.0 kg/cm², retención de agua de 43.6%, contenido de aire de 9.5% y masa unitaria de 1.6 g/cm³.

Este cumple con las especificaciones sobre resistencia a compresión y contenido de aire que establece la norma ASTM C-270, para morteros tipo N de cemento y cal, pero su valor de retención de agua no.

Un valor bajo de retención de agua puede reducir la adherencia del mortero con los bloques.

4.2. Concreto

El concreto utilizado alcanzó una resistencia a compresión a 28 días de 111.5 kg/cm², con una relación agua/cemento de 0.6, se esperaba una resistencia de 140.0 kg/cm² pero no se indicó la relación agua/cemento requerida.

4.3. Bloques

Los BCM son de color gris, textura áspera y bastante porosos, su densidad aparente presenta una tendencia a decrecer entre las edades de 22 días (1082.6 kg/m³) y 43 días (1004.4 kg/m³), y aumenta a los 57 días (1049.5 kg/m³), obteniendo el máximo valor a los 22 días. La densidad aparente de los BCM fué mayor que la de los BMC, a 57 días existía una diferencia entre ambos de 2.18%.

El porcentaje de absorción máxima de agua de los BCM se mantuvo entre un rango de 23% y 27%. El valor de absorción entre ambos bloques no presentó variaciones considerables.

Los BCM presentaron un incremento de resistencia a compresión entre los 22 días (23.9 kg/cm²) y 57 días (26.1 kg/cm²) de 8.5% (2.2 kg/cm²). Entre los BCM y los BMC existió una diferencia de resistencia a los 57 días de 9.7%.

4.4. Prismas

Por el aumento del contenido de humedad (por lluvias), la resistencia de los PBCM y PBMC se redujo entre 7 y 29 días, para los PBCM se obtuvo a 7 días (19.3 kg/cm²) y 29 días (9.3 kg/cm²) una diferencia de 51.7%. Después de 29 días la resistencia a compresión aumentó para ambos, los PBCM alcanzaron a 130 días una resistencia de 16.0 kg/cm² y los PBMC 18.6 kg/cm², los PBCM tuvieron resistencias a compresión menores que los PBMC.

Por el aumento del contenido de humedad (por lluvias), el coeficiente de fricción de los prismas se redujo, para los PBCM entre 7 días (0.63) y 27 días (0.52) 17.5%, después aumentó, recuperando a 130 días (0.61) el 96.8% de su valor a 7 días. El coeficiente de fricción de los PBMC en cambio siguió reduciéndose y a 130 días (0.46) había perdido el 20.7% de su valor a 7 días (0.58).

El esfuerzo de adherencia de los PBCM se redujo inicialmente un 24.3% entre los 7 días (4.8 kg/cm²) y 14 días (3.7 kg/cm²), luego aumentó rápidamente y a los 27 días (6.1 kg/cm²) tuvo un incremento de 27.0% de su valor inicial, a 130 días se tuvo una diferencia entre los PBCM y los PBMC de 22.4%, siendo mayor para los PBCM.

La carga última a corte de los PBCM tuvo una diferencia entre los 13 días (20382.8 kg) y 28 días (23611.8 kg) de 15.9%, entre los PBCM y los PBMC hubo una diferencia a 28 días de 7.5%, siendo mayor para los PBMC.

4.5. Muros

El muro de compresión alcanzó una carga de falla de 35,746.6 kg, obteniendo una resistencia a compresión de 24.2 kg/cm², y una carga de colapso de 37,556.6 kg.

El muro de corte obtuvo una carga de trabajo de 5,600 kg y una carga de colapso de 6,275.6 kg, presentando una falla típica a corte.

CONCLUSIONES

1. Sí es posible fabricar bloques huecos de mampostería con cemento mezclado con escoria de hornos de SIDEGUA, mientras se mantengan las condiciones que se indican en el presente trabajo de graduación.
2. Al utilizar el cemento mezclado (70% cemento portland + 30% escoria), se redujo en un 30% la cantidad de cemento usada, al fabricar bloques huecos de mampostería.
3. Los BCM tardaron 35 días en alcanzar la resistencia mínima que establece la norma COGUANOR NGO 41054, mientras que los BMC tardaron 22 días.
4. Los BMC presentaron siempre mayor resistencia a compresión que los BCM.
5. Los BCM y los BMC se clasifican según norma COGUAMOR NGO 41054 como tipo liviano (masa seca menor a 1680 kg/cm³), clase B (para no soportar carga), grado 2 (para usos limitados).
6. Los PBMC obtuvieron mejores resultados en los ensayos a compresión y corte, mientras que los PBCM fueron mejores en adherencia y fricción.

7. El contenido alto de humedad afectó los valores de resistencia a compresión en los PBCM y los PBMC, también redujo la fuerza de adherencia y el coeficiente de fricción de ambos prismas.
8. En el ensayo a corte, el contenido de humedad no pareció afectar la carga última y siempre estuvo en aumento, incrementándose con mayor velocidad en los PBMC.
9. El coeficiente de fricción y la fuerza de adherencia fueron siempre mayor en los PBCM que en los PBMC.
10. La resistencia a compresión, la fuerza de adherencia y el coeficiente de fricción de los PBCM van en aumento y con mayor rapidez que la de los PBMC, lo que supone que a edades mayores los PBCM igualen la resistencia a compresión de los PBMC.

RECOMENDACIONES

1. Para utilizar los BCM en muros expuestos a la intemperie deben protegerse con un recubrimiento que los impermeabilice.
2. Para utilizar los BCM debe esperarse 30 días después de fabricados, y realizar ensayos de resistencia a compresión para asegurar que alcance la resistencia que establece la norma COGUANOR NGO 41054.
3. Estudiar el comportamiento de los BCM con morteros y concretos fabricados con cementos mezclados (cemento portland + escoria).
4. Realizar otros ensayos a los BCM como: resistencia al fuego, acústica, penetración, permeabilidad, fatiga, etc.
5. Realizar nuevos estudios con una nueva proporción para cementos mezclados (80% cemento portland + 20% escoria), para observar el comportamiento de los bloques.
6. Realizar nuevos estudios para mejorar la resistencia a compresión de los BCM, cambiando las proporciones de materiales que se utilizaron.
7. Evaluar los BCM manteniéndolos en condiciones de curado controladas (calor y humedad).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ASTM C-595 Standard Specifications for Blended Hydraulic Cements.**
(Especificaciones estándar para cementos hidráulicos mezclados).
2. **Biblioteca de Consulta Microsoft Encarta 2005.** 1993-2004 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
3. Solórzano Jiménez, Edgar Francisco. **Caracterización de la escoria de hornos de la planta SIDEGUA como puzolana artificial.** Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, noviembre 2003. 64 pp.
4. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, Cementos, definiciones y nomenclatura. Propuesta ICAITI 41001.
5. Nawy, Edward G. **Concreto reforzado: un enfoque básico.** México: Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, 1995. 743pp.
6. **ASTM C-219 Standard terminology relating to hydraulic cement.**
(Terminología estándar relacionada con cemento hidráulico).

BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI, Argentina, y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo CIID Canadá. “Proyecto Escorias de altos hornos Argentina” **Informe Técnico Final** (Argentina):170.1991.
2. 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, 1985. 99 pp.
3. Palacios Vásquez, Donaldo Tomás. Procedimientos de control de calidad en el proceso de fabricación de bloques de concreto. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 89 pp.
4. Unidad de prácticas de ingeniería y E.P.S. USAC, **Estadística**. Segunda edición. Guatemala: s.e., 2003. 220 pp.

ANEXOS



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



O.T No. 19,391

Informe No. 008 S.AM.

Interesado: David Estuardo Álvarez Cruz
Proyecto: Tesis "Evaluación de bloques huecos de mampostería fabricados con cementos mezclados con escoria de hornos".
Asunto: Evaluación de contenido de aire, masa unitaria, retención de agua, resistencia a compresión a diversas edades, a un mortero predosificado Rapimezcla tipo N, y resistencia compresión a 28 días a concreto liviano predosificado Rapimezcla.
Fecha: 24 de abril de 2006.

- 1 **Generalidades:** El interesado proporcionó un saco de mortero y un saco de concreto liviano, sellados e identificados de la siguiente manera:
- Mortero tipo N Rapimezcla
 - Concreto liviano Rapimezcla

2 **Procedimiento:** Se trabajó de acuerdo a lo indicado en normas ASTM aplicables.

3 **Resultados:**

3.1 Mortero

3.1.1 Contenido de Aire (ASTM C-185, ASTM C-110):

Contenido de Aire (%)	9.5
-----------------------	-----



3.1.2 Masa Unitaria (ASTM C-138):

Masa Unitaria (kg/m³)	1,602.3
---	---------

3.1.3 Retención de agua (ASTM C-1506):

Retención de agua (%)	43.63
----------------------------------	-------

3.1.4 Resistencia a compresión (ASTM C-109):

Edad (días)	Resistencia (kg/cm²)
4	49.3
	49.3
	51.0
13	51.9
	49.3
	52.8
21	59.8
	59.8
	63.3
28	65.1
	70.4
	66.6

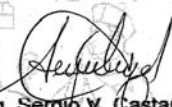


3.2 Concreto Liviano

3.2.1 Resistencia a compresión (ASTM C-39):

Cilindro No.	Resistencia a compresión 28 días (kg/cm ²)
1	111.0
2	112.0

Atentamente:



Ing. Sergio V. Castañeda L.

Jefe Sección de Aglomerantes y Morteros



Vo.Bo. Ing. Cesar A. Garcia G.

Director CII/USAC



O.T No.18, 540, 18,559, 18,594, 18655, 18922

Informe No. 009-2006 S.AM

Interesado: David Estuardo Álvarez Cruz
Proyecto: Tesis "Evaluación de bloques huecos de mampostería fabricados con cementos mezclados con escoria de hornos".
Asunto: Evaluación de dimensiones, densidad aparente, absorción de agua, contenido de humedad, resistencia a compresión a diversas edades a dos tipos de bloques.
Fecha: 24 de abril de 2006.

- 1 Generalidades:** El interesado proporcionó bloques elaborados con cemento mezclado (70 cemento portland + 30 escoria de horno) y mezcla control (100 % cemento portland), para caracterizarlos.
- 2 Procedimiento:** Se trabajó de acuerdo a lo indicado en normas COGUANOR NGO 41 056 h1, 41 056h2 y 41 054.

3 Resultados:



BLOQUES CEMENTOS MEZCLADOS 22 DIAS						
LARGO	ALTO	ANCHO	MASA	ABSORCION	RESISTENCIA	DENSIDAD
cm	cm	cm	kg	%	kg/cm ²	kg/m ³
39.5	14.6	19.2	9.0	21%	26.8	1110.8
39.5	14.4	19.0	7.9	27%	24.7	1059.3
39.7	14.7	19.4	8.9	21%	22.5	1091.1
39.6	14.6	18.9	8.3	28%	15.7	1071.3
39.7	14.9	19.1	8.8	21%	30.0	1080.7

BLOQUES MEZCLA CONTROL 22 DIAS						
LARGO	ALTO	ANCHO	MASA	ABSORCION	RESISTENCIA	DENSIDAD
cm	cm	cm	kg	%	kg/cm ²	kg/m ³
39.7	14.6	19.2	7.9	28%	25.0	1002.8
39.6	14.5	19.3	8.3	25%	30.0	1024.2
39.8	14.6	19.1	8.9	17%	25.0	1120.4
39.7	14.6	19.2	8.1	24%	21.9	1038.6
39.8	14.7	19.3	8.6	20%	26.4	1090.0

BLOQUES CEMENTOS MEZCLADOS 36 DIAS						
LARGO	ALTO	ANCHO	MASA	ABSORCION	RESISTENCIA	DENSIDAD
cm	cm	cm	kg	%	kg/cm ²	kg/m ³
39.6	14.8	19.0	8.5	20%	23.2	1064.6
39.7	14.5	19.2	8.1	23%	39.4	1027.7
39.8	14.9	18.9	8.6	24%	15.7	1032.1
39.5	14.5	19.0	8.2	24%	30.2	1056.0
39.8	14.7	19.3	8.1	26%	16.3	1025.7

BLOQUES MEZCLA CONTROL 36 DIAS						
LARGO	ALTO	ANCHO	MASA	ABSORCION	RESISTENCIA	DENSIDAD
cm	cm	cm	kg	%	kg/cm ²	kg/m ³
39.7	14.7	18.9	8.8	17%	31.0	1099.0
39.6	14.5	18.8	7.6	28%	23.6	992.6
39.5	14.4	19.1	8.6	24%	23.9	1038.5
39.7	14.6	18.8	8.3	19%	21.1	1056.6
39.5	14.6	19.2	7.9	26%	31.5	997.7

BLOQUES CEMENTOS MEZCLADOS 43 DIAS						
LARGO	ALTO	ANCHO	MASA	ABSORCION	RESISTENCIA	DENSIDAD
cm	cm	cm	kg	%	kg/cm ²	kg/m ³
39.6	14.7	19.2	1.0	29%	23.4	971.7
39.6	14.6	19.0	1.1	27%	18.1	1042.2
39.6	14.6	18.5	8.1	27%	29.8	1042.9
39.9	14.7	18.8	7.8	26%	31.8	1005.9
39.6	14.8	19.3	7.7	28%	21.7	959.4

BLOQUES MEZCLA CONTROL 43 DIAS						
--------------------------------	--	--	--	--	--	--



LARGO	ALTO	ANCHO	MASA	ABSORCION	RESISTENCIA	DENSIDAD
cm	cm	cm	kg	%	kg/cm ²	kg/m ³
39.5	14.6	19.4	1.1	29%	22.9	938.4
39.8	14.7	19.2	0.7	28%	30.2	986.8
39.9	14.8	19.3	8.0	27%	25.3	1000.6
39.7	14.7	19.0	8.0	25%	31.1	1014.8
39.8	14.7	18.8	8.0	26%	25.5	1007.4


BLOQUES CEMENTOS MEZCLADOS 57 DIAS						
LARGO	ALTO	ANCHO	MASA	ABSORCION	RESISTENCIA	DENSIDAD
cm	cm	cm	kg	%	kg/cm ²	kg/m ³
39.9	14.8	19.2	0.6	29%	26.1	1078.7
39.6	14.6	19.2	0.8	28%	21.9	983.1
39.9	14.9	19.5	9.7	19%	33.8	1155.7
39.6	14.6	18.8	8.3	25%	29.9	1049.0
39.8	14.9	19.1	8.0	26%	18.8	980.7

BLOQUES MEZCLA CONTROL 57 DIAS						
LARGO	ALTO	ANCHO	MASA	ABSORCION	RESISTENCIA	DENSIDAD
cm	cm	cm	kg	%	kg/cm ²	kg/m ³
39.7	14.7	19.2	1.3	24%	32.6	1007.7
39.7	14.7	19.4	1.1	27%	22.8	998.1
39.6	14.7	19.2	8.2	24%	28.1	1028.0
39.7	14.6	19.1	8.2	24%	29.7	1027.8
39.5	14.5	18.8	8.3	20%	31.6	1071.4

Atentamente:


Ing. Sergio V. Castañeda L.

Jefe Sección de Aglomerantes y Morteros


Vo.Bo. Ing. Cesar A. Garcia G.
Director CI/USAC





INTERESADO: DAVID ESTURADO ALVAREZ CRUZ
ASUNTO: ENSAYOS DE MAMPOSTERIA
FECHA: MARZO DEL 2006

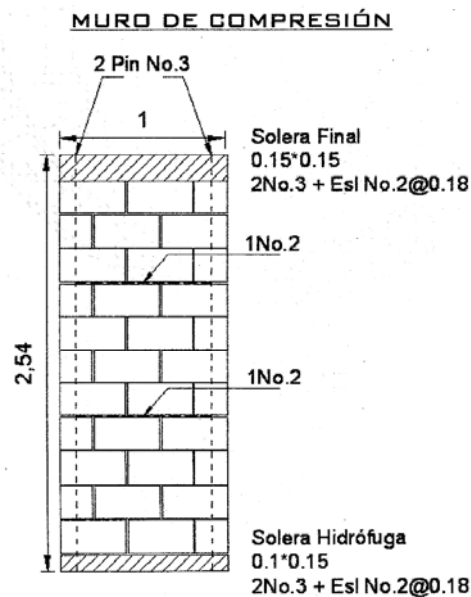
GENERALIDADES:

El interesado presento un muro para ser ensayado a compresión, uno para ensayarlo con carga lateral (corte), y sesenta y seis prismas de mampostería para ensayar de la siguiente manera: veinticuatro a compresión, dieciocho a corte y veinticuatro a fricción y adherencia, para ser ensayados en el laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Los tipos de mezclas para los diferentes prismas a ensayar se distinguirán de la siguiente manera:

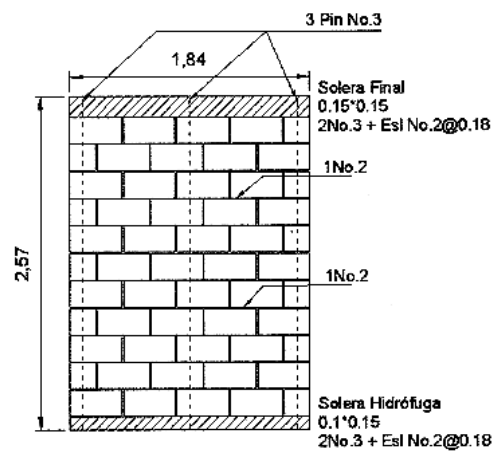
PBCM: Prismas blockes cemento mezclado.
PBMC: Prismas blockes mezcla de control.

Las dimensiones de todos los elementos se dan a continuación:

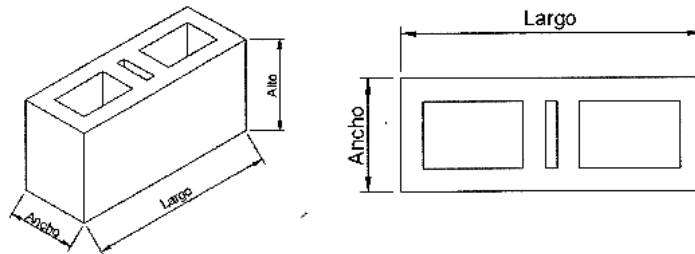




MURO DE CORTE

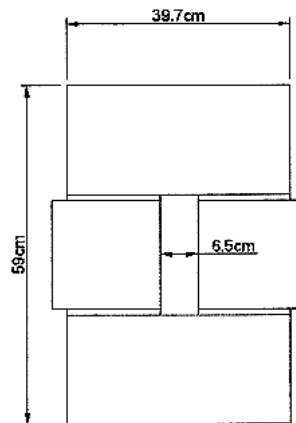


GENERALIDADES BLOCK

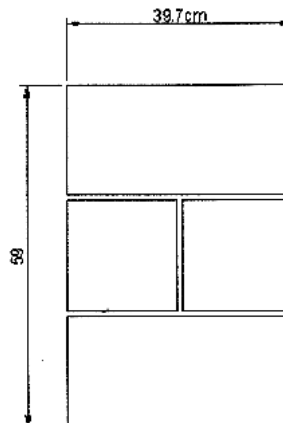




PRISMA DE ADHERENCIA Y FRICIÓN

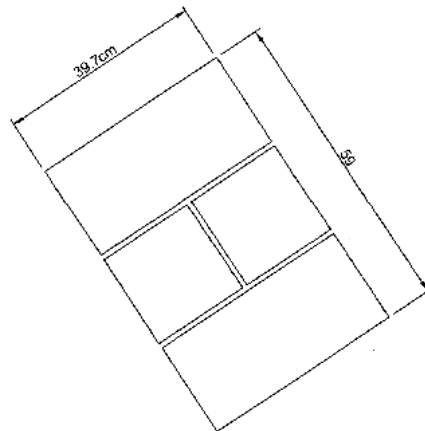


PRISMA A COMPRESIÓN





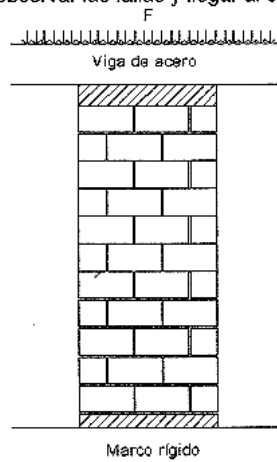
PRISMA A CORTE



ENSAYO DE MURO A COMPRESION

Procedimiento de ensayo:

Se coloca el muro en el marco de carga, debidamente nivelado verticalmente, para aplicarle carga vertical (de compresión) en su sección transversal. La carga se aplica gradualmente hasta observar las fallas y llegar al colapso.





RESULTADOS:

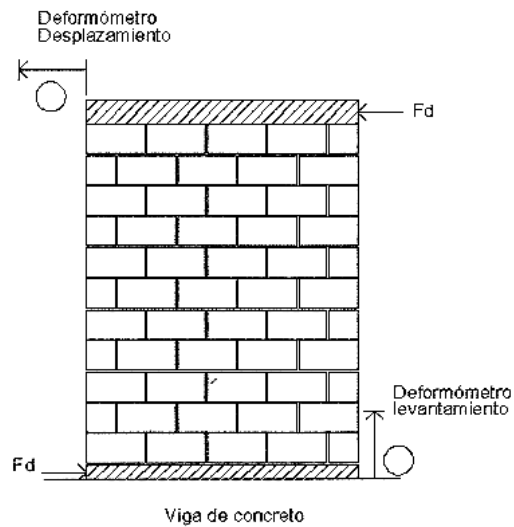
Carga a la falla(kg)
35746.61

Carga al colapso(kg)
37556.56

ENSAYO DE MURO A CORTE

Procedimiento de ensayo:

Se coloca el marco de carga (estructura triangular) con su respectivo gato hidráulico, para aplicarle carga horizontal en el extremo superior del muro. Las cargas se aplican gradualmente y se toman lecturas de deflexión transversal del muro en la cara opuesta a la de la aplicación de la carga, una en la parte superior y otra en el cimiento para observar si existe volteo.

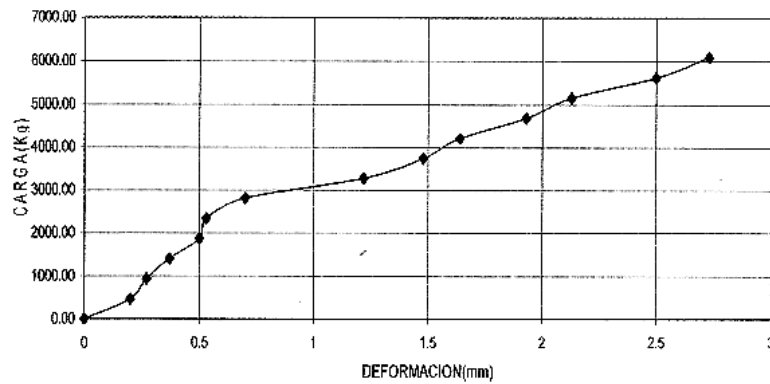




RESULTADOS:

CARGA	DEFORMACION
kg	mm
0.00	0
468.33	0.2
936.65	0.27
1404.98	0.37
1873.30	0.5
2341.63	0.53
2809.95	0.7
3278.28	1.22
3746.61	1.48
4214.93	1.64
4683.26	1.93
5151.58	2.13
5619.91	2.5
6088.24	2.73
6275.57	9.35

GRAFICA
CARGA VRS DEFORMACION

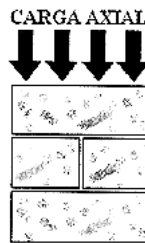




ENSAYO DE PRISMAS A COMPRESION

Procedimiento de ensayo:

Se coloca el prisma en el marco de carga debidamente nivelado verticalmente, para aplicarle carga vertical (de compresión) en su sección transversal. La carga se aplica gradualmente hasta observar el tipo de falla y la carga en la que ocurre hasta llegar al colapso. Los prismas se ensayan a 3, 7, 28 y 56 días de edad.

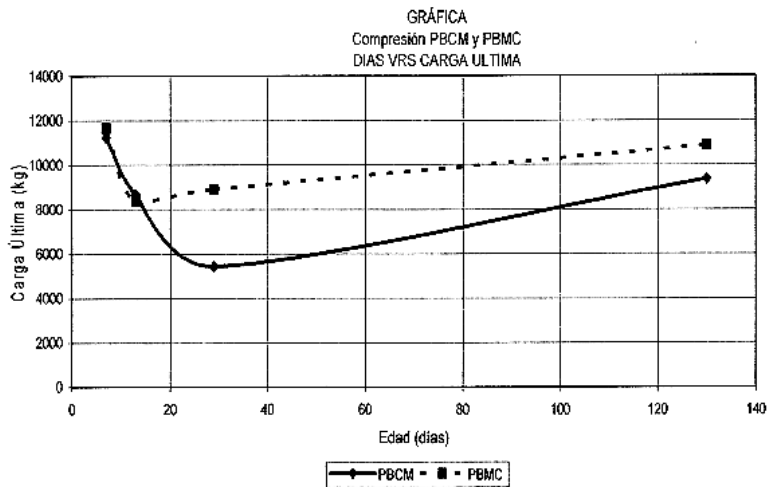


ENSAYO DE
COMPRESION

RESULTADOS:

COMPRESIÓN PBCM						
EDAD	1	2	3	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION
	Carga Última					
días	kg			kg	kg	
7	9200	12700	11800	11233	1818	0.16
13	9050	7692	9276	8673	857	0.10
29	5204	4977	6109	5430	599	0.11
130	8145	11991	7919	9351	2289	0.24

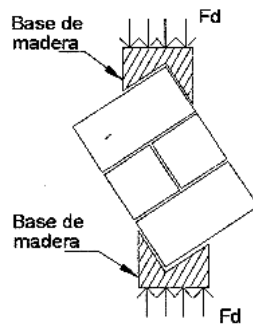
COMPRESIÓN PBMC						
EDAD	1	2	3	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION
	Carga Última					
días	kg			kg	kg	
7	8000	15500	11500	11667	3753	0.32
13	7466	8371	9276	8371	905	0.11
29	7692	9502	9502	8899	1045	0.12
130	10181	12896	9502	10860	1796	0.17



ENSAYO DE PRISMAS A CORTE

Procedimiento de ensayo:

Se coloca el prisma en el marco de carga sobre una esquina formando una línea vertical con la esquina opuesta. La carga se aplica gradualmente en la esquina superior hasta observar el tipo de falla y la carga en la que ocurre hasta llegar al colapso. Los prismas se ensayan a 3, 7, 28 y 56 días de edad.



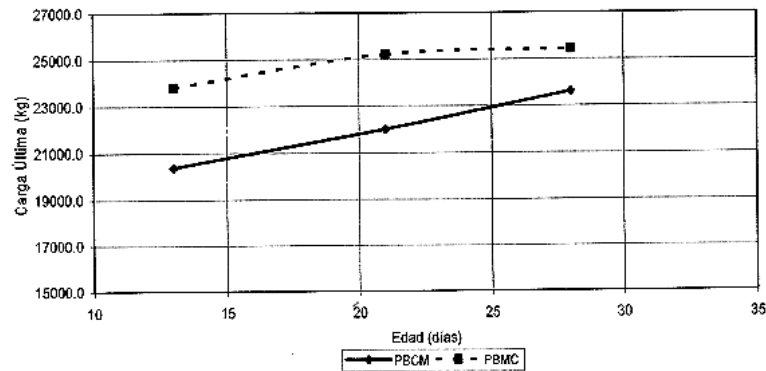


RESULTADOS:

CORTE PBCM						
EDAD	Carga Última			Promedio	Desv. Estandar	Coef. De Variacion
	kg					
días	1	2	3	kg	kg	%
13	23006.3	21190.0	16952.0	20382.8	3106.8	15%
21	19979.2	20584.6	25428.1	21997.3	2986.5	14%
28	24217.2	19979.2	26638.9	23611.8	3370.9	14%

CORTE PBMC						
EDAD	Carga Última			Promedio	Desv. Estandar	Coef. De Variacion
	kg					
días	1	2	3	kg	kg	%
13	27849.8	18162.9	25428.1	23813.6	5041.2	21%
21	21795.5	27849.8	26033.5	25226.2	3106.8	12%
28	23611.8	29666.1	23006.3	25428.1	3682.7	14%

GRAFICA
 DIAS VRS. CARGA ULTIMA

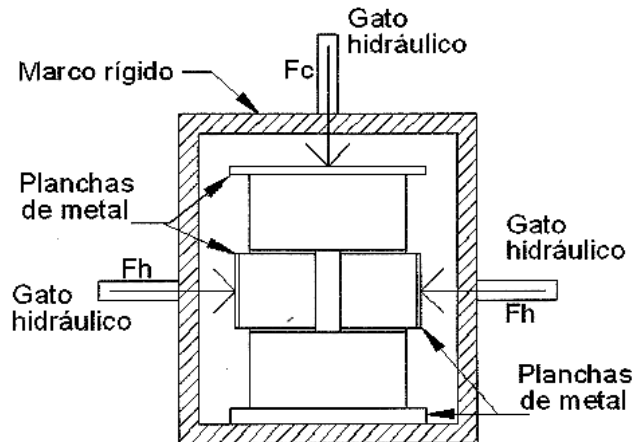
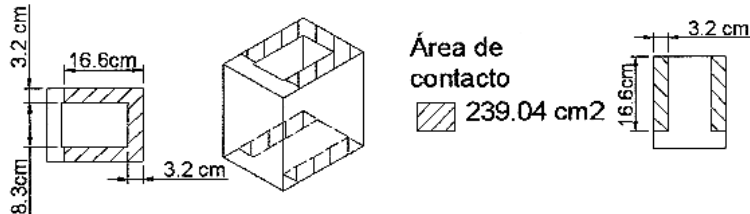




ENSAYO DE PRISMAS A FRICCIÓN Y ADHERENCIA:

Procedimiento de ensayo:

Se coloca el prisma dentro del marco de adherencia para aplicarle una carga vertical (confinamiento) y cargas laterales a los costados. La carga se aplica gradualmente aumentando el confinamiento y aplicando cargas laterales hasta que los elementos se desplacen, tomando lecturas de dichas cargas hasta llegar al colapso. Los prismas se ensayan a 3, 7, 28 y 56 días de edad.



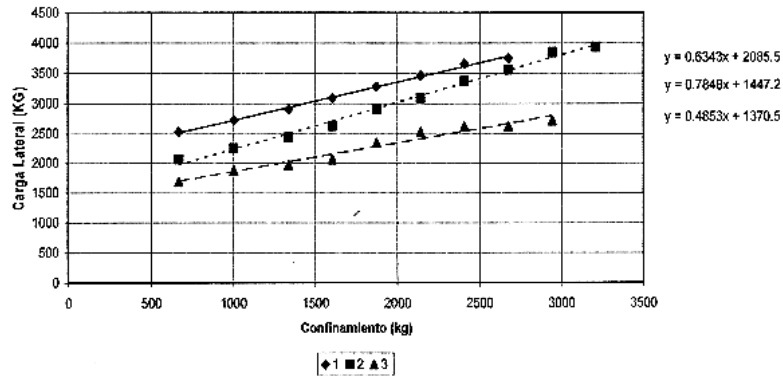


RESULTADOS:

RESULTADOS DE PRISMAS A 7 DIAS PBCM

7 DIAS PBCM		7 DIAS PBCM		7 DIAS PBCM	
1		2		3	
Fh	Fc	Fh	Fc	Fh	Fc
kg	kg	kg	kg	kg	kg
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1498.64	334.50	1123.98	334.50	842.99	334.50
2528.96	669.00	2060.63	669.00	1685.97	669.00
2716.29	1003.50	2247.96	1003.50	1873.30	1003.50
2903.62	1338.00	2435.29	1338.00	1966.97	1338.00
3090.95	1605.60	2622.62	1605.60	2060.63	1605.60
3278.28	1873.20	2903.62	1873.20	2341.63	1873.20
3465.61	2140.80	3090.95	2140.80	2528.96	2140.80
3652.94	2408.40	3371.95	2408.40	2622.62	2408.40
3746.61	2676.00	3559.28	2676.00	2622.62	2676.00
		3840.27	2943.60	2716.29	2943.60
		3933.94	3211.20		

GRAFICA
 CARGA LATERAL VRS CONFINAMIENTO PBCM

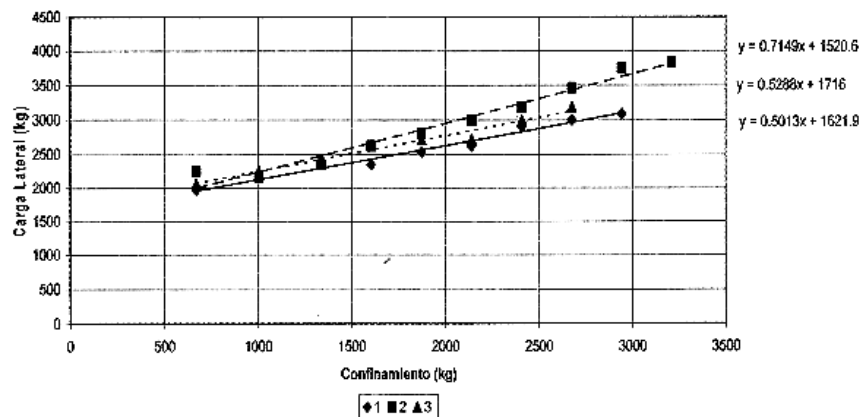




RESULTADOS DE PRISMAS A 7 DIAS PBMC

7 DIAS PBMC 1		7 DIAS PBMC 2		7 DIAS PBMC 3	
Fh	Fc	Fh	Fc	Fh	Fc
KG	KG	KG	KG	KG	KG
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
936.65	334.50	1123.98	334.50	1123.98	334.50
1966.97	669.00	2247.96	669.00	2060.63	669.00
2154.30	1003.50	2154.30	1003.50	2247.96	1003.50
2341.63	1338.00	2341.63	1338.00	2435.29	1338.00
2341.63	1605.60	2622.62	1605.60	2622.62	1605.60
2528.96	1873.20	2809.95	1873.20	2716.29	1873.20
2622.62	2140.80	2997.29	2140.80	2716.29	2140.80
2903.62	2408.40	3184.62	2408.40	2997.29	2408.40
2997.29	2676.00	3465.61	2676.00	3184.62	2676.00
3090.95	2943.60	3746.61	2943.60	3184.62	2943.60
		3840.27	3211.20		

GRAFICA
CARGA LATERAL VRS CONFINAMIENTO PBMC

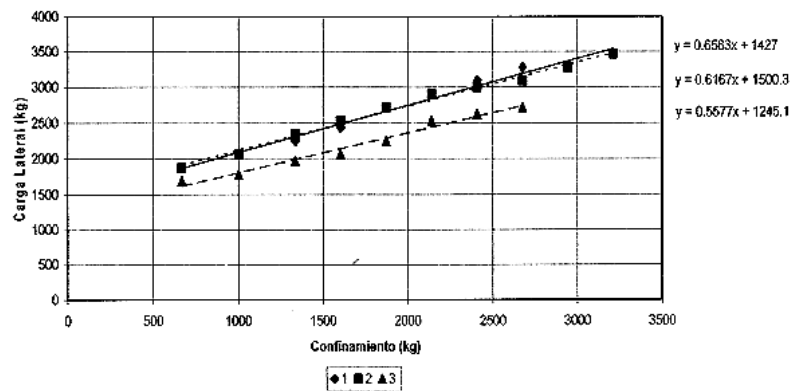




RESULTADOS DE PRISMAS A 14 DIAS PBCM

14 DIAS PBCM		14 DIAS PBCM		14 DIAS PBCM	
1		2		3	
Fh	Fc	Fh	Fc	Fh	Fc
kg	kg	kg	kg	kg	kg
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
936.65	334.50	936.65	334.50	749.32	334.50
1873.30	669.00	1873.30	669.00	1685.97	669.00
2060.63	1003.50	2060.63	1003.50	1779.64	1003.50
2247.96	1338.00	2341.63	1338.00	1966.97	1338.00
2435.29	1605.60	2528.96	1605.60	2060.63	1605.60
2716.29	1873.20	2716.29	1873.20	2247.96	1873.20
2903.62	2140.80	2903.62	2140.80	2528.96	2140.80
3090.95	2408.40	2997.29	2408.40	2622.62	2408.40
3278.28	2676.00	3090.95	2676.00	2716.29	2676.00
3278.28	2943.60	3278.28	2943.60	2528.96	2943.60
3465.61	3211.20	3465.61	3211.20	2622.62	3211.20

GRAFICA
CARGA LATERAL VRS CONFINAMIENTO PBCM

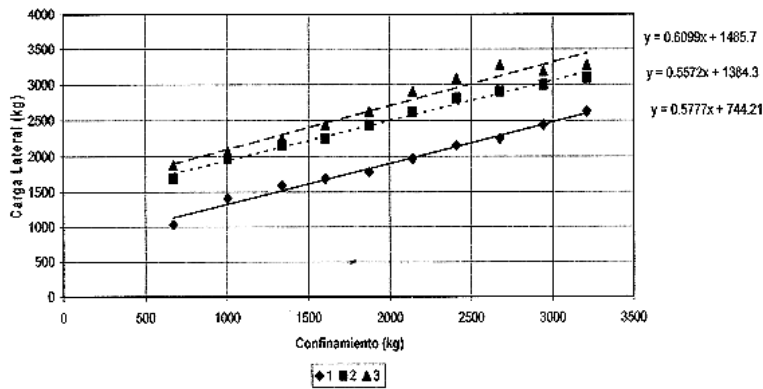




RESULTADOS DE PRISMAS A 14 DIAS PBMC

14 DIAS PBMC 1		14 DIAS PBMC 2		14 DIAS PBMC 3	
Fh kg	Fc kg	Fh kg	Fc kg	Fh kg	Fc kg
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
561.99	334.50	936.65	334.50	1030.32	334.50
1030.32	669.00	1685.97	669.00	1873.30	669.00
1404.98	1003.50	1966.97	1003.50	2060.63	1003.50
1592.31	1338.00	2154.30	1338.00	2247.96	1338.00
1685.97	1605.60	2247.96	1605.60	2435.29	1605.60
1779.64	1873.20	2435.29	1873.20	2622.62	1873.20
1966.97	2140.80	2622.62	2140.80	2903.62	2140.80
2154.30	2408.40	2809.95	2408.40	3090.95	2408.40
2247.96	2676.00	2903.62	2676.00	3278.28	2676.00
2435.29	2943.60	2997.29	2943.60	3184.62	2943.60
2622.62	3211.20	3090.95	3211.20	3278.28	3211.20

GRAFICA
 CARGA LATERAL VRS CONFINAMIENTO PBMC

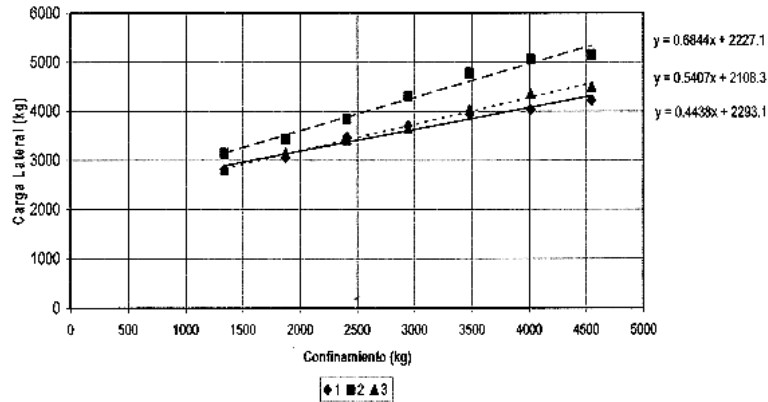




RESULTADOS DE PRISMAS A 27 DIAS PBCM

27 DIAS PBCM 1		27 DIAS PBCM 2		27 DIAS PBCM 3	
Fh kg	Fc kg	Fh kg	Fc kg	Fh kg	Fc kg
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1404.98	669.00	1685.97	669.00	1311.31	669.00
2809.95	1338.00	3137.78	1338.00	2809.95	1338.00
3044.12	1873.20	3418.78	1873.20	3137.78	1873.20
3465.61	2408.40	3840.27	2408.40	3418.78	2408.40
3699.77	2943.60	4308.60	2943.60	3652.94	2943.60
3933.94	3478.80	4776.92	3478.80	4027.60	3478.80
4027.60	4014.00	5057.92	4014.00	4355.43	4014.00
4214.93	4549.20	5151.58	4549.20	4495.93	4549.20
	4950.60				

GRAFICA
 CARGA LATERAL VRS CONFINAMIENTO PBCM

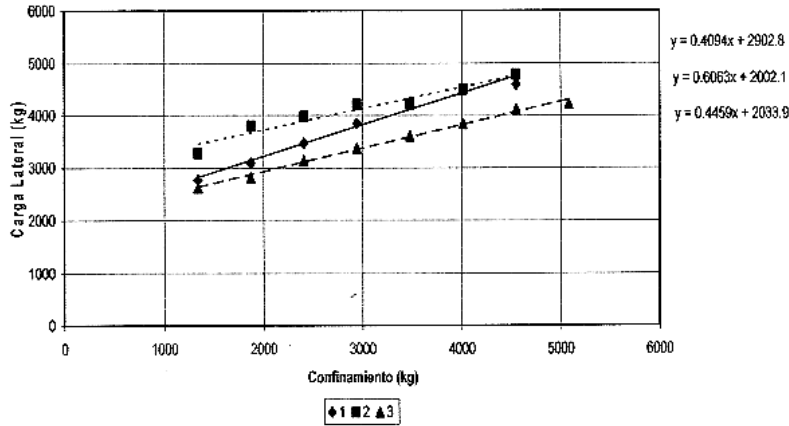




RESULTADOS DE PRISMAS A 27 DIAS PBMC

27 DIAS PBMC		27 DIAS PBMC		27 DIAS PBMC	
1		2		3	
Fh kg	Fc kg	Fh kg	Fc kg	Fh kg	Fc kg
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1311.31	669.00	1779.64	669.00	1311.31	669.00
2763.12	1338.00	3278.28	1338.00	2622.62	1338.00
3090.95	1873.20	3793.44	1873.20	2809.95	1873.20
3465.61	2408.40	3980.77	2408.40	3137.78	2408.40
3840.27	2943.60	4214.93	2943.60	3371.95	2943.60
4261.76	3478.80	4214.93	3478.80	3606.11	3478.80
4495.93	4014.00	4495.93	4014.00	3840.27	4014.00
4589.59	4549.20	4776.92	4549.20	4121.27	4549.20
	5084.40	4214.93	5084.40	4214.93	5084.40

GRAFICA
 CARGA LATERAL VRS CONFINAMIENTO PBMC

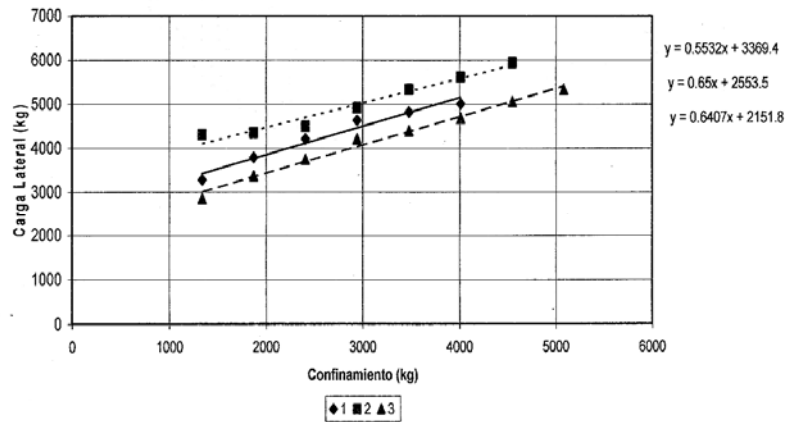




RESULTADOS DE PRISMAS A 130 DIAS PBCM

130 DIAS PBCM		130 DIAS PBCM		130 DIAS PBCM	
1		2		3	
Fh	Fc	Fh	Fc	Fh	Fc
kg	kg	kg	kg	kg	kg
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1873.30	669.00	1966.97	669.00	1592.31	669.00
3278.28	1338.00	4308.60	1338.00	2856.79	1338.00
3793.44	1873.20	4355.43	1873.20	3371.95	1873.20
4214.93	2408.40	4495.93	2408.40	3746.61	2408.40
4636.43	2943.60	4917.42	2943.60	4214.93	2943.60
4823.76	3478.80	5338.91	3478.80	4402.26	3478.80
5011.09	4014.00	5619.91	4014.00	4683.26	4014.00
4776.92	4549.20	5947.74	4549.20	5057.92	4549.20
		5713.57	5084.40	5338.91	5084.40
		5900.90	5619.60		5619.60

GRAFICA
CARGA LATERAL VRS CONFINAMIENTO PBCM

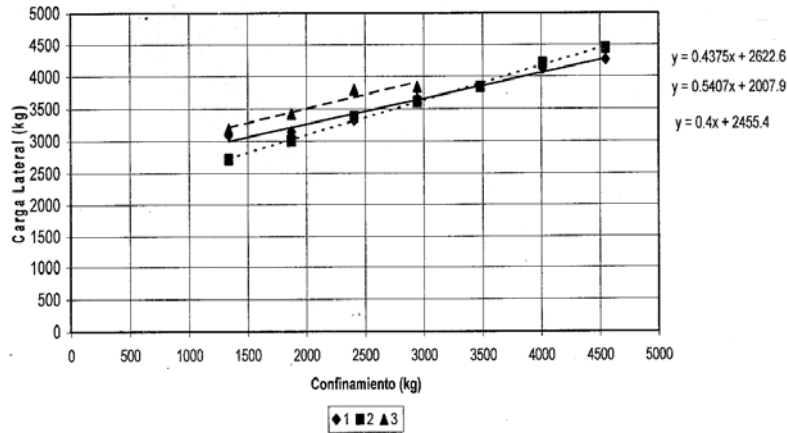




RESULTADOS DE PRISMAS A 130 DIAS PBMC

130 DIAS PBMC 1		130 DIAS PBMC 2		130 DIAS PBMC 3	
Fh kg	Fc kg	Fh kg	Fc kg	Fh kg	Fc kg
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1311.31	669.00	1217.65	669.00	1685.97	669.00
3090.95	1338.00	2716.29	1338.00	3184.62	1338.00
3137.78	1873.20	2997.29	1873.20	3418.78	1873.20
3325.11	2408.40	3371.95	2408.40	3793.44	2408.40
3652.94	2943.60	3606.11	2943.60	3840.27	2943.60
3840.27	3478.80	3840.27	3478.80		
4121.27	4014.00	4214.93	4014.00		
4261.76	4549.20	4449.10	4549.20		
	5084.40				

GRAFICA
CARGA LATERAL VRS CONFINAMIENTO PBMC





ANALISIS DEL RESULTADOS:

- ✓ El esfuerzo axial del muro ensayado a compresión es de:

Esfuerzo a compresión (f'm) (kg/cm²)
24.17

- ✓ La carga de trabajo de el muro ensayado a corte es de:

Carga de Trabajo(Kg)
5600

- ✓ La carga a la cual colapsó el muro ensayado a corte es de:

Carga al colapso(Kg)
6275.57

- ✓ El esfuerzo último de los prismas ensayados a compresión, tomando el área bruta a los diferentes tiempos es de:

ESFUERZO COMPRESIÓN PBCM (ÁREA BRUTA)						
EDAD	1	2	3	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION
	Carga Última					
días	kg			kg	kg	
7	15.76	21.76	20.22	19.25	3.11	0.16
13	15.51	13.18	15.89	14.86	1.47	0.10
29	8.92	8.53	10.47	9.30	1.03	0.11
130	13.96	20.55	13.57	16.02	3.92	0.24

ESFUERZO COMPRESIÓN PBMC (ÁREA BRUTA)						
EDAD	1	2	3	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION
	Carga Última					
días	kg			kg	kg	
7	13.71	26.56	19.71	19.99	6.43	0.32
13	12.79	14.34	15.89	14.34	1.55	0.11
29	13.18	16.28	16.28	15.25	1.79	0.12
130	17.45	22.10	16.28	18.61	3.08	0.17



- ✓ El esfuerzo último de los prismas ensayados a compresión, tomando el área neta a los diferentes tiempos es de:

ESFUERZO COMPRESIÓN PBCM (ÁREA NETA)						
EDAD	1	2	3	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION
	Carga Última					
días	kg			kg	kg	
7	24.77	34.19	31.77	30.24	4.89	0.16
13	24.36	20.71	24.97	23.35	2.31	0.10
29	14.01	13.40	16.45	14.62	1.61	0.11
130	21.93	32.28	21.32	25.18	6.16	0.24

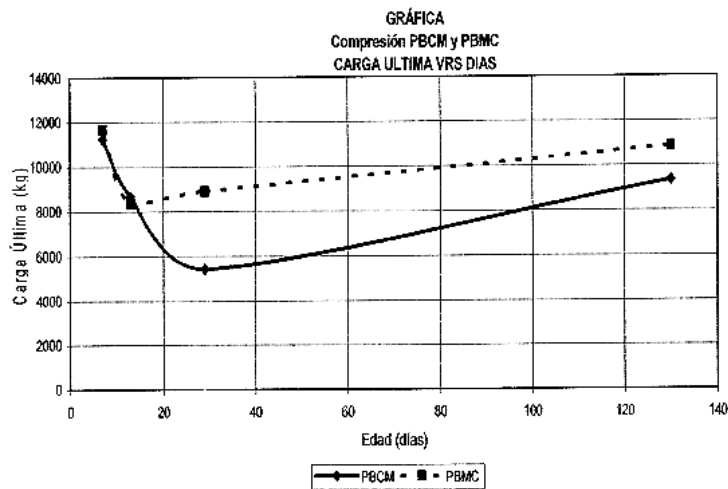
ESFUERZO COMPRESIÓN PBMC (ÁREA NETA)						
EDAD	1	2	3	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION
	Carga Última					
días	kg			kg	kg	
7	21.54	41.73	30.96	31.41	10.10	0.32
13	20.10	22.54	24.97	22.54	2.44	0.11
29	20.71	25.58	25.58	23.96	2.81	0.12
130	27.41	34.72	25.58	29.24	4.83	0.17

- ✓ Las áreas transversales de los block son las siguientes:

Áreas del Block	
Área Bruta (cm ²)=	583.59
Área Neta (cm ²)=	371.43



- ✓ La gráfica de la carga última soportada por los prismas ensayados a compresión versus la edad de ensayo es la siguiente:



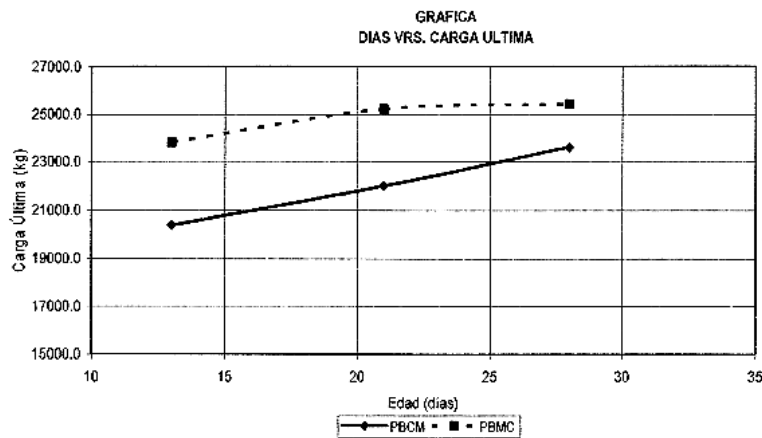
- ✓ Un prisma ensayado a corte equivale a un 70% de un sistema de un muro.
- ✓ Los promedios de la resistencia ultima en los prismas ensayados a corte es de:

CORTE PBCM						
EDAD	Carga Última			Promedio	Desv. Estandar	Coef. De Variacion
	kg					
días	1	2	3	kg	kg	%
13	23006.3	21190.0	16952.0	20382.8	3106.8	15%
21	19979.2	20584.6	25428.1	21997.3	2986.5	14%
28	24217.2	19979.2	26638.9	23611.8	3370.9	14%



CORTE PBMC						
EDAD	Carga Última			Promedio	Desv. Estandar	Coef. De Variacion
	kg					
días	1	2	3	kg	kg	%
13	27849.8	18162.9	25428.1	23813.6	5041.2	21%
21	21795.5	27849.8	26033.5	25226.2	3106.8	12%
28	23611.8	29666.1	23006.3	25428.1	3682.7	14%

- ✓ La gráfica de la carga última soportada por los prismas ensayados a corte versus la edad de ensayo es la siguiente:



- ✓ El área de contacto para los prismas ensayados a adherencia y fricción es de 239.04 centímetros cuadrados.



✓ Los coeficientes de fricción de los prismas son los siguientes:

COEFICIENTES DE FRICCION(PBCM)						
Edad	No. De Muestra			COEFICIENTE DE FRICCION		
	1	2	3	Promedio	Desviación estándar	Coef. De variación
7	0.63	0.78	0.49	0.633	0.145	23%
14	0.66	0.62	0.56	0.613	0.050	8%
27	0.44	0.58	0.54	0.520	0.072	14%
130	0.65	0.55	0.64	0.613	0.055	9%

COEFICIENTES DE FRICCION(PBMC)						
Edad	No. De Muestra			COEFICIENTE DE FRICCION		
	1	2	3	Promedio	Desviación estándar	Coef. De variación
7	0.50	0.71	0.53	0.580	0.114	20%
14	0.58	0.56	0.61	0.583	0.025	4%
27	0.61	0.41	0.45	0.490	0.106	22%
130	0.40	0.54	0.44	0.460	0.072	16%

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

FUERZA DE ADHERENCIA (Kg)(PBCM)						
Edad	No. De Muestra			FUERZA DE ADHERENCIA		
	1	2	3	Promedio	Desviación estándar	Coef. De variación
7	1498.64	1123.98	842.99	1155.20	328.941	28%
14	936.65	936.65	749.32	874.21	108.155	12%
27	1404.98	1685.97	1311.31	1467.42	194.980	13%
130	1873.30	1966.97	1592.31	1810.86	194.980	11%

FUERZA DE ADHERENCIA (Kg)(PBMC)						
Edad	No. De Muestra			FUERZA DE ADHERENCIA		
	1	2	3	Promedio	Desviación estándar	Coef. De variación
7	936.65	1123.98	1123.98	1061.54	108.155	10%
14	561.99	936.65	1030.32	842.99	247.815	29%
27	1311.31	1779.64	1311.31	1467.42	270.388	18%
130	1311.31	1217.65	1685.97	1404.98	247.815	18%



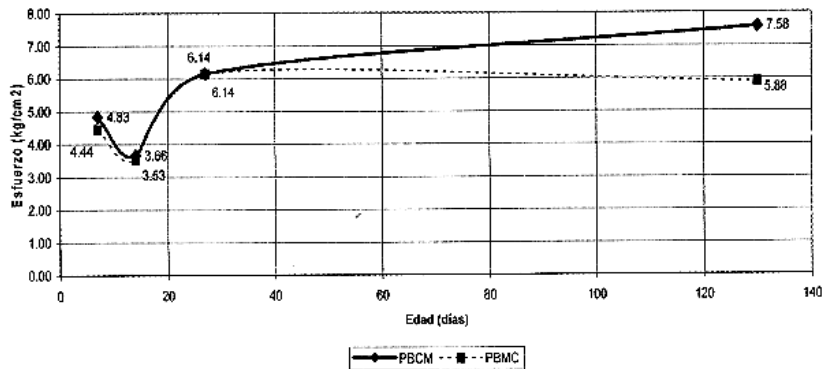
✓ Los esfuerzos de adherencia de los prismas son los siguientes:

Edad	No. De Muestra			ESFUERZO DE ADHERENCIA		
	1	2	3	Promedio	Desviación estándar	Coef. De variación
7	6.27	4.70	3.53	4.83	1.376	28%
14	3.92	3.92	3.13	3.66	0.452	12%
27	5.88	7.05	5.49	6.14	0.816	13%
130	7.84	8.23	6.66	7.58	0.816	11%

Edad	No. De Muestra			ESFUERZO DE ADHERENCIA		
	1	2	3	Promedio	Desviación estándar	Coef. De variación
7	3.92	4.70	4.70	4.44	0.452	10%
14	2.35	3.92	4.31	3.53	1.037	29%
27	5.49	7.44	5.49	6.14	1.131	18%
130	5.49	5.09	7.05	5.88	1.037	18%

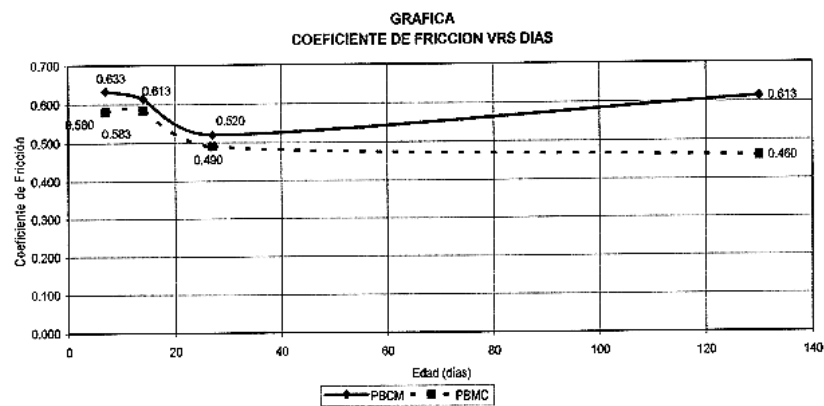
✓ La gráfica de el esfuerzo de adherencia de los prismas versus la edad de ensayo es la siguiente:

GRAFICA
ESFUERZO DE ADHERENCIA VRS DIAS






- ✓ La gráfica de el coeficiente de fricción de los prismas versus la edad de ensayo es la siguiente:




Ing. Mario Rodolfo Corzo
SECCION DE ESTRUCTURAS

Vo.Bo.


Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra.
DIRECTOR CII USAC