



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

**VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 h2
(DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA)**

José Pedro Suntecún Zeceña

Asesorado por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Coasesorado por el Ing. Plinio Estuardo Herrera Rodas

Guatemala, octubre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 h2
[DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA]**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ PEDRO SUNTECÚN ZECEÑA

ASESORADO POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL
COASESORADO POR EL ING. PLINIO ESTUARDO HERRERA RODAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 h2
[DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA]**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha del 11 de septiembre de 2013.

José Pedro Suntecún Zeceña

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.



Guatemala, 4 de agosto de 2014

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

Señor Coordinador:

Luego de un breve saludo, sírvame la presente para informarle que el trabajo de graduación: **Validación del método de ensayo de la norma COGUANOR NTG 41051 h2 (determinación de la resistencia a compresión de prismas de mampostería)**, elaborado por el estudiante universitario José Pedro Suntecún Zeceña, ha sido finalizado a satisfacción y revisado por mi persona.

Sin otro particular,

Atentamente

(f) 

Plinio Estuardo Herrera Rodas
Ingeniero Civil Colegiado No. 3876

Plinio Estuardo Herrera Rodas
Ingeniero Civil
Colegiado No. 3876



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



Guatemala, 27 de agosto de 2014

Ingeniero
Guillermo Francisco Melini Salguero
Área de Materiales y Construcciones Civiles
COORDINADOR

Ingeniero Melini

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación: **VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 h2 (DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA)**, elaborado con el estudiante universitario José Pedro Suntecún Zeceña, quien contó con la asesoría de la suscrita.

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

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"

Inga. Civil Dina Yanet Mejicanos Jol
Col. 5947
ASESORA





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
19 de septiembre de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 h2 (DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA), desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Pedro Suntecún Zeceña, quien contó con la asesoría de la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol.

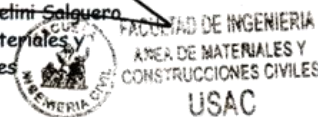
Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Guillermo Melini

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



/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





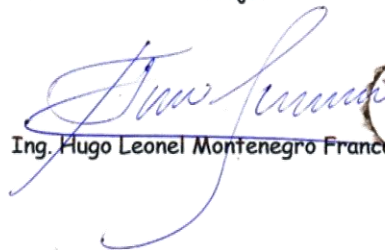
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de los Asesores Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol e Ing. Plinio Estuardo Herrera Rodas y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante José Pedro Suntecún Zeceña, titulado VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 h2 (DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA), da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2014.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 527.2014

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: **VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 h2 (DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA)**, presentado por el estudiante universitario **José Pedro Suntecún Zeceña**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 3 de octubre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida y permitirme alcanzar esta meta.
- Mis padres** Alex Suntecún Castellanos y Casta Zeceña Zeceña, por el apoyo incondicional y sacrificio a lo largo de mi vida y en mis estudios, han sido un ejemplo a seguir.
- Mis hermanas** Mayra Alejandra y María José Suntecún Zeceña, por su apoyo y compañía.
- Mis abuelos** Héctor Suntecún y Bertha de Suntecún, por su amor, oraciones y sabios consejos, siempre me llevaron con bien en mi camino; Pedro Zeceña y Francisca de Zeceña (q.e.p.d.), me enseñaron amor y paciencia, me llevaron siempre a todos lados, hoy soy yo quien los lleva en mi corazón.
- Mis tíos y tías** Por apoyarme y estar siempre presente desde pequeño de forma incondicional.
- Mis primos** A cada uno de mis primos, por estar siempre presentes y apoyarme.

Mis amigos

A cada uno de mis amigos que siempre estuvieron pendientes de mi realización profesional, son parte fundamental de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

- Facultad de Ingeniería** Por permitirme formarme profesionalmente y hacer posible culminar mis estudios.
- CII/USAC** Por permitirme elaborar cada ensayo de este trabajo de graduación. En especial a la Sección de Metales y Materiales Manufacturados, por su gran apoyo durante la realización de mis ensayos, como también a la Sección de Agregados, Concreto y Morteros.
- Mis amigos** Diego López, Daniel Ramos, José Valdez, Absalón Galindo, Carlos Grajeda, Roger Calderón, Edy Rodríguez, Juan Diego Mejía, Josué Chic, Kevin Martínez, Gerber González, Javier Hernández, Pablo Navas, Adelson Calca, Gabriel Moreira, Gabriel García, José de la Cruz, José Galicia, Henry Aba, Christian Valle, Marcos Escalante, Jesús Moreno, César Bernal, Carlos Godoy y a todos mis amigos y compañeros universitarios que no nombré y que me han brindado su apoyo.
- Inga. Dilma Yanet
Mejicanos Jol** Por el asesoramiento del presente trabajo de graduación.

**ICCG y a la Gremial de
Bloqueras de Guatemala**

Ing. Plinio Estuardo Herrera, por el apoyo
brindado para la realización del presente trabajo
de investigación.

	1.1.6.2.2.	Según su uso.....	20
1.2.		Metodología	23
	1.2.1.	Fabricación de prismas de mampostería.....	23
		1.2.1.1. Producción.....	23
		1.2.1.2. Curado	29
		1.2.1.3. Transporte	30
	1.2.2.	Ensayos.....	32
		1.2.2.1. Blocks	32
		1.2.2.1.1. Propiedades físicas	33
		1.2.2.1.1.1. Normas	34
		1.2.2.1.2. Resistencia a compresión	36
		1.2.2.1.2.1. Normas	36
		1.2.2.2. Morteros de pega.....	38
		1.2.2.2.1. Propiedades físicas	39
		1.2.2.2.1.1. Normas	39
		1.2.2.3. Prismas.....	43
		1.2.2.3.1. Resistencia a compresión	43
		1.2.2.3.1.1. Normas	43
2.		MARCO EXPERIMENTAL.....	47
	2.1.	Ensayos de laboratorio.....	47
		2.1.1. Ensayos de los materiales a usar	47
		2.1.1.1. Ensayos de los blocks de concreto.....	47
		2.1.1.1.1. Propiedades físicas	48
		2.1.1.1.2. Resistencia a compresión	51
		2.1.1.2. Ensayos del mortero de pega	53
		2.1.1.2.1. Propiedades de los morteros	54
		2.1.2. Ensayos de los prismas de mampostería	57

2.1.2.1.	Resistencia a compresión	57
2.2.	Interpretación de resultados	63
2.2.1.	Blocks de concreto.....	63
2.2.2.	Mortero de pega.....	66
2.2.3.	Prismas	66
CONCLUSIONES		73
RECOMENDACIONES.....		75
BIBLIOGRAFÍA.....		77
APÉNDICE.....		79
ANEXOS.....		99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tipos de prismas de mampostería.....	5
2.	Isométrico de block de concreto	8
3.	Corte longitudinal del block de concreto	9
4.	Vista de planta del block de concreto.....	9
5.	Corte transversal del block de concreto	10
6.	Corte del block de concreto	25
7.	Fabricación de prismas	27
8.	Curado de prismas.....	29
9.	Transporte de prismas	31
10.	Determinación de propiedades físicas de los blocks	48
11.	Ensayo a compresión de blocks	52
12.	Ensayo de flujo del mortero	54
13.	Ensayo de contenido de aire del mortero	55
14.	Ensayo de retención de agua del mortero	55
15.	Ensayo a compresión del mortero	56
16.	Ensayo a compresión de prismas nivelados con neopreno	58
17.	Ensayo a compresión de prismas nivelados con azufre	58
18.	Gráfica de resistencia a compresión de juegos de prismas, fábrica 1	68
19.	Gráfica de resistencia a compresión de juegos de prismas, fábrica 2	69
20.	Gráfica de resistencia a compresión de juegos de prismas, fábrica 3	70

21.	Gráfica de resistencia a compresión de juegos de prismas, fábrica 4.....	71
22.	Gráfica de comparación de resistencia a compresión de prismas	72

TABLAS

I.	Clasificación por esfuerzo, densidad y absorción de los blocks	12
II.	Proporciones de los morteros de cemento	17
III.	Clasificación de morteros de pega para mamposterías reforzada, según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación (partes por volumen)	20
IV.	Morteros de relleno (partes por volumen).....	20
V.	Proporciones del mortero por volumen.....	21
VI.	Masas unitarias y densidades relativas aparentes	41
VII.	Promedio de medidas principales, fábrica 1	49
VIII.	Promedio de absorción máxima, contenido de humedad y densidad aparente, fábrica 1	49
IX.	Promedio de medidas principales, fábrica 2	49
X.	Promedio de absorción máxima, contenido de humedad y densidad aparente, fábrica 2	50
XI.	Promedio de medidas principales, fábrica 3	50
XII.	Promedio de absorción máxima, contenido de humedad y densidad aparente, fábrica 3	50
XIII.	Promedio de medidas principales, fábrica 4	51
XIV.	Promedio de absorción máxima, contenido de humedad y densidad aparente, fábrica 4	51
XV.	Resistencia a compresión promedio, fábrica 1	52
XVI.	Resistencia a compresión promedio, fábrica 2	52

XVII.	Resistencia a compresión promedio, fábrica 3	53
XVIII.	Resistencia a compresión promedio, fábrica 4	53
XIX.	Resumen esfuerzo, densidad y absorción	53
XX.	Trabajabilidad, contenido de aire y retención de agua del mortero ..	56
XXI.	Resistencia a compresión promedio del mortero	57
XXII.	Resistencia a compresión de prismas nivelados con neopreno, fábrica 1	59
XXIII.	Resistencia a compresión de prismas nivelados con azufre, fábrica 1	59
XXIV.	Resistencia a compresión de prismas nivelados con neopreno, fábrica 2.....	60
XXV.	Resistencia a compresión de prismas nivelados con azufre, fábrica 2.....	60
XXVI.	Resistencia a compresión de prismas nivelados con neopreno, fábrica 3.....	61
XXVII.	Resistencia a compresión de prismas nivelados con azufre, fábrica 3.....	61
XXVIII.	Resistencia a compresión de prismas nivelados con neopreno, fábrica 4.....	62
XXIX.	Resistencia a compresión de prismas nivelados con azufre, fábrica 4.....	62

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Hp	Alto
tp	Ancho
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
cm³	Centímetro cubico
V	Coefficiente de variación de Pearson
σ	Desviación estándar
FC	Factor de corrección
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
h	Hora
klb	Kilo libras
kg	Kilogramo
PSI	Libra sobre pulgada cuadrada
MPa	Megapascales
No.	Número
p.	Página
%	Porcentaje
prom	Promedio
\bar{X}	Promedio
Rel	Relación
f'c	Resistencia a compresión, en kg/cm ²
f'mt	Resistencia a compresión del prisma

GLOSARIO

ASTM	Siglas en inglés, Sociedad Americana de Ensayos y Materiales.
Carga axial	Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural, aplicada al centroide de la sección transversal del mismo, produciendo un esfuerzo uniforme.
Compresión	Resultante de las presiones que existen dentro de un sólido deformable, que genera una reducción de volumen del cuerpo y a un acortamiento del cuerpo.
CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería.
Esfuerzo	Fuerza por unidad de área, o intensidad de fuerzas distribuidas sobre una sección dada.
Esfuerzo bruto	Fuerza por unidad de área que soporta toda el área de la unidad de mampostería.
Esfuerzo neto	Fuerza por unidad de área que soporta solo el área de los tabiques internos de la unidad de mampostería.
Fraguado	Cambio de estado plástico a sólido de la mezcla de mortero
Grout	Mortero especializado para el relleno de espacios.

Juego	Muestra de 5 prismas de mampostería
Mampostería	Obra de albañilería hecha con piedras pequeñas o ladrillos, unidos con mortero.
Mamposte	Unidad de mampostería.
Mortero	Mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua, y posibles aditivos que sirven para pegar elementos de construcción tales como ladrillos, piedras, blocks de hormigón, entre otros.
Unit Strength Method	Método de potencia de la unidad.

RESUMEN

La presente investigación contiene los conocimientos necesarios sobre las propiedades físicas y mecánicas que poseen los materiales (blocks y mortero) por los que están conformados los prismas, sus clasificaciones según las normas y los materiales para la elaboración de los mismos. Una de las principales características que debe cumplir un buen elemento de mampostería es que cuente con las condiciones de resistencia y absorción adecuada para que cumpla con los requerimientos necesarios, para lo cual fue diseñado. La fabricación de prismas de mampostería requiere la utilización de unidades de blocks de buena calidad como de morteros, que garanticen resistencia a la compresión. Debido a esto fue necesario realizar los respectivos ensayos para cada elemento y verificar su calidad de acuerdo a las normas.

Para determinar la resistencia a compresión se realizaron 8 juegos de prismas por cada empresa, de los cuales 5 juegos fueron nivelados con neopreno y los otros 3 con azufre, para poder determinar si existen variaciones de esfuerzos entre los diferentes métodos de nivelación. De la resistencia en general el 62 por ciento de todos los prismas ensayados con nivelación de neopreno poseen una resistencia a compresión (f'_{mt}) mayor a 10,3 megapascales como la norma estadounidense TMS 502-08 for the Unit Strength Method estipula para primas fabricados con blocks con resistencia mínima a compresión de 13,1 megapascales equivalentes al tipo A, mientras que el 95 por ciento de los prismas nivelados con azufre poseen una resistencia a compresión (f'_{mt}) mayor a 10,3 megapascales.

Este incremento de carga en promedio de 3 megapascales se debe a que el nivelado con neopreno genera una base rígida, haciendo que la aplicación de la carga axial no sea de igual forma en toda la superficie de los prismas, mientras que, por medio de la nivelación de azufre se llenan los vacíos y desniveles de la superficie de los prismas, generando que la aplicación de la carga axial sea de igual forma en todo el elemento.

OBJETIVOS

General

Validar el ensayo de la determinación de la resistencia a la compresión de prismas de mampostería.

Específicos

1. Determinar la resistencia a compresión de los prismas de mampostería (f'_{mt}), por medio del método de ensayo de la Norma COGUANOR NTG 41051 h2.
2. Evaluar las fallas que presenten los prismas después de ser ensayados a compresión utilizando en sus caras, superior e inferior, nivelación con azufre o apoyados en neopreno.
3. Determinar si el tipo de block utilizado influye en las características físicas y mecánicas del prisma.
4. Analizar las variaciones que pueden presentar los prismas de las diferentes fábricas al ser sometidos a esfuerzos de compresión, a través de obtener el rango de esfuerzos soportados, tomando en cuenta las cuatro fábricas estudiadas e individualmente.

5. Identificar según Norma COGUANOR NGO 41054 las propiedades de los diferentes tipos de blocks que fueron proporcionados por las diferentes fábricas involucradas en este estudio.

6. Determinar el procedimiento correcto en la preparación de los prismas de mampostería a ensayar según la Norma COGUANOR NTG 41051 h2.

INTRODUCCIÓN

En el siguiente trabajo de investigación se desarrollará la validación de ensayos de prismas de mampostería de la Norma COGUANOR NTG 41051 h2, utilizando blocks de concreto y mortero de pega. Para esto se considerarán las propiedades físico-mecánicas de los prismas de mampostería por medio de ensayos.

Asimismo, se determinará la resistencia a compresión de los prismas de mampostería (f'_{mt}) para cada edad, con las mismas dimensiones de blocks de concreto como de morteros de pega.

Esta investigación tiene la finalidad de establecer la importancia de la validación de una norma al adaptarla al medio, para determinar el procedimiento correcto y adecuado de los ensayos de prismas de mampostería, y así obtener los resultados exactos.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Conceptos básicos

Una norma es una regla que debe ser respetada y que permite ajustar ciertas conductas o actividades. Contiene especificación técnica u otros criterios precisos diseñados para ser usados uniformemente como regla general, directiva o definición.

Su adopción asegura a todos los operadores una referencia clara en términos de especificaciones técnicas, calidad, funcionamiento y confiabilidad. Su objetivo es asegurar que los productos y los servicios son convenientes para su propósito y son tanto comparables como compatibles.

1.1.1. Antecedentes

La industria de la construcción es, en todos los países, un indicador del desarrollo económico y la prueba evidente de su evolución. La capacidad de construir representa tanto realizar lo nuevo, como reutilizar el potencial de lo ya construido. El desarrollo de la construcción ha estado siempre ligado a la disponibilidad de los materiales y de las técnicas que han determinado sus características y escala.

La construcción se ha realizado durante miles de años con dos materiales: piedra y ladrillos de barro cocido. La gran pirámide de Giza (2 560 a.C.) fue, durante siglos, la estructura más alta en el mundo, y en ella se puede ver una de las contribuciones más importantes para el diseño de cualquier

edificio: la modulación; debido a que las piedras se cortaron en medidas que permitieron su transporte y colocación. Por esa razón, actualmente los materiales de construcción están modulados para facilitar su montaje y evitar desperdicios.

En la antigua Mesopotamia se trabajó con otro material: el ladrillo, con el que se construyeron las primeras ciudades. Además, al aplicar esmaltes al ladrillo, se tuvo uno de los primeros ejemplos de integración plástica. En Mesoamérica la evidencia de las pirámides revela una obsesión por lograr una representación de su universo simbólico en tres dimensiones, utilizando piedra y ladrillos de barro.

En Roma se logró un adelanto impresionante con otro material que parece casi milagroso; polvo mezclado con agua que se convierte en piedra: la puzolana. Este material permitió la construcción de los principales edificios y obras públicas de los romanos, especialmente del Panteón (125 d.C.), con una bóveda que aún asombra a los que lo visitan. Los límites de la piedra y del ladrillo como materiales constructivos se concretaron en las catedrales del gótico.

El paso siguiente fue la incorporación del hierro en la construcción, con la obra El Palacio de Cristal (1851) que logró resultados impresionantes; la modulación de los materiales; el primer proceso de prefabricación: un ensamblado en tiempo récord y el vidrio como material de construcción para envolver al edificio.

Con ese antecedente aparecieron materiales nuevos: el acero y el concreto armado. Con el acero se realizaron los primeros edificios verticales con estructura independiente de los muros, que sigue siendo una manera

rápida y eficiente de construir. El concreto armado también ha permitido llevar al material a su límite, tanto en resistencia como en las posibilidades de cobertura. (Antonio Toca Fernández, 2013)

Recinos Corado, José Osmaro (1998) realizó el estudio de *Blocks fabricados con ceniza volcánica y arena pómez*, en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este estudio realizado para la mejora de la resistencia de blocks de concreto, tuvo como resultado, según Norma COGUANOR NTG 41054, como tipo medio (masa seca $1680 \text{ kg/cm}^3 \leq Ps \leq 2000 \text{ kg/cm}^3$) y clase A (uso estructural).

Marroquín Vásquez, Carlos Humberto (2000) desarrolló el trabajo: *Diseño de mezcla para mejorar la resistencia a compresión de blocks utilizando polvo de piedra y arena pómez*, en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este trabajo tiene la finalidad de mejorar la resistencia de los blocks de concreto por medio de la utilización de polvo de piedra y arena pómez, los cuales tuvieron como resultado según Norma COGUANOR NTG 41054, como tipo medio (masa seca $1680 \text{ kg/cm}^3 \leq Ps \leq 2000 \text{ kg/cm}^3$) y clase B (uso general).

Álvarez Cruz, David Estuardo (2006) desarrolló el proyecto: *Evaluación de blocks huecos de mampostería fabricados con cementos mezclados con escoria de hornos*, en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este proyecto trata de reducir la contaminación, como 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. Dichos blocks dieron como resultado

según Norma COGUANOR NTG 41054, como tipo liviano (masa seca menor a 1680 kg/cm³) y clase C (uso no estructural).

Estos proyectos de investigación fueron realizados con la finalidad de mejorar la calidad de los blocks de concreto utilizados en la construcción, como su capacidad de resistencia a compresión, densidad y absorción. Mejorando las características de los blocks se beneficiarían las construcciones que utilizan estos materiales, brindándoles mayor capacidad a compresión y densidad, y menos capacidad de absorción para mantener las características físicas y mecánicas de los blocks.

1.1.2. Normas COGUANOR

La Comisión Guatemalteca de Normas es el Organismo Nacional de Normalización según el Decreto No. 1 523 del Congreso de la República del 05 de mayo de 1962 (COGUANOR), es una entidad adscrita al Ministerio de Economía, cuya principal misión es la de proporcionar soporte técnico al sector productivo y protección al consumidor, por medio de la actividad de normalización.

Este tipo de normas en Guatemala se utilizan como parámetro para verificar las propiedades que poseen los materiales que se utilizan en la fabricación para construcción, en este caso específico son los prismas de blocks de pómez, que se utilizan en mampostería.

1.1.3. Validación

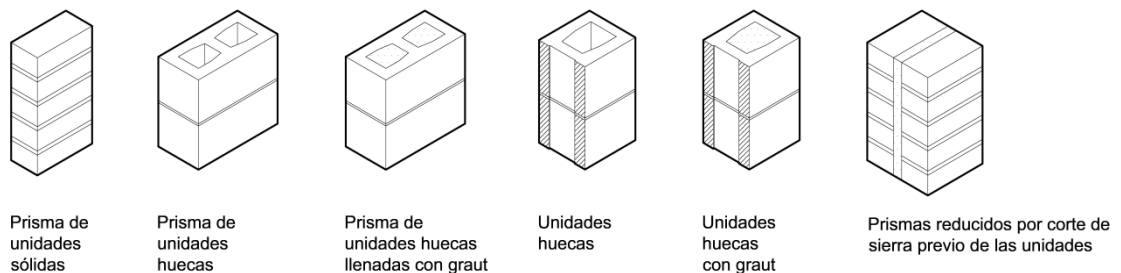
Es el acto documentado de probar que cualquier procedimiento, proceso, equipo, material, actividad o sistema; conduce realmente a los resultados esperados. Es realizar un conjunto de pruebas a manera de:

- Comprobar varios aspectos del comportamiento del método
- Establecer que sirve para el fin previsto

1.1.4. Prismas de mampostería

Son elementos ensamblados de piezas de mampostería con mortero de pega, inyectadas o no de mortero de relleno, usado como espécimen de ensayo para determinar las propiedades de la mampostería.

Figura 1. Tipos de prismas de mampostería



Fuente: elaboración propia, con base en la Norma COGUANOR NTG 41051 h2. p. 8.

1.1.5. Blocks de concreto

Los blocks son materiales que se utilizan para la conformación de paredes o muros, que unidos con otros materiales, permiten la creación de ambientes cerrados. Un block es un elemento en forma de paralelepípedo rectangular con uno o varios huecos. Esta constituido de diversos materiales, los cuales deben proveerle al mismo propiedades físicas y mecánicas para su manejo y utilización.

1.1.5.1. Generalidades de los blocks

En Guatemala, la utilización de este elemento es bastante amplia: se utiliza en todo tipo de construcciones, desde paredes hasta sofisticadas obras en edificios. Debido a que, en su mayor parte se utilizan blocks de arena pómez, permite un manejo práctico debido a su peso liviano.

Adicionalmente posee otras propiedades, tales como: el servir de aislante térmico y acústico, resistente a la intemperie y otras condiciones climáticas propias del territorio.

Existen muchas empresas que se dedican a la producción de este material, el cual es catalogado como bondadoso, debido a que la fabricación del mismo ha contribuido a generar diversas fuentes de trabajo en el territorio nacional. Cada una de estas empresas, utiliza diversos métodos de producción para la elaboración del mismo, cuyas características o propiedades físicas y mecánicas van a depender del proceso que se utiliza en cada fábrica, ya que existen procesos semimecanizados y también lo último en tecnología, como son los computarizados.

1.1.5.2. Clasificación de los blocks

Existen varias formas y métodos de fabricar este producto. La diversidad que este en el mercado varió desde su forma y tamaño, hasta las propiedades físicas que posee; actualmente se fabrican blocks que satisfacen necesidades decorativas y de gusto exigentes.

Debido a esta diversidad y para facilitar el estudio de los mismos dentro del mercado guatemalteco, se clasifican de acuerdo a:

- Su forma y tamaño
- Sus propiedades mecánicas
- Los materiales que se utilizan para su elaboración

1.1.5.2.1. De acuerdo a su forma y tamaño

La forma del block más comúnmente utilizado es la del paralelepípedo rectangular, aunque existen otras formas menos comunes como lo son los blocks ergonómicos, que ya no poseen esa figura.

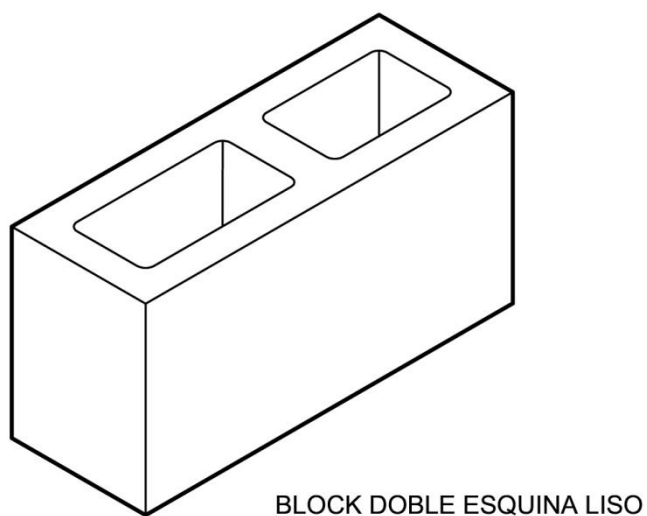
Las formas más utilizadas son: los blocks sólidos, huecos y solera o de tipo U. Los primeros son utilizados principalmente en el área de occidente del país, ya que provee una resistencia mayor a los cambios climáticos típicos de esa región. Los blocks huecos son los que poseen el mayor porcentaje de utilización en Guatemala. Poseen de uno a tres huecos, lo que permite un aislamiento acústico y peso liviano. Los blocks de tipo U son utilizados en la construcción de soleras y para ello poseen un hueco longitudinal, lo que permite la colocación de armadura y mezcla de concreto, dándole una mejor presentación y fácil elaboración.

Los tamaños son diversos, el mismo va a depender del uso para el cual sea fabricado. Estos se clasifican, de acuerdo a su figura volumétrica, en ancho, alto y profundidad.

Actualmente, los más fabricados en el territorio guatemalteco son los que poseen las siguientes dimensiones:

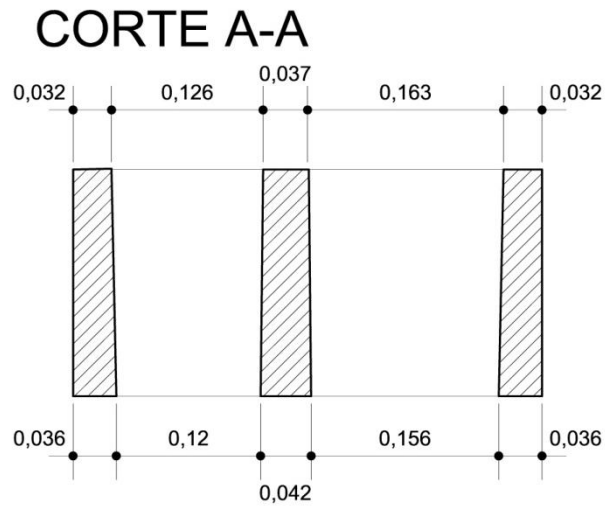
- 9x19x39 cm o 10x20x40 cm
- 14x19x39 cm o 15x20x40 cm
- 19x19x39 cm o 20x20x40 cm

Figura 2. **Isométrico de block de concreto**



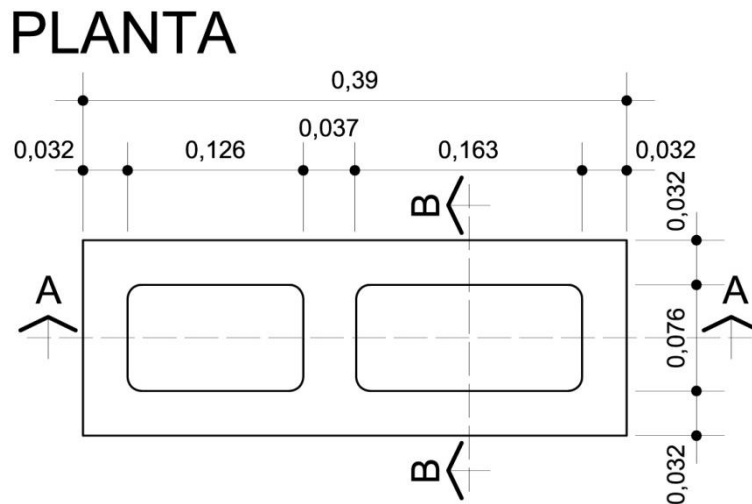
Fuente: elaboración propia, con base en el *Catálogo de unidades de blocks de concreto 14x19x39 cm para levantado de muros con el sistema de mampostería reforzada*. p. 3.

Figura 3. **Corte longitudinal del block de concreto**



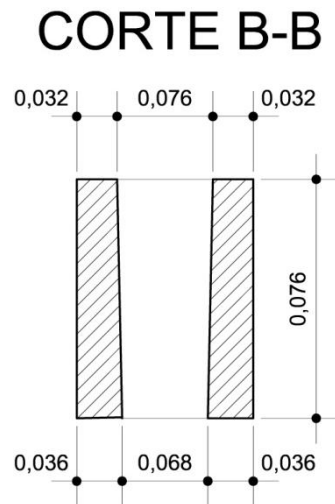
Fuente: elaboración propia, con base en el *Catálogo de unidades de blocks de concreto 14x19x39 cm para levantado de muros con el sistema de mampostería reforzada*. p. 3.

Figura 4. **Vista de planta del block de concreto**



Fuente: elaboración propia, con base en el *Catálogo de unidades de blocks de concreto 14x19x39 cm para levantado de muros con el sistema de mampostería reforzada*. p. 3.

Figura 5. **Corte transversal del block de concreto**



Fuente: elaboración propia, con base en el *Catálogo de unidades de blocks de concreto 14x19x39 cm para levantado de muros con el sistema de mampostería reforzada*. p. 3.

Al igual que los blocks anteriormente mencionados, se suma una gran variedad que se utilizan para ornamento tales como:

- Celosías
- Blocks de cara rústica
- Fachaletas

1.1.5.2.2. De acuerdo a sus propiedades mecánicas

Al examinar las propiedades mecánicas de los blocks, a la que se le da mayor prioridad en el medio, es a la resistencia a la compresión y el grado de absorción que presenta, ya que estas determinan la clase según su uso en la

construcción. Ambas dependen de la mezcla de los materiales que se utilizan, así como la calidad de cada uno de ellos.

Al utilizar una mezcla de cemento Portland, agua y arena pómez, la combinación del primer elemento con el segundo le proporciona la resistencia mecánica a la compresión. Ya que el cemento Portland es un agente hidroreactivo.

Es necesario que contenga la relación adecuada de agua para lograr su resistencia a la compresión.

La arena pómez le proporciona otras propiedades. Aparte de ser un agente abundante en el medio, permite proporcionar un peso liviano al producto, y se adapta fácilmente a la combinación con productos químicos, como colorantes, acelerantes de fraguado y eliminador de poros.

- Clase A

Uso estructural con baja absorción de humedad, para uso en muros exteriores o interiores que soportan carga por debajo o sobre el nivel del suelo. Muros de contención, muros de cimentación, muros de división que soportan carga. Para edificaciones mayores de 100 metros cuadrados de construcción, de uno o dos niveles. Para edificaciones de más de dos niveles se debe cumplir con los requisitos de diseño estructural de la Norma AGIES NSE 7.4. Requisito para edificaciones de mampostería estructural (ver tabla I).

- Clase B

Uso general con mediana absorción de humedad, muros exteriores o interiores que soportan carga sobre el nivel del suelo, para edificaciones con un área máxima de 100 metros cuadrados de construcción y distribución simétrica, de uno o dos niveles (ver tabla I). Los blocks externos o expuestos deben usarse con recubrimiento protector contra las inclemencias del tiempo.

- Clase C

Uso no estructural con alta absorción de humedad, muros exteriores o interiores sobre el nivel del suelo, que no soportan carga, o que la soportan en muros de edificaciones de un nivel, menores de 50 metros cuadrados de construcción con distribución simétrica. También para muros colindantes entre terrenos. Si son muros exteriores debe aplicárseles un recubrimiento o acabado protector contra las inclemencias del tiempo (ver tabla I).

Tabla I. **Clasificación por esfuerzo, densidad y absorción de los blocks**

Clase	Esfuerzo neto		Densidad	Absorción	
	Individual	5 prom.		Individual	5 prom.
A	≥113	≥ 133	D > 2 000	≤ 11	≤10
B	≥ 85	≥100	1 680 ≤ D ≤ 2 000	≤ 16,5	≤15
C	≥ 56	≥66	D < 1 680	≤ 22	≤20
	kg/cm ²		kg/cm ³	por ciento	

Fuente: Norma COGUANOR NTG 41054. p 5 y 6.

1.1.5.2.3. De acuerdo a sus materiales

Al evaluar los blocks de acuerdo a sus materiales, la variedad de estos aumenta sustancialmente, debido a que en el medio se utilizan diversos materiales en diferentes combinaciones.

Los materiales más comunes son: arena pómez, selecto, escoria volcánica, arena de río, polvo de piedra y piedras en pequeñas dimensiones.

Las propiedades que posee cada uno de estos elementos contribuyen a la formación de un producto con propiedades mecánicas y características especiales, por ejemplo, proporcionan estética de acabado en esquinas o en las caras de los mismos.

Otro de los materiales que ejerce diversas propiedades físicas a los blocks es el cemento. Actualmente existe variedad de tipos de cemento en el mercado, los cuales permiten en algunos casos; un fraguado más rápido o permite elevar su resistencia a la compresión.

Las distintas mezclas de estos materiales actúan directamente en el acabado y en las propiedades físicas de los blocks, por lo que es de suma importancia evaluar las proporciones de cada uno de estos para cumplir con las especificaciones que se requieren para los diversos usos que se le den al producto.

1.1.6. Morteros de pega

El mortero es una mezcla natural o artificial de elementos cuyas características constructivas fundamentales sea, inicialmente, su plasticidad, que permite cierta trabajabilidad y moldeado según el requerimiento, y que posteriormente evidencie ganancia de elasticidad mientras endurece, acción que proporcionará un grado de resistencia mecánica (compresión); factores que lo hacen útil como material de construcción; generalmente estas mezclas deben ser inorgánicas y deben estar formadas por: material árido, aglomerante y aditivos.

1.1.6.1. Propiedades del mortero

Dentro de las prestaciones que ofrece un mortero, se deben distinguir dos etapas diferenciadas por su estado físico, que se denominan estado fresco y endurecido. La primera responde a la fase del mortero una vez mezclado y amasado. Su duración varía de acuerdo con el tiempo de fraguado requerido por la proporción que integra la mezcla, así como por la temperatura, humedad, y otros. En esta etapa el mortero es plástico y trabajable, lo que permite su puesta en obra. Superada esta fase el mortero endurece hasta consolidarse. Por ello, es preciso diferenciar diversas propiedades y exigencias en función del estado en que se encuentre el mortero.

Las propiedades relativas al estado fresco, se relacionan con la puesta en obra e influirán, principalmente, en el rendimiento y la calidad de la ejecución. Los requisitos derivados, por tanto, responden a las exigencias del constructor y operarios.

Las propiedades en estado endurecido son estipuladas por las prescripciones de proyecto y por el cumplimiento de las exigencias, normativas y reglamentarias.

Las propiedades del estado fresco son determinantes, pues influirán en gran medida en las prestaciones finales que ofrecerá el mortero. Es necesario subrayar que las características de los morteros, tanto en estado fresco como endurecido, dependen de su aplicación de destino, de acuerdo con la clasificación reflejada anteriormente.

1.1.6.2. Tipos de mortero

Atendiendo a su endurecimiento, se pueden distinguir dos tipos de morteros: los aéreos que son aquellos que endurecen al aire al perder agua por secado y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación, y los hidráulicos o acuáticos que endurecen bajo el agua, debido a que su composición les permite desarrollar resistencias iniciales relativamente altas. Teniendo en cuenta los materiales que los constituyen, pueden ser:

1.1.6.2.1. Según su composición

Los morteros se denominan según sea el aglomerante. Así se tienen morteros de yeso, cal o cemento. Cuando intervienen dos aglomerantes se le llama morteros bastardos, por ejemplo: cemento, cal y cemento-cal, entre otros.

Los morteros, como los aglomerantes, se clasifican en aéreos e hidráulicos.

- Mortero de cemento

Es el más empleado, se compone de arena y cemento Portland. Este mortero tiene altas resistencias y sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo a la proporción de cemento, arena y agua usados. Es hidráulico y debe prepararse teniendo en cuenta que haya el menor tiempo posible entre el amasado y la colocación; se acostumbra mezclarlo en obra, revolviendo primero el cemento y la arena y después adicionando el agua.

En el mortero de cemento al igual que en el concreto, las características de la arena, tales como la granulometría, módulo de finura, forma y textura de las partículas, así como el contenido de materia orgánica, juegan un papel decisivo en su calidad.

En algunos casos, se emplean arenas con ligeros contenidos de limo o arcilla, para darle mayor trabajabilidad al mortero, sin embargo, los morteros fabricados con este tipo de arena no son muy resistentes.

Si el mortero tiene muy poco cemento, la mezcla se hace áspera y poco trabajable, ya que las partículas de arena se rozan entre sí, pues no existe suficiente pasta de cemento que actúe como lubricante. Por otro lado, si el mortero es muy rico, es decir, con alto contenido de cemento, es muy resistente pero con alta retracción en el secado, o sea muy susceptible de agrietarse; estos morteros muy ricos sólo se usan en obras de ingeniería que exijan altas resistencias, tales como muros de contención o cimientos.

Tabla II. **Proporciones de los morteros de cemento**

Mortero	Usos
1:1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1:2	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos. Rellenos.
1:3	Impermeabilizaciones menores. Pisos.
1:4	Pega para ladrillos en muros y baldosines. Pañetes finos.
1:5	Pañetes exteriores. Pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:6 y 1:7	Pañetes interiores: pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1:8 y 1:9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.

Fuente: http://www.uclm.es/area/ing_rural/Hormigon/Temas/Morteros.pdf.

Consulta: 25 de octubre de 2013.

Los morteros 1:1 a 1:3, son de gran resistencia y deben hacerse con arena limpia.

Los morteros 1:4 a 1:6, se deben hacer con arena limpia o semi-lavada.

Para los morteros 1:7 a 1:9, se puede usar arena sucia, pues estos tienen muy poca resistencia.

Los morteros se pueden clasificar en:

- Morteros que tienen suficiente resistencia y por lo tanto pueden soportar cargas a compresión, como sucede en la mampostería estructural.

- Morteros que mantienen unidos los elementos en la posición deseada, tal es el caso del mortero de pega.
 - Morteros que proveen una superficie lisa y uniforme, estos son los de revestimiento y revoque.
 - Morteros que sirven para rellenar juntas entre diferentes elementos constructivos.
- Mortero de cal

Este resulta de la mezcla de sustancias como: agua, cal y arena. Las características de este mortero lo hacen claramente diferenciable de otros tipos de mortero, es muy buscado por su maleabilidad y plasticidad, sin embargo no propicia dureza a tiempos cortos. Existen dos tipos de cal, la aérea, la cual es conocida como cal viva, y la hidráulica. La cal hidráulica se diferencia de la aérea en que está formada por muchos silicatos, su comportamiento es muy parecido al cemento blanco, por lo que no es muy recomendada para la restauración de edificaciones antiguas.

La cal aérea tiene la ventaja de tener propiedades bioclimáticas perdurables, lo que hace que se conserve en buenas condiciones por mucho tiempo. Este material trae consigo un efecto de respiración que permite que la casa pueda controlar su temperatura interna, sin embargo, para lograr mayores objetivos se recomienda que esté complementada con materiales convencionales. Después de apagar la cal, esta se almacena por un período de 6 meses en una bolsa, hay que destacar que mientras mayor sea ese período, mayor será la calidad del producto

resultante. Sin importar el tiempo que tenga la cal en este proceso no deja de ser considerado un material cáustico, capacitado para destruir cualquier elemento orgánico que tenga contacto con él.

- Mortero de cemento-cal

Son aconsejables cuando se busca gran trabajabilidad, buena retención de agua y alta resistencia, superior a la de los morteros de cal; en estos se sustituye parte del cemento por cal, razón por la cual se les conoce también como morteros de cemento rebajado.

Las relaciones de mezcla más usadas, varían entre 1:2:6 y 1:2:10 de cemento, cal y arena. El agua necesaria varía de acuerdo a la composición del mortero y a la consistencia deseada. Si el contenido de cemento es alto, el mortero será de alta resistencia y de poco tiempo entre amasado y colocación, será más o menos trabajable y tiene una contracción del 3 por ciento si el mortero es seco; en cambio si el contenido de cal es alto, tendrá menor resistencia, será mayor el tiempo entre amasado y colocación, será más plástico y permeable, pero tendrá mayor retracción. Si el contenido de arena es alto, la resistencia disminuirá y será poco trabajable, pero tendrá poca retracción. Por lo anterior debe buscarse una combinación adecuada a las condiciones de obra.

Tabla III. **Clasificación de morteros de pega para mampostería reforzada, según resistencia a la compresión a 28 días y dosificación (partes por volumen)**

Tipo de mortero	Resistencia a la compresión			Cemento Portland	Cemento mampostería	Cal	Agregado fino suelto
	(Mpa)	kg/cm ²	(PSI)				
PM	17,2	175	2 500	1	1	0,25	2,25 a 3,0
PL	17,2	175	2 500	1	-	a 0,50	

Fuente: Norma ASTM C-476. p. 271.

Tabla IV. **Morteros de relleno (partes por volumen)**

Tipo de relleno	Cemento Portland	Cal	Agregado fino suelto	Agregado grueso suelto
Relleno fino	1	0 a 0,1	2,25 a 3,0	-
Relleno grueso	1	0 a 0,1	2,25 a 3,0	1 a 2

Fuente: Norma ASTM C-476. p. 272.

1.1.6.2.2. Según su uso

El propósito principal de un mortero de pega en la mampostería, es el de unir las unidades de mampostería en un ensamblaje que actúa como un elemento integral que tiene características de comportamiento deseadas. El mortero de pega influye en las propiedades estructurales del ensamblaje de mampostería, a la vez que reduce su permeabilidad. El mortero de pega de mampostería es comúnmente usado para la unión de las unidades de mampostería en un elemento estructural único.

Tabla V. **Proporciones del mortero por volumen**

Tipo de mortero	Partes de cemento por volumen	Partes de cal por volumen	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días		Retención mínima de agua (por ciento)	Arena
			Mpa	kg/cm ²		
M	1	¼	17,5	175,0	75	No menor que 2.25 y no mayor de 3.5 veces la suma de los volúmenes de cemento y cal
S	1	de ¼ a ½	12,5	125,0	75	
*Sa	1	1	7,0	70,0	75	
N	1	de ½ a 1¼	5,3	53,0	75	
O	1	de 1¼ a 2½	2,5	25,0	75	

Fuente: Norma COGUANOR NTG 41050. p. 11.

Nota: cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento y cal, el contenido máximo de aire debe ser del 13 por ciento

- Mortero tipo M
 - Mortero de alta resistencia a la compresión
 - Brinda mayor durabilidad en comparación con los otros tipos de morteros
 - Uso destinado a mampostería sometida a grandes fuerzas de compresión, acompañadas de congelamiento, grandes cargas laterales de tierra, vientos fuertes y temblores
 - Se recomienda su uso en estructuras en contacto con el suelo, cimentaciones, muros de contención, y otras estructuras

- Mortero tipo S
 - Posee mayor adherencia que otros morteros
 - Uso en estructuras sometidas a cargas de compresión normales, pero que a la vez requieran alta adherencia
 - Debe usarse en casos donde el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como el revestimiento de cerámicos

- Mortero tipo Sa
 - Posee mayor adherencia que otros morteros
 - Uso en estructuras sometidas a cargas de compresión normales y es utilizado en estructuras sobre el nivel del suelo
 - Representa la mejor combinación entre resistencia y trabajabilidad.

Nota: el mortero tipo Sa fue propuesto por la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES), debido al gran intervalo que existía de resistencia a compresión entre los morteros tipo S y el tipo N

- Mortero tipo N
 - Es un mortero de propósito general, utilizado en estructuras sobre el nivel del suelo
 - Es bueno en enchapes, paredes internas y divisiones
 - Representa la mejor combinación entre resistencia, trabajabilidad y economía
 - Las mezclas de este tipo alcanzan una resistencia a la compresión cerca de 125 kg/cm^2

- Debe tenerse en cuenta que la mano de obra y los elementos de albañilería afectan esta resistencia
- Mortero tipo O
 - Son morteros de baja resistencia y alto contenido de cal
 - Son usados en construcción de vivienda de uno o dos pisos
 - Es preferido por los albañiles por su alta trabajabilidad y bajo costo

1.2. Metodología

La realización de los ensayos de prismas de mampostería consta de dos procesos básicos: la fabricación de los prismas, que están conformados por la producción, curado y transporte, y los ensayos de los prismas como de los materiales por los que está conformado.

1.2.1. Fabricación de prismas de mampostería

Para la fabricación de prismas se seguirá el procedimiento indicado en la Norma COGUANOR NTG 41051 h2 (determinación de la resistencia a compresión de prismas de mampostería), la cual es de la siguiente forma:

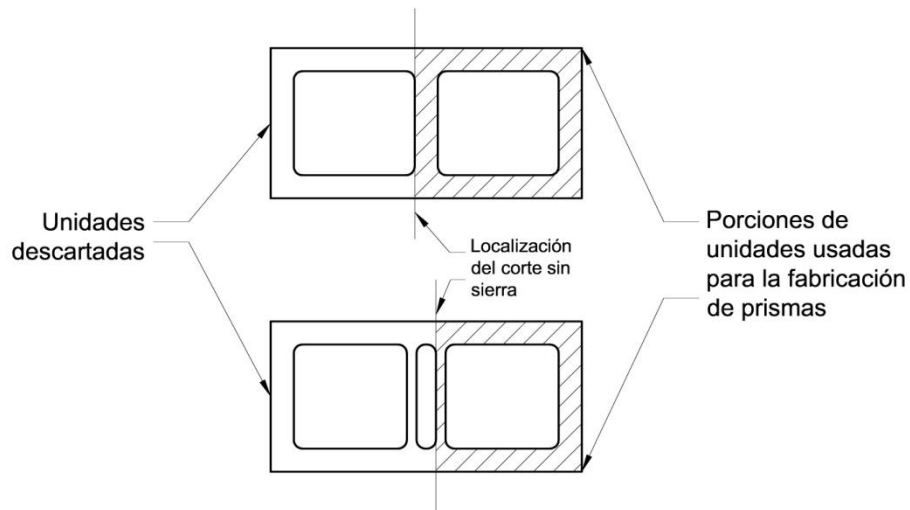
1.2.1.1. Producción

Es importante establecer un orden para la fabricación de los prismas, empezando por la adecuada selección de materiales, por los que estará conformado, hasta el almacenamiento de los mismos.

- Los prismas deben ser fabricados con unidades de mampostería representativas de las usadas en la construcción. Si las unidades tienen estrías o nervaduras que se proyecten 12,5 mm ($\frac{1}{2}$ in) o más, sobre la superficie de la unidad, se debe remover tales estrías o nervaduras por aserrado a ras con la superficie de la unidad en la base de la estría o nervadura.
- Cuando los prismas se usan para el control o aseguramiento de la calidad en la obra, debe registrarse la localización en la estructura que corresponde al juego de prismas fabricado.
- Construir un juego de prismas para cada combinación de materiales y para cada edad de ensayo, para los cuales se debe determinar la resistencia a la compresión de la mampostería.
- Fabricar cada prisma sobre una bolsa abierta y estanca al agua, suficientemente grande para envolver y sellar el prisma completamente. Fabricar los prismas sobre una base plana y nivelada, en un lugar donde puedan permanecer inalterables hasta que sean transportados para su ensayo.
- Fabricar los prismas como se indica en la figura 1, con las unidades colocadas unas sobre otras. Orientar las unidades en el prisma en la forma correspondiente a la de la construcción. Al momento de la fabricación de los prismas, las superficies de las unidades deben estar libres de humedad. Cuando la correspondiente fabricación es de mampostería de doble o múltiple muro, teniendo dos o más muros compuestos de diferentes unidades o morteros, fabricar los prismas representativos de cada diferente muro, y ensayarlos separadamente.

- Fabricar los prismas con unidades de tamaño completo o de longitud reducida. Cualquier corte de sierra requerido debe ser efectuado en las unidades, antes de la fabricación de los prismas. Los contenidos de humedad de las unidades usadas para fabricar los prismas, deben ser representativos de los usados en la construcción. Los prismas compuestos de unidades que contienen celdas independientes cerradas, deben tener al menos una celda completa con un tabique de ancho completo en cada extremo (ver figura 6). Los prismas compuestos de unidades sin celdas independientes cerradas, deben tener una sección transversal lo más simétrica posible, la longitud mínima de los prismas debe ser de 100 mm (4 in).

Figura 6. **Corte del block de concreto**



Fuente: elaboración propia, con base en la Norma COGUANOR NTG 41051 h2. p. 9.

Nota 3: Cuando se usan unidades de mampostería grandes, la experiencia ha señalado que reduciendo la longitud de tales unidades antes de la fabricación del prisma, hace que su manejo y transporte sea más fácil. Por lo tanto estos prismas de unidades de longitud reducida son más propicios para ser cabeceados y ensayados apropiadamente. También es menos probable que el prisma más pequeño sea afectado por efectos de pandeo de placa durante el ensayo, como se describe en la nota 8 de la presente norma, y por lo tanto proveerán de una evaluación más exacta de la resistencia de los materiales en el prisma de mampostería. Por estas razones se estimula el uso de prismas de longitud reducida.

- Fabricar los prismas con camas completas de mortero (en todos los tabiques y paredes de las unidades) usar un mortero representativo del usado en la construcción. Usar juntas de mortero y un método de posicionar y alinear las unidades, que sea representativo del usado en la construcción. Usar juntas de mortero cortadas al ras. Para prismas que deben ser llenados con *grout*, remover todas las protuberancias o rebabas de mortero hacia el espacio del *grout*.
- Fabricar los prismas de un mínimo de dos unidades en altura con una relación de altura a espesor del prisma h_p/tp , entre 1,3 y 5,0.
- Inmediatamente después de la fabricación del prisma, sellar la bolsa estanca al agua alrededor del prisma.

Figura 7. **Fabricación de prismas**



Fuente: área de máquinas CI17/USAC.

- Prismas llenados con *grout*.
 - Cuando se usen los prismas para control o aseguramiento de calidad en la obra, fabricar los prismas al mismo tiempo que la correspondiente construcción y llenarlos con *grout*, cuando la correspondiente construcción lleva *grout*. Si los prismas son usados para otros propósitos, deben ser llenados con el *grout* a no menos de 4h ni más de 48 h después de su fabricación.
 - Cuando la correspondiente construcción vaya a ser llenada con *grout* consolidado, llenar también con *grout* consolidado los prismas representativos. Usar un *grout* representativo del usado en la construcción. Antes de colocarlo, remover las rebabas de mortero del espacio del *grout*. Usar procedimientos de consolidación o re-consolidación del *grout* representativos de los usados en la construcción. Colocar el *grout* adicional en los prismas como sea necesario, después de cada consolidación. Enrasar el exceso y acabar el *grout* de modo que quede nivelado con el tope del prisma

y en contacto con las unidades en el perímetro del espacio del *grout*. Los especímenes con *grout* no deben contener ningún refuerzo.

- Cuando la correspondiente construcción vaya a ser parcialmente llenada con *grout*, fabricar dos juegos de prismas, un juego llenado con *grout* como se indica en 5.9.2 y dejar el otro sin él.
- Cuando se tengan unidades abiertas o prismas que contengan *grout* entre muros similares que deben ser unidos por *grout*, usar unidades similares de mampostería como moldes para confinar el *grout* mientras se coloca. Reforzar los moldes para evitar su desplazamiento durante la colocación del *grout*; colocarlo como se indica en 5.9.2.
- Inmediatamente después de la operación de colocación del *grout*, sellar la bolsa estanca al agua alrededor del prisma.
- Mantener todos los prismas protegidos del congelamiento. No perturbar o mover los prismas durante las primeras 48 horas después de su fabricación. Mantener los prismas en las bolsas estancas al agua hasta las 48 horas antes de su ensayo.
- Almacenar un termómetro de máximas y mínimas con los prismas, y registrar las temperaturas máximas y mínimas experimentadas durante el período inicial de 48 horas.

1.2.1.2. Curado

La resistencia y adherencia del mortero de la junta y los blocks de concreto, dependen de que el aglomerante logre el mayor grado de hidratación posible, por lo cual es necesario evitar que dicho mortero pierda el agua de mezcla realizando el curado de los prismas.

- Después de la etapa inicial de 48 h de curado para prismas fabricados, es muy importante mantener los prismas dentro de sus bolsas en un área con una temperatura ambiente de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$ ($75^{\circ}\text{F} \pm 15^{\circ}\text{F}$), y así no se vea afectado las propiedades de los prismas debido a la humedad que pueda captar o deshidratación que puedan tener los mismos. Dos días antes de su ensayo, remover las bolsas estancas al agua y continuar con el almacenaje de los prismas a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$ ($75^{\circ}\text{F} \pm 15^{\circ}\text{F}$) y una humedad relativa menor de 80 por ciento.

Figura 8. Curado de prismas



Fuente: área de máquinas CII7/USAC.

- Para los prismas obtenidos de los especímenes de mampostería removidos de la obra, es muy importante que se guarden en un lugar a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{F}$ ($75^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{F}$) y una humedad relativa menor de 80 por ciento, por lo menos durante dos días antes de su ensayo.
- Los prismas no deben ser secados al horno o estar expuestos a temperaturas que excedan los límites requeridos de las temperaturas para su almacenaje, a cualquier tiempo anterior a su ensayo.
- No debe haber humedad visible presente en la superficie de los prismas al tiempo de ensayo. Se debe extender el tiempo de almacenaje, tanto como sea necesario para asegurar condiciones de superficie seca en los prismas, al tiempo de su ensayo.
- Ensayar los prismas a la edad de 28 días o a las edades designadas. Se debe ensayar un juego de prismas a cada edad de ensayo. La edad de los prismas se debe determinar desde el momento de inicio de la colocación de las unidades de mampostería para prismas que no serán llenados con *grout* y para los prismas llenados con *grout* desde el momento de su llenado.

1.2.1.3. Transporte

Todos los blocks fueron distribuidos uniformemente, y permanecieron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería hasta ser ensayados, siendo transportados a la edad de 28 días, cuando el mortero alcanza su máxima resistencia.

Figura 9. Transporte de prismas



Fuente: área de máquinas CII7/USAC.

- Antes de proceder a la transportación de los prismas de mampostería fabricados y los especímenes de mampostería removidos de la obra, se debe amarrar y/o sujetar cada prisma o espécimen para prevenir que puedan ser dañados durante su manejo y transporte. Asegurar los prismas y especímenes para prevenir su tableo, trepidación o volteo durante su transportación.
- Transportar los prismas y especímenes de mampostería de acuerdo con la práctica de la Norma ASTM C1532.
- Para los especímenes de mampostería removidos de la obra y después de que hayan sido transportados al laboratorio, proceder a obtener prismas de mampostería de los mismos, usando los procedimientos dados en la práctica de la Norma ASTM C1587.

1.2.2. Ensayos

Para la verificación del estado de los elementos que componen los prismas de mampostería y los elementos trabajando en conjunto, se realizarán ensayos en los blocks de concreto, morteros de pega y prismas.

1.2.2.1. Blocks

Están dentro de la categoría de mampuestos que en obra se manipulan a mano, y son especialmente diseñados para la albañilería confinada y armada. Los blocks de concreto se emplean en la construcción de muros para viviendas, parapetos, muros de contención, sobre cimientos, entre otros elementos de construcción. La albañilería confinada con blocks de concreto, de manera similar que cuando se utiliza ladrillo cerámico, requiere de vigas y columnas de confinamiento. En el caso de la albañilería armada con blocks de concreto, se requiere de acero de refuerzo vertical regularmente distribuido a lo largo del muro, en los alvéolos de las unidades por su parte; el acero de refuerzo horizontal, cuando es necesario se aloja en las juntas, pudiendo los blocks presentar o no detalles para su colocación.

La ventaja con este tipo de unidad de albañilería es que, por su tamaño, proporciona una economía en el tiempo de ejecución, en la utilización de mano de obra y en la cantidad de mortero necesaria, lo que conduce a un abaratamiento del costo de producción, además reduce el número de juntas. La transmisión de calor a través de los muros es un problema que se presenta en las zonas cálidas y en las frías, siendo así más conveniente el empleo de cavidades con aire en el interior de los muros permitiendo que se formen ambientes más agradables

1.2.2.1.1. Propiedades físicas

Una propiedad física es una característica que puede ser estudiada usando los sentidos o algún instrumento específico de medida. Estas se manifiestan básicamente en los procesos físicos como cambios de estado, cambios de temperatura, cambios de presión, entre otras. Las propiedades físicas que poseen los blocks de concreto son:

- Densidad: la cual permite determinar si un block es pesado o liviano, además indica el índice de esfuerzo de la mano de obra o de equipo requerido para su manipulación desde su fabricación hasta su asentado.
- Absorción: la absorción del agua se mide como el paso del agua, expresado en porcentaje del peso seco, absorbido por la pieza sumergida en agua. Esta propiedad se relaciona con la permeabilidad de la pieza, con la adherencia de la pieza y del mortero y con la resistencia que puede desarrollar.
- Eflorescencia: son concentraciones, generalmente blanquecinas que aparecen en la superficie de los elementos de construcción, tales como: ladrillos, rocas, concretos, arenas y suelos, debido a la existencia de sales. El mecanismo de la eflorescencia es simple; los materiales de construcción expuestos a la humedad en contacto con sales disueltas, están sujetos a fenómenos de eflorescencia por capilaridad al posibilitar el ascenso de la solución hacia los parámetros expuestos al aire; allí el agua se evapora provocando que las sales se depositen en forma de cristales que constituyen la eflorescencia.

1.2.2.1.1.1. Normas

COGUANOR NGO 41056 h1: blocks 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, humedad y la absorción de agua que poseen los blocks huecos de hormigón.

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

De estas normas se utilizan las siguientes expresiones en los cálculos de absorción y densidad:

Absorción máxima absoluta

$$Ab_{\max} = \frac{m_{\text{hum}} - m_{\text{sec}}}{m_{\text{hum}} - m_{\text{ss}}} \times 1000$$

Absorción máxima en porcentaje

$$Ab_{\max \text{por ciento}} = \frac{m_{\text{hum}} - m_{\text{sec}}}{m_{\text{sec}}} \times 100$$

Densidad aparente

$$\text{Dens}_{\text{apr}} = \frac{m_{\text{sec}}}{m_{\text{hum}} - m_{\text{ss}}} \times 1000$$

Donde:

Ab_{max} = absorción máxima absoluta, en kg/m^3

$Ab_{\text{max}}\text{por ciento}$ = absorción máxima en porcentaje

Dens_{apr} = densidad aparente, en kg/m^3

m_{hum} = masa del espécimen humedo, en kg

m_{sec} = masa del espécimen seco

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

Promedio

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

Desviación estándar

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

Coefficiente de variación de Pearson

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

Donde:

\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

1.2.2.1.2. Resistencia a compresión

La propiedad mecánica de resistencia a la compresión de los blocks de concreto, es el índice de calidad más empleado para albañilería y en ella se basan los procedimientos para determinar la resistencia de los elementos estructurales. La resistencia a compresión se determina mediante la aplicación de una carga sobre la unidad en la misma dirección en que trabaja en el elemento (axial).

1.2.2.1.2.1. Normas

COGUANOR NGO 41056 h2: blocks 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 blocks huecos de hormigón.

A partir de esta norma se utilizan las siguientes expresiones, para la determinación de la resistencia a compresión de los blocks:

Área bruta

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

Resistencia a compresión

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

Donde:

Ab = área bruta del block, en cm²

Largo = largo en cm del block

Ancho = ancho en cm del block

Rb = resistencia a compresión, en Kg/cm²

F = carga máxima a la rotura, en Kgf

Promedio

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

Desviación estándar

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

Coeficiente de variación de Pearson

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

Donde:

\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

1.2.2.2. Morteros de pega

El mortero de pega de mampostería es un material versátil capaz de satisfacer una variedad de requisitos. La relativamente pequeña porción de mortero por unidad de área de mampostería, influye significativamente en el comportamiento total de esta.

El propósito principal de un mortero de pega en la mampostería, es el de unir las unidades en un ensamblaje que actúa como un elemento integral que tiene características de comportamiento deseadas. El mortero de pega influye en las propiedades estructurales del ensamblaje de mampostería, a la vez que reduce su permeabilidad.

1.2.2.2.1. Propiedades físicas

Los morteros de pega de mampostería tienen dos distintas e importantes propiedades: aquellas de los morteros en estado plástico y las de los morteros endurecidos. Las propiedades del mortero en estado plástico, determinan la adecuación de la construcción de mampostería y, a su vez, están relacionadas con las propiedades del concreto endurecido, y por lo tanto con los elementos estructurales terminados. Las propiedades de los morteros plásticos que ayuda a determinar su adecuación constructiva, incluyen su trabajabilidad y retención de agua. Las propiedades del mortero endurecido que ayudan a determinar el comportamiento final de la mampostería, incluyen la adherencia, durabilidad, elasticidad y resistencia a la compresión.

1.2.2.2.1.1. Normas

COGUANOR NGO 41020 h4 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 pulgadas o 50 milímetros)).

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.

De estas normas se utilizan las siguientes expresiones para la determinación de las propiedades de los morteros de pega:

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

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

Donde:

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

W_3 = masa de la arena, en g

V_w = volumen de agua en cm^3

P_1 = densidad relativa del cemento Portland

P_2 = densidad relativa de la cal hidratada

P_3 = densidad relativa de la arena

A = volumen de aire, en por ciento

W_m = masa de 400 cm^3 de mortero, en g

Tabla VI. **Masas unitarias y densidades relativas aparentes**

Material	Masa unitaria, kg/m^3 (lb/ft^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 41020 h4. p. 3

Retención de agua

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

Donde:

W_R = valor de retención de agua, en por ciento

F_i = trabajabilidad antes de la succión

F_f = trabajabilidad después de la succión

Resistencia a compresión

$$f'c = \frac{F}{Ac}$$

Donde:

$f'c$ = resistencia a compresión, en kg/cm^2

F = carga de compresión, en kg

Ac = área del cubo (25.8064 cm^2)

Promedio

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

Desviación estándar

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

Coefficiente de variación de Pearson

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

Donde:

\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

1.2.2.3. Prismas

Son elementos ensamblados de blocks de concreto con mortero de pega, usado como espécimen de ensayo para determinar las propiedades de la mampostería.

1.2.2.3.1. Resistencia a compresión

La propiedad mecánica de resistencia a la compresión de los prismas de mampostería es el índice de calidad, basado en los procedimientos para determinar la resistencia de los elementos estructurales. La resistencia a compresión se determina mediante la aplicación de una fuerza de compresión sobre la unidad del prisma en la misma dirección en que trabaja en el elemento.

1.2.2.3.1.1. Normas

COGUANOR NTG 41051 h2: determinación de la resistencia a compresión de prismas de mampostería. Esta norma tiene por objetivo establecer el método para la determinación de la resistencia a la compresión de prismas de mampostería.

Se utilizan de esta norma, las siguientes expresiones para la determinación de la resistencia a compresión de los prismas de mampostería.

Área efectiva

$$A_e = A_T - A_v$$

Resistencia a compresión

$$f_{mt} = \frac{F}{A_e}$$

Donde:

A_e = área efectiva del block, en cm^2

A_T = área total del block, en cm^2

A_v = área vacía del block, en cm^2

f_{mt} = resistencia a compresión del prisma de mampostería, en kg/cm^2

F = carga máxima a la rotura, en kgf

Promedio

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

Desviación estándar

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

Coeficiente de variación de Pearson

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

Donde:

\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

2. MARCO EXPERIMENTAL

2.1. Ensayos de laboratorio

La característica fundamental que observará cualquier laboratorio, es que las condiciones ambientales estarán, especialmente controladas y normalizadas, con la estricta finalidad que ningún agente externo pueda provocar algún tipo de alteración o desequilibrio en la investigación que se lleva a cabo allí, asegurándose así una exhaustiva fidelidad en términos de resultados.

2.1.1. Ensayos de los materiales a usar

Con el ensayo de los materiales deben determinarse los valores de resistencia, verificarse las propiedades y establecerse el comportamiento de aquellos bajo la acción de las influencias externas. En los ensayos físicos se determina, generalmente la forma y dimensiones de los cuerpos, peso específico y densidad, contenido de humedad, entre otros; y en los mecánicos la resistencia a compresión.

2.1.1.1. Ensayos de los bloques de concreto

En la fabricación de blocks de concreto, es importante tener un control del producto que se ofrece, ya que existe una serie de variables que puede afectar la calidad final de un block, por lo mismo es recomendable realizarles ensayos, ya que estos permiten determinar si el producto tiene las características deseadas.

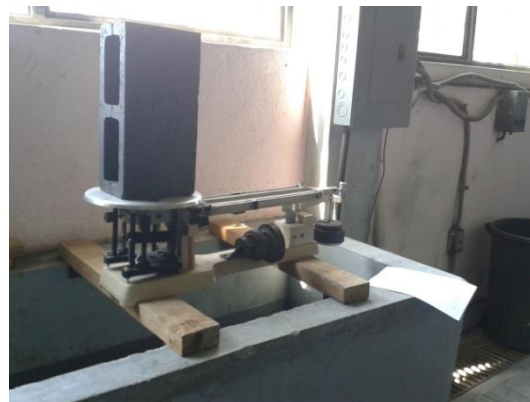
2.1.1.1.1. Propiedades físicas

Se tomaron 3 blocks de cada fábrica con edades mayores de 28 días, se calcularon sus propiedades físicas tales como la geometría, densidad y absorción, los cuales tienen influencia significativa en el comportamiento del código de buenas prácticas o para la construcción con vida útil prolongada, con un sistema como se muestra en la figura 10. Obteniendo los resultados de las tablas VII a la XIV.

Figura 10. **Determinación de propiedades físicas de los blocks**



a. Toma de medidas



b. Toma de pesos



c. Blocks sumergidos



d. Secado al horno

Fuente: área de máquinas CII7/USAC.

Tabla VII. **Promedio de medidas principales, fábrica 1**

	\bar{X}	σ	V (%)
Largo (cm)	38,93	0,12	0,30
Ancho (cm)	14,07	0,07	0,47
Alto (cm)	21,93	0,07	0,32
Masa (kg)	18,97	0,32	1,70

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla VIII. **Promedio de absorción máxima, contenido de humedad y densidad aparente, fábrica 1**

	\bar{X}	σ	V (%)
Absorción máxima (kg/cm ³)	145,42	2,87	1,98
Absorción máxima (%)	6,69	0,27	3,99
Contenido de Humedad (%)	3,41	0,38	11,27
Densidad Aparente (kg/cm ³)	2 175,31	43,31	1,99

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla IX. **Promedio de medidas principales, fábrica 2**

	\bar{X}	σ	V (%)
Largo (cm)	39,04	0,02	0,05
Ancho (cm)	13,92	0,05	0,37
Alto (cm)	21,97	0,08	0,35
Masa (kg)	18,40	0,33	1,81

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla X. **Promedio de absorción máxima, contenido de humedad y densidad aparente, fábrica 2**

	\bar{X}	σ	V (%)
Absorción máxima (kg/cm ³)	145,84	12,03	8,25
Absorción máxima (%)	6,94	0,67	9,70
Contenido de Humedad (%)	2,72	0,74	27,27
Densidad Aparente (kg/cm ³)	2 102,49	33,76	1,61

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XI. **Promedio de medidas principales, fábrica 3**

	\bar{X}	σ	V (%)
Largo (cm)	38,91	0,02	0,05
Ancho (cm)	13,88	0,02	0,14
Alto (cm)	21,98	0,02	0,09
Masa (kg)	19,08	0,03	0,15

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XII. **Promedio de absorción máxima, contenido de humedad y densidad aparente, fábrica 3**

	\bar{X}	σ	V (%)
Absorción máxima (kg/cm ³)	154,24	6,18	4,01
Absorción máxima (%)	7,35	0,28	3,83
Contenido de Humedad (%)	3,62	0,61	16,81
Densidad Aparente (kg/cm ³)	2 097,71	11,14	0,53

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XIII. **Promedio de medidas principales, fábrica 4**

	\bar{X}	σ	V (%)
Largo (cm)	38,91	0,05	0,13
Ancho (cm)	13,82	0,11	0,78
Alto (cm)	21,93	0,04	0,18
Masa (kg)	18,13	0,17	0,94

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XIV. **Promedio de absorción máxima, contenido de humedad y densidad aparente, fábrica 4**

	\bar{X}	Σ	V (%)
Absorción máxima (kg/cm ³)	199,00	6,17	3,10
Absorción máxima (%)	11,29	0,44	3,91
Contenido de Humedad (%)	4,39	1,05	23,94
Densidad Aparente (kg/cm ³)	1 763,55	20,73	1,18

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

2.1.1.1.2. Resistencia a compresión

Se tomaron 3 blocks de cada fábrica con edades mayores de 28 días, se ensayaron con un sistema como se muestra en la figura 11. Tomando lecturas de las cargas a la falla del block, obteniendo los resultados de esfuerzos de las tablas XV a la XVIII.

Figura 11. **Ensayo a compresión de blocks**



Fuente: área de máquinas CII7/USAC.

Tabla XV. **Resistencia a compresión promedio, fábrica 1**

	\bar{X}	σ	V (%)
Resistencia a compresión (kg/cm ²)	137,50	2,30	1,67

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XVI. **Resistencia a compresión promedio, fábrica 2**

	\bar{X}	Σ	V (%)
Resistencia a compresión (kg/cm ²)	92,86	4,98	5,36

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XVII. **Resistencia a compresión promedio, fábrica 3**

	\bar{X}	Σ	V (%)
Resistencia a compresión (kg/cm ²)	98,96	3,93	3,97

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XVIII. **Resistencia a compresión promedio, fábrica 4**

	\bar{X}	σ	V (%)
Resistencia a compresión (kg/cm ²)	152,70	21,75	14,25

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XIX. **Resumen esfuerzo, densidad y absorción**

fábrica	Esfuerzo neto \bar{X} (kg/cm ²)	Densidad \bar{X} (kg/cm ³)	Absorción \bar{X} (%)
fábrica 1	137,49	2 175,33	6,69
fábrica 2	92,86	2 103,33	6,91
fábrica 3	98,96	2 088,33	7,38
fábrica 4	152,70	1 763,67	11,29

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

2.1.1.2. Ensayos del mortero de pega

Los morteros son materiales de construcción de uso cada vez más extendido y especializado dentro de la edificación, cuyas características y

prestaciones son diferentes según sea el uso para el que están diseñados; siendo necesario para garantizar que su empleo y propiedades respondan a los fines previstos, llevar a cabo un control de calidad en obra.

2.1.1.2.1. Propiedades de los morteros

Se utilizó la dosificación del mortero con base en su adecuada trabajabilidad, por medio de esta dosificación se realizaron los ensayos de contenido de aire y retención de agua como se muestran en las figuras 12, 13 y 14. De estos ensayos se obtuvieron los resultados de la tabla XX.

Figura 12. **Ensayo de flujo del mortero**



a. Colocación del mortero y agua



b. Mezcla de los materiales



c. Colocación del material en la mesa de flujo



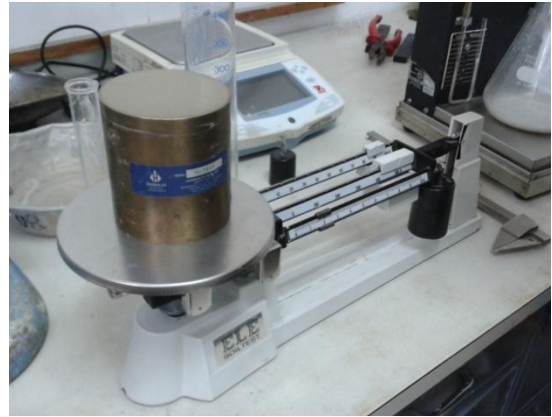
d. Toma de medidas de radios

Fuente: área de morteros CII7/USAC.

Figura 13. **Ensayo de contenido de aire del mortero**



a. Llenado de tara con la mezcla del mortero



b. Toma de pesos de tara y tara + mortero

Fuente: área de morteros CII7/USAC.

Figura 14. **Ensayo de retención de agua del mortero**



Fuente: Área de morteros CII7/USAC.

Se realizaron cubos para su ensayo a compresión como se ve en la figura 15, realizando 3 cubos para las edades de 3, 7 y 28 días, obteniendo los resultados de esfuerzos de las tablas XXI.

Figura 15. **Ensayo a compresión del mortero**



a. Fabricación de cubos



b. Identificación de cubos



c. Ensayo a compresión



d. Fallas de cubos

Fuente: área de morteros y máquinas CII7/USAC.

Mega block (CEMIX)

Tabla XX. **Trabajabilidad, contenido de aire y retención de agua del mortero**

Ensayo	Resultado (%)
Trabajabilidad del mortero	105
Contenido de aire, volumen	5
Retención de agua	73

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Resistencia a compresión

Tabla XXI. **Resistencia a compresión promedio del mortero**

Edad (días)	Peso \bar{X} (g)	Área \bar{X} (cm ²)	Carga \bar{X} (kg)	Resistencia \bar{X} (MPa)	Resistencia \bar{X} (PSI)
3	269,00	25,55	601,67	2,30	333,33
7	281,07	25,38	830,00	3,20	463,33
28	273,67	25,52	1 680,00	6,43	933,33

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

2.1.2. Ensayos de los prismas de mampostería

Los prismas tienen la resistencia a compresión, como una propiedad mecánica muy importante, porque se relaciona con la resistencia del mampuesto y el mortero de pega utilizado en su fabricación, mientras mayor sea su resistencia, aumenta proporcionalmente la resistencia del elemento estructural.

2.1.2.1. Resistencia a compresión

Se fabricaron 5 juegos de prismas para las cuatro fábricas, siendo ensayadas a la edad de 28 días con nivelación de neopreno como se puede observar en la figura 16, obteniendo los resultados de las tablas XXII, XXIV, XXVI y XXVIII.

Figura 16. **Ensayo a compresión de prismas nivelados con neopreno**



a. Nivelación de prisma con neopreno



b. Ensayo a compresión del prisma

Fuente: área de máquinas CII7/USAC.

Además se realizaron 3 juegos de prismas con nivelación de azufre para las cuatro fábricas, siendo ensayadas a la misma edad de 28 días como se puede ver en la figuras 17, obteniendo los resultados de las tablas XXIII, XXV, XXVII y XXIX.

Figura 17. **Ensayo a compresión de prismas nivelados con azufre**



a. Nivelación de prismas con azufre



b. Ensayo a compresion de prismas

Fuente: área de máquinas CII7/USAC.

Tabla XXII. **Resistencia a compresión de prismas nivelados con neopreno, fábrica 1**

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ (MPa)	V (%)
1	28	44 149,66	1,05	15,04	1,08	7,18
2	28	40 823,31	1,05	13,91	1,24	8,91
3	28	43 998,46	1,05	14,99	1,61	10,75
4	28	39 462,54	1,05	13,45	1,74	12,97
5	28	38 252,96	1,05	13,04	4,21	32,28

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XXIII. **Resistencia a compresión de prismas nivelados con azufre, fábrica 1**

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ (MPa)	V (%)
1	28	47 627,20	1,06	16,25	1,88	11,57
2	28	52 163,12	1,06	17,79	1,55	8,71
3	28	45 510,43	1,06	15,52	3,41	21,95

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XXIV. **Resistencia a compresión de prismas nivelados con neopreno, fábrica 2**

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ (MPa)	V (%)
1	28	31 600,27	1,06	11,37	1,33	11,67
2	28	31 146,68	1,06	11,21	0,80	7,17
3	28	30 088,29	1,06	10,82	1,79	16,54
4	28	27 971,53	1,06	10,06	0,83	8,30
5	28	30 390,69	1,06	10,93	1,27	11,66

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XXV. **Resistencia a compresión de prismas nivelados con azufre, fábrica 2**

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ (MPa)	V (%)
1	28	43 696,06	1,06	15,71	1,97	12,56
2	28	43 242,47	1,06	15,54	2,78	17,92
3	28	40 974,51	1,06	14,72	0,57	3,89

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XXVI. **Resistencia a compresión de prismas nivelados con neopreno, fábrica 3**

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ (MPa)	V (%)
1	28	39 008,94	1,06	12,60	0,29	2,27
2	28	35 531,40	1,06	11,48	1,39	12,09
3	28	39 160,14	1,06	12,65	0,99	7,85
4	28	39 764,93	1,06	12,85	0,60	4,63
5	28	39 916,13	1,06	12,89	0,78	6,08

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XXVII. **Resistencia a compresión de prismas nivelados con azufre, fábrica 3**

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ (MPa)	V (%)
1	28	51 255,94	1,06	16,56	1,19	7,16
2	28	46 115,22	1,06	14,89	0,37	2,45
3	28	46 417,62	1,06	14,99	1,93	12,85

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XXVIII. **Resistencia a compresión de prismas nivelados con neopreno, fábrica 4**

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ (MPa)	V (%)
1	28	25 854,77	1,06	8,25	0,44	5,30
2	28	24 493,99	1,06	7,81	0,77	9,82
3	28	25 703,57	1,06	8,20	0,55	6,70
4	28	23 889,20	1,06	7,62	1,03	13,54
5	28	25 098,78	1,06	8,00	1,31	16,40

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

Tabla XXIX. **Resistencia a compresión de prismas nivelados con azufre, fábrica 4**

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ (MPa)	V (%)
1	28	38,555.35	1.06	12.30	0.43	3.52
2	28	33,565.84	1.06	10.70	0.88	8.19
3	28	38,101.76	1.06	12.15	0.95	7.83

Fuente: elaboración propia, basado en el informe de laboratorio.

2.2. Interpretación de resultados

A continuación se hace una interpretación de los resultados obtenidos, para cada uno de los materiales utilizados en la fabricación de los prismas de mampostería, así como de los mismos prismas.

2.2.1. Bloques de concreto

Se ensayaron tres bloques por fábrica, tomando el promedio de estos como el resultado de resistencia y de área neta. El detalle y análisis de los resultados obtenidos se muestra a continuación:

- Fábrica 1

Según la tabla XV los resultados de las unidades de blocks ensayados a compresión, se puede observar una resistencia con una media de 137.50 kg/cm², una desviación de 2,30 kg/cm² y una variación de 1.67 por ciento de resistencia del conjunto de blocks. El porcentaje de absorción tuvo una media de 6,69 por ciento y una densidad con una media de 2 175,31 kg/cm³ de acuerdo a la tabla VIII. Por los resultados que se obtuvieron de esfuerzo, porcentaje de absorción y densidad, estos se clasifican de clase A según la Norma COGUANOR NTG 41054.

Para la geometría de los blocks, se deben trabajar medidas nominales y medidas reales. Las medidas principales: alto, ancho y largo, los bloques individuales tienen medidas con variación de ± 3 mm como se puede observar en la tabla VII, por lo que se encuentra dentro del rango que indica la Norma NTG-41054.

- Fábrica 2

Según la tabla XVI, los resultados de las unidades de blocks ensayados a compresión, se puede observar una resistencia con una media de 92,86 kg/cm², una desviación de 4,98 kg/cm² y una variación de 5.36 por ciento de resistencia del conjunto de blocks. El porcentaje de absorción tuvo una media de 6,94 por ciento y una densidad con una media de 2 102,49 kg/cm³ de acuerdo a la tabla X. Por los resultados que se obtuvieron de esfuerzo, estos se clasifican de clase B según la Norma COGUANOR NTG 41054.

Para la geometría de los blocks se deben trabajar medidas nominales y medidas reales. Las medidas principales: alto, ancho y largo, los boques individuales tienen medidas con variación de ± 3 mm como se puede observar en la tabla IX, por lo que se encuentra dentro del rango que indica la Norma NTG-41054.

- Fábrica 3

Según la tabla XVII los resultados de las unidades de blocks ensayados a compresión, se puede observar una resistencia con una media de 98.98 kg/cm², una desviación de 3.93 kg/cm² y una variación de 3.97% de resistencia del conjunto de blocks. El porcentaje de absorción tuvo una media de 7.35% y una densidad con una media de 2,097.71 kg/cm³ de acuerdo a la tabla XII. Por los resultados que se obtuvieron de esfuerzo, estos se clasifican de clase B según la Norma COGUANOR NTG 41054.

Para la geometría de los blocks, se deben trabajar medidas nominales y medidas reales. Las medidas principales: alto, ancho y largo, los boques

individuales tienen medidas con variación de $\pm 3\text{mm}$ como se puede observar en la tabla XI, por lo que se encuentra dentro del rango que indica la Norma NTG-41054.

- Fábrica 4

Según la tabla XVIII, los resultados de las unidades de blocks ensayados a compresión, se puede observar una resistencia con una media de $152,70 \text{ kg/cm}^2$, una desviación de $21,75 \text{ kg/cm}^2$ y una variación de 14,25 por ciento de resistencia del conjunto de blocks. El porcentaje de absorción tuvo una media de 11,29 por ciento y una densidad con una media de $1763,55 \text{ kg/cm}^3$ de acuerdo a la tabla XIV. Por los resultados que se obtuvieron de porcentaje de absorción y densidad, estos se clasifican de clase B según la Norma COGUANOR NTG 41054.

Para la geometría de los blocks se deben trabajar medidas nominales y medidas reales. Las medidas principales: alto, ancho y largo, los boques individuales tienen medidas con variación de $\pm 3\text{mm}$ como se puede observar en la tabla IX, por lo que se encuentra dentro del rango que indica la Norma NTG-41054.

En resumen se puede observar en la tabla XIX que solo los blocks de una fábrica cumplen con las propiedades de tipo A, y el resto tienen las propiedades para ser blocks tipo B.

2.2.2. Mortero de pega

A partir de los resultados de los ensayos obtenidos de la tabla XXI se verificó que el mortero utilizado en la elaboración de los prismas mostró resistencia a la compresión promedio de 6,43 MPa a los 28 días de edad, un contenido de aire de un 5 por ciento y una retención de agua del 73 por ciento de acuerdo a la tabla XX, según la resistencia a compresión del mortero la Norma COGUANOR NTG 41050 lo clasifica como mortero tipo N con un contenido de aire menor al máximo permitido. En lo que es la retención de agua es menor que el mínimo que permite la norma, lo cual significa que el mortero no tiene la capacidad de retener el contenido de agua mínima que requiere del 75 por ciento y lo deja escapar hacia el soporte, haciendo su curado indispensable para su correcto fraguado.

Según los resultados de trabajabilidad del mortero de la tabla XX se verificó que la dosificación de la mezcla posee un flujo del 105 por ciento, y conforme a la Norma ASTM C-109 la fluidez del mortero debe estar en un rango de 105 a 115 por ciento, indicando que la dosificación utilizada es la adecuada para que el mortero muestra una buena manejabilidad y sea sencillo su uso.

2.2.3. Prismas

Se analizaron 5 juegos de prismas por cada fábrica, de los cuales fueron nivelados con neopreno para ser ensayados, además se realizó el análisis de 3 juegos de prismas por cada fábrica nivelados con azufre, a partir de los resultados obtenidos en los ensayos realizados en la presente investigación, se obtuvieron los siguientes datos.

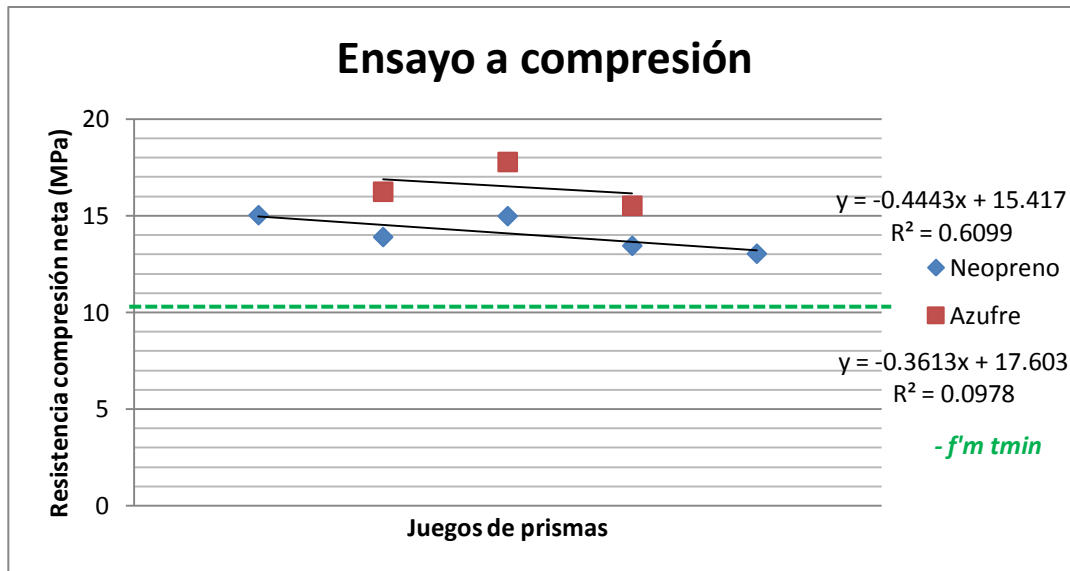
Los prismas fueron fabricados con unidades de mampostería usadas en la construcción de la misma clase sobre una bolsa abierta y estanca al agua, suficientemente grande para envolver y sellar el prisma por completo para su curado.

A la hora de realizar el ensayo se les aplicó una carga a una velocidad conveniente a los prismas fabricados hasta un cuarto de la carga esperada, la cual se obtuvo de la resistencia a compresión de los blocks individuales. La carga restante se le aplicó de forma uniforme hasta su falla como lo indica la Norma COGUANOR NTG 41051 h2.

- Fábrica 1

Con los datos obtenidos de la tabla XXII de los 5 juegos de prismas nivelados con neopreno, se puede observar una resistencia a compresión (f'_{mt}) mayor a 10,3 MPa como la Norma estadounidense TMS 502-08 for the Unit Strength Method estipula para blocks con resistencia mínima a compresión de 13,1 MPa equivalentes a clase A del sistema guatemalteco. Con los 3 juegos nivelados con azufre de la tabla XXIII se puede apreciar un incremento de 2 MPa en la resistencia a compresión en comparación del sistema de nivelación con neopreno, esta comparación de resultados se puede apreciar en la figura 18.

Figura 18. **Gráfica de resistencia a compresión de juegos de prismas, fábrica 1**

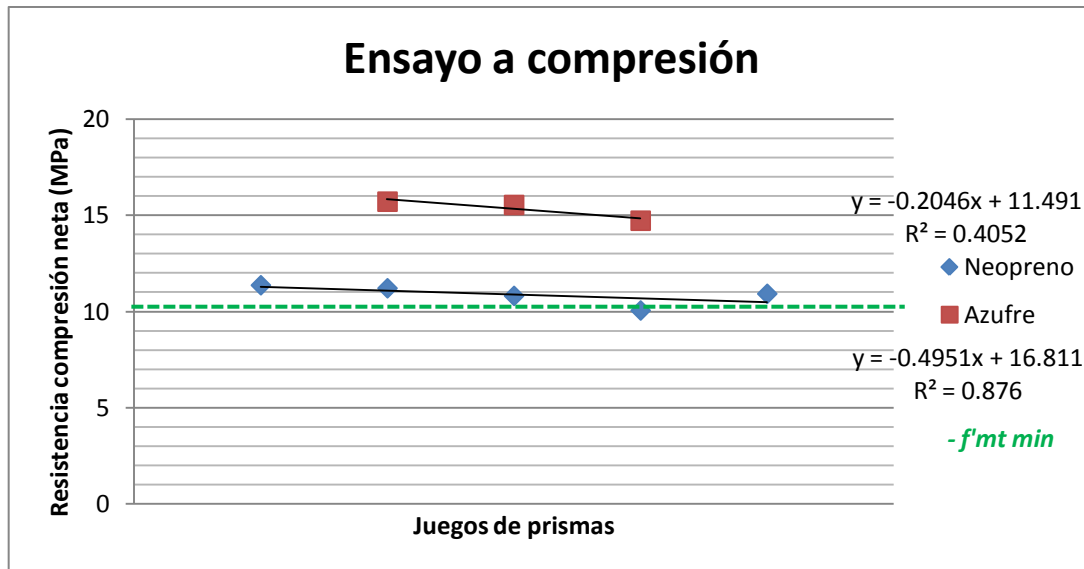


Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

- **Fábrica 2**

Con los datos obtenidos de la tabla XXIV de los 5 juegos de prismas nivelados con neopreno, se puede observar que el 80 por ciento de los juegos poseen una resistencia a compresión (f'_{mt}) mayor a 10,3 MPa como la Norma estadounidense TMS 502-08 for the Unit Strength Method estipula para blocks con resistencia mínima a compresión de 13,1 MPa equivalente al tipo A, siendo en este caso los blocks utilizados en los juegos de prismas de tipo B de 8,3 MPa. Con los 3 juegos nivelados con azufre de la tabla XXV se puede apreciar un incremento de 4 MPa en la resistencia a compresión en comparación del sistema de nivelación con neopreno, esta comparación de resultados se puede apreciar en la figura 19.

Figura 19. **Gráfica de resistencia a compresión de juegos de prismas, fábrica 2**

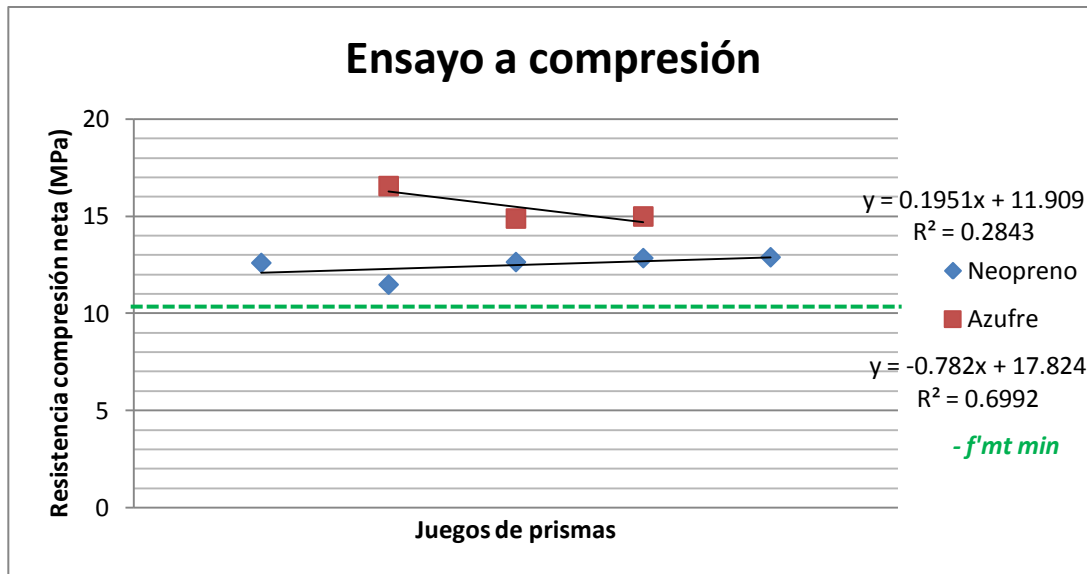


Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

- **Fábrica 3**

Con los datos obtenidos de la tabla XXVI de los 5 juegos de prismas nivelados con neopreno, se puede observar una resistencia a compresión ($f'nt$) mayor a 10,3 MPa como la Norma estadounidense TMS 502-08 for the Unit Strength Method estipula para blocks con resistencia mínima a compresión de 13,1 MPa equivalente al tipo A, siendo en este caso los blocks utilizados en los juegos de prismas de tipo B de 8,3 MPa. Con los 3 juegos nivelados con azufre de la tabla XXVII se puede apreciar un incremento de 3 MPa en la resistencia a compresión en comparación del sistema de nivelación con neopreno, esta comparación de resultados se puede apreciar en la figura 20.

Figura 20. **Gráfica de resistencia a compresión de juegos de prismas, fábrica 3**

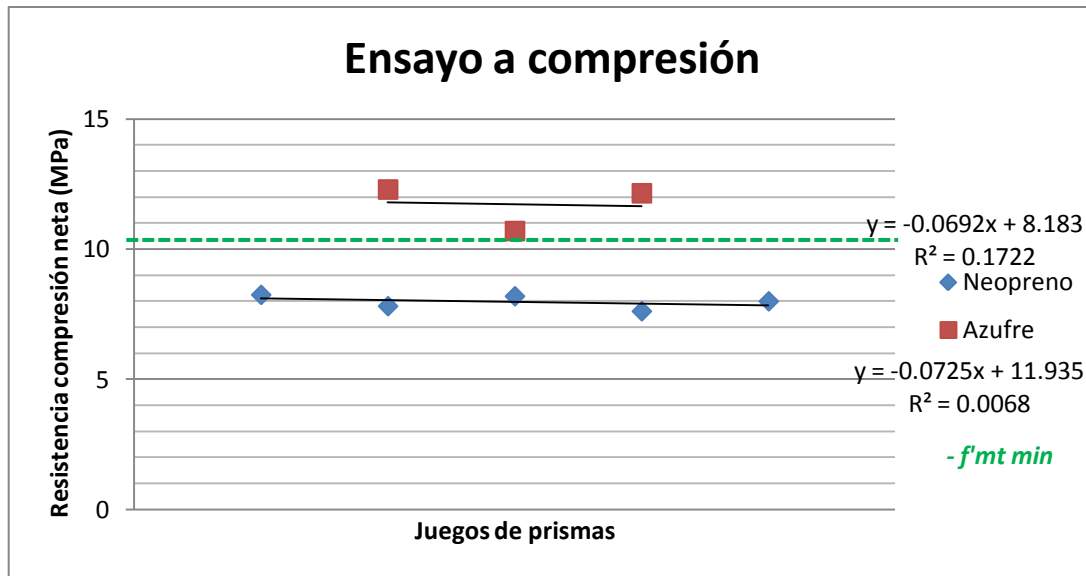


Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

- **Fábrica 4**

Con los datos obtenidos de la tabla XXVIII de los 5 juegos de prismas nivelados con neopreno, se puede observar una resistencia a compresión (f'_{mt}) menor a 10,3 MPa como la Norma estadounidense TMS 502-08 for the Unit Strength Method estipula para blocks con resistencia mínima a compresión de 13,1 MPa equivalente al tipo A, siendo en este caso los blocks utilizados en estos juegos de prismas de tipo B de 8,3 MPa. Con los 3 juegos nivelados con azufre de la tabla XXIX se puede apreciar un incremento de 3 MPa en la resistencia a compresión en comparación del sistema de nivelación con neopreno, obteniendo una resistencia mayor a 10,3 MPa, esta comparación de resultados se puede apreciar en la figura 21.

Figura 21. **Gráfica de resistencia a compresión de juegos de prismas, fábrica 4**



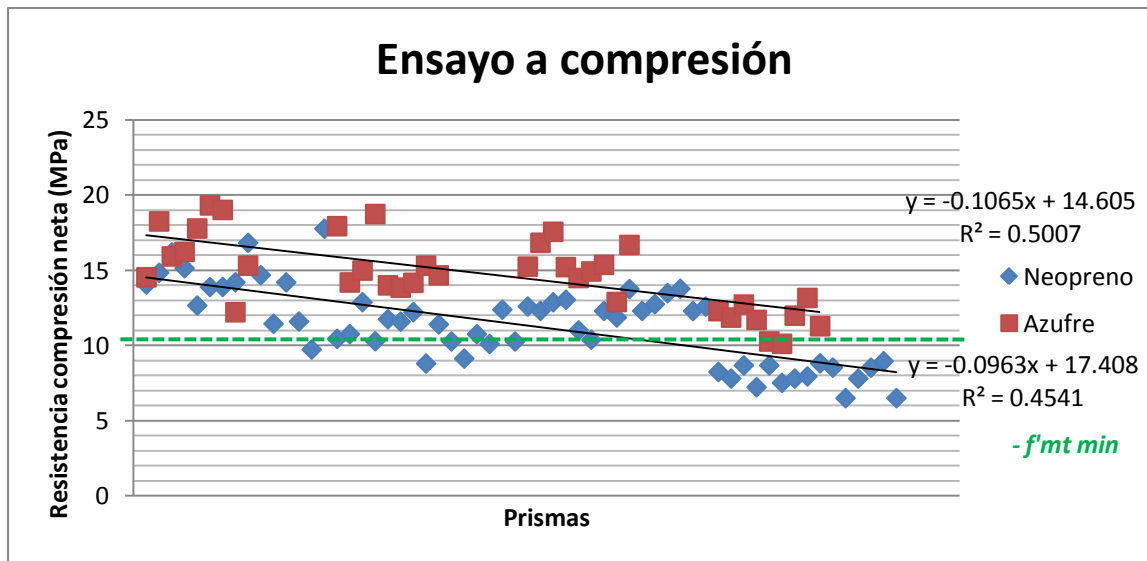
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Analizando la resistencia de todos los prismas ensayados, se puede observar en la figura 22 que el 62 por ciento de los prismas con nivelación de neopreno poseen una resistencia a compresión (f'_{mt}) mayor a 10,3 MPa como la Norma estadounidense TMS 502-08 for the Unit Strength Method estipula para blocks con resistencia mínima a compresión de 13,1 MPa equivalente al tipo A, además presentan una menor capacidad a compresión en comparación de los prismas nivelados con azufre que soportan en promedio 3 MPa mas que los nivelados con neopreno.

Este incremento de carga se debe a que el nivelado con neopreno genera una base rígida haciendo que la aplicación de la carga axial no sea de igual forma en toda la superficie de los prismas, creando que los esfuerzos se generen solo en ciertos puntos y fallen. Mientras que por medio de la nivelación

de azufre se llenan los vacíos y desniveles de la superficie de los prismas generando que la aplicación de la carga axial sea de igual forma en todo el elemento, esto hace que los esfuerzos se distribuyan en toda la superficie y sea soportada por toda la unidad del block.

Figura 22. **Gráfica de comparación de resistencia a compresión de prismas**



Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Nota: La resistencia a compresión de los prismas se calculó a partir del área neta obtenida del promedio de los ensayos de los blocks de cada fábrica.

CONCLUSIONES

1. Para la resistencia a la compresión de la mampostería (f'_{mt}), el 73 por ciento de los prismas fue mayor a 10,3 MPa como lo indica la Norma estadounidense TMS 502-08 for the Unit Strength Method para prismas fabricados con blocks del tipo A.
2. Los prismas nivelados con azufre presentaron un promedio mayor de 3 MPa de resistencia a la compresión que los nivelados con neopreno, debido a la carga axial, fue mejor distribuida por la nivelación con azufre.
3. Los prismas nivelados con azufre presentaron fallas de cono y tracción indirecta en un 39 por ciento, y de separación de pared externa de unidad en un 59 por ciento.
4. Los prismas que fueron nivelados con neopreno presentaron fallas de cono y tracción indirecta en un 15 por ciento, y de separación de pared externa de unidad en un 85 por ciento.
5. Las características físicas y las propiedades mecánicas del elemento final, dependen de la buena calidad de los materiales usados en la elaboración de los prismas.

6. En los esfuerzos a compresión que soportaron los prismas de las cuatro fábricas evaluadas existe una variación de un máximo de 19,33 MPa y un mínimo de 6,50 MPa. Entre las mismas fabricas existen también diferentes rangos de variación, de la fábrica 1 varía de 19,33 MPa hasta 9,74 MPa, de la fábrica 2 varía de 18,76 MPa hasta 8,81 MPa, de la fábrica 3 varía de 17,57 MPa hasta 10,39 MPa y de la fábrica 4 varía de 13,17 MPa hasta 6,50 MPa.
7. De las muestras evaluadas, la fábrica 1 fue la única que cumplió con los tres parámetros de blocks tipo A; y las otras tres presentaron parámetros de blocks tipo B según la Norma COGUANOR NTG 41054.
8. El procedimiento para la fabricación de los prismas se realizó bajo las especificaciones técnicas que indica la Norma COGUANOR NTG 41051 h2, debido a que todos los especímenes estuvieron en perfectas condiciones antes de ser ensayados y no presentaron deterioro alguno en su fabricación, curado y transporte.

RECOMENDACIONES

1. La calidad de los materiales constituyentes de los prismas (mortero y blocks) deben ser evaluados previo a su utilización en la fabricación de los prismas y que cumplan con lo que establecen las normas.
2. Los prismas deben estar conformados por bloques de la misma clase y procedencia, para que no se introduzcan variables adicionales que afectarán los resultados de la resistencia a compresión de los prismas que servirá para el posterior diseño de las estructuras.
3. El mortero de pega que se utiliza para la fabricación de prismas debe tener una consistencia plástica para que la trabajabilidad de la mezcla haga fácil su uso y, que este mortero tenga una resistencia a compresión mínima de 1,2 y no mayor a 1,5 de la resistencia a compresión de los blocks utilizados en la elaboración de los prismas.
4. El procedimiento de curado debe ser el adecuado; así como el almacenaje y transporte de los prismas, de tal manera que los mismos no sufran ningún deterioro.
5. Se deben realizar varias repeticiones de ensayos para tener datos más confiables sobre la resistencia a compresión del prisma (f'_{mt}).
6. La movilización de los prismas se debe realizar a los 28 días de edad, para no generar alguna imperfección en el elemento que modifique su comportamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ CRUZ, David Estuardo. *Evaluación de bloques huecos de mampostería fabricados con cementos mezclados con escoria de hornos*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, 2006. 117 p.
2. ARRIETA FREYRE, Javier. *Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora*. [en línea] <http://es.scribd.com/doc/24876405/fabricacion-bloques-de-cemento> [Consulta: 28 de enero de 2014].
3. Comisión Guatemalteca de Normas. Norma NTG 41050. *Mortero de pega para unidades de mampostería*. 35 p.
4. _____. Norma NTG 41051 h2. *Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de prismas de mampostería*. 27 p.
5. _____. Norma NTG 41054. *Bloques huecos de concreto para muros*. 14 p.
6. FERNÁNDEZ, Antonio Toca. *La evolución de la construcción y sus materiales*. [en línea] <http://www.obrasweb.mx/arquitectura/2013/10/29/la-evolucion-de-la-construccion-y-sus-materiales> [Consulta: 1 de febrero de 2014].

7. MARROQUÍN VÁSQUEZ, Carlos Humberto. *Diseño de mezcla para mejorar la resistencia a compresión de bloques utilizando polvo de piedra y arena pómez*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, 2000. 106 p.
8. NORM APME. [en línea] <http://www.normapme.eu/es/page/194/que-son-las-normas> [Consulta: 18 de noviembre de 2013].
9. RECINOS CORADO, José Osmaro. *Estudio de bloques fabricados con ceniza volcánica y arena pómez*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, 1998. 84 p.

APÉNDICE



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



INFORME DE ENSAYO DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN MORTEROS No. 0094
NTG 41003 h3 (ASTM C-185)

O.T. No. 32617

S.C. No. - 305

HOJA 1/1

INTERESADO: José Pedro Suntecún Zeceña, Camé No. 2010 20658.
PROYECTO: Trabajo de graduación "Validación del Método de ensayo de la Norma COGUANOR NTG 41051 h2.
DIRECCIÓN: 10 Calle 20-21, zona 17.
FECHA: 27 de mayo de 2014

RESULTADOS:

ENSAYO	RESULTADO
Contenido de Aire , volumen	5%

Para el ensayo de contenido de aire en morteros, la norma ASTM C-185, especifica la fluidez en un rango de $87.5\% \pm 7.5\%$, al dejar caer la mesa de flujo 10 veces, utilizando la siguiente proporción de material: 2000 g de la mezcla de Mega Block (cemix) Tipo Sa, dosificado con 415 ml de agua, la cual es requerida por la proporción según los materiales secos, se obtuvo un contenido de aire, volumen de 5%.

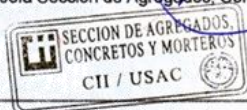
Según la norma COGUANOR NTG 41050, especificaciones de morteros de pega para unidades de mampostería el contenido de aire máximo es de 12%.

OBSERVACIONES:

- Material proporcionado por el interesado.
- La mezcla corresponde a: Mega Block (cemix) Tipo Sa.

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yañet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros



Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CIVUSAC



cv.

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

Fuente: elaboración propia.



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



INFORME DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE LA RETENCIÓN DE AGUA EN MORTEROS No. **0095**

O.T. No. 32617

NORMA ASTM C-1506

S.C. No. - 306

HOJA 1/1

INTERESADO: José Pedro Suntecún Zeceña, Carné No. 2010 20658.
PROYECTO: Trabajo de graduación "Validación del Método de ensayo de la Norma COGUANOR NTG 41051 h2.
DIRECCIÓN: 10 Calle 20-21, zona 17.
FECHA: 27 de mayo de 2014

RESULTADOS:

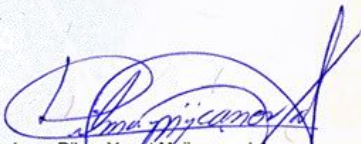
ENSAYO	RESULTADO
Retención de agua	73%

Según la norma ASTM C-1506, especifica la fluidez en un rango de $110\% \pm 5\%$, utilizando la siguiente proporción de material: 1000 g de la mezcla de Mega Block (cemix) Tipo Sa, dosificado con 205 ml de agua, la cual es requerida por la proporción según los materiales secos, se obtuvo una fluidez de 110%. Luego de el procedimiento de succión de agua, se obtiene una fluidez final de 80%, con retención de agua de 73%. La norma ASTM C-1506, especifica que la retención de agua fluctúa en un rango entre 72% a 88%. Según la norma COGUANOR NTG 41050, especificaciones de morteros de pega para unidades de mampostería la retención de agua mínima es de 75%.

OBSERVACIONES:

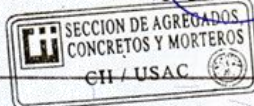
- a) Material proporcionado por el interesado.
- a) La mezcla corresponde a: Mega Block (cemix) Tipo Sa.

ATENTAMENTE,


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

Vo.Bo.


Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



C.V.

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

Fuente: elaboración propia



INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN DE MORTEROS
NTG 41003 h4 (ASTM C-109)

S.C. - 191

O.T. No. 32617

HOJA 1/2

INTERESADO: José Pedro Suntecún Zeceña, Carné No. 2010 20658.
PROYECTO: Trabajo de graduación "Validación del Método de ensayo de la Norma COGUANOR NTG 41051 h2."
DIRECCIÓN: 10 Calle 20-21, zona 17.
FECHA: 29 de abril de 2014

I. DETERMINACIÓN DE TRABAJABILIDAD DEL MORTERO

ENSAYO	FLUJO
Trabajabilidad del mortero	105%

- * Según la norma ASTM C-109, especifica la fluidez en un rango de 105 a 115%. Utilizando la siguiente proporción de material: 2000 g de la mezcla de Mega Block (cemix) Tipo Sa, dosificado con 410 ml de agua, la cual es requerida por la proporción según los materiales secos, se obtuvo una fluidez de 105%.
- * Se trabajó con una temperatura de 22° C y una humedad de 70%.
- * Con esto se concluye que el material cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-109.

II. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

No. CUBO	FECHA DE HECHURA	EDAD en días	Peso [g]	Área [cm ²]	Carga [kg]	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg ²
1	11/03/2014	3	269.20	25.654	630.00	2.40	350
2	11/03/2014	3	269.60	25.503	595.00	2.30	330
3	11/03/2014	3	268.20	25.503	580.00	2.20	320
4	11/03/2014	7	280.90	25.301	840.00	3.30	480
5	11/03/2014	7	281.40	25.249	830.00	3.20	460
6	11/03/2014	7	280.90	25.604	820.00	3.10	450
7	11/03/2014	28	272.30	25.301	1,680.00	6.50	940
8	11/03/2014	28	275.50	25.553	1,620.00	6.20	900
9	11/03/2014	28	273.20	25.705	1,740.00	6.60	960



HOJA 2/2


III. RESISTENCIA A LA TENSIÓN

No. BRICKETA	FECHA DE HECHURA	EDAD en días	Peso [g]	Área [cm ²]	Carga [lb]	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/plg ²
1	11/03/2014	3	133.40	6.733	175.00	1.20	170
2	11/03/2014	3	132.70	6.527	140.00	1.00	150
3	11/03/2014	3	131.80	6.250	180.00	1.30	190
4	11/03/2014	7	135.60	6.000	190.00	1.40	200
5	11/03/2014	7	136.40	6.072	195.00	1.40	200
6	11/03/2014	7	135.40	6.248	225.00	1.60	230
7	11/03/2014	28	132.20	6.200	280.00	2.00	290
8	11/03/2014	28	133.60	6.250	265.00	1.90	280
9	11/03/2014	28	130.90	6.199	280.00	2.00	290

OBSERVACIONES:

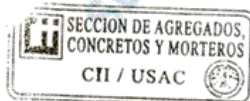
- La mezcla corresponde a: Mega Block (cemix) Tipo Sa.
- Muestras ensayadas en maquina universal BALDWIN LIMA HAMILTON con capacidad de 60,000 kg.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 3,000 kg.
- Proporción de diseño de mezcla: **1 : 0.205**

ATENTAMENTE,


Inga. Dilma Janet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concreto y Morteros

Vo.Bo.


Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



C.V.



BLOCKS

O.T. No. 32614

INFORME No. 352-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658
 PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"
 ASUNTO: ENSAYO DE BLOCKS A COMPRESION.
 PROVEEDOR: *****
 FECHA: GUATEMALA, 14 DE JULIO DE 2014.

ANTECEDENTES

El estudiante JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA con numero de carne No. 2010-20658 de la carrera de Ingeniería Civil, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara, ensayo de compresión a 12 blocks, los ensayos en cuestión son parte del trabajo de tesis: "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

RESULTADOS

Resultados Blocks

Clase	ESFUERZO NETO		DENSIDAD	ABSORCION	
	INDIVIDUAL	5 PROM		INDIVIDUAL	5 PROM
A	≥113	≥ 133	D > 2,000	≤ 11	≤10
B	≥ 85	≥100	1,680 ≤ D ≤ 2,000	≤ 16.5	≤15
C	≥ 56	≥66	D < 1,680	≤ 22	≤20
	kg/cm ²		kg/cm ³	%	

FÁBRICA 1

1						
Identificación	Medidas (cm)			Peso (Kg)	Abs %	Densidad
*****	Largo	Ancho	Altura	13.29	6.45	kg/cm ³
	39.00	14.13	18.80			
	Neta (kg/cm ²)		Bruto (kg/cm ²)		kg/cm ³	
	135.41		75.90		2,214	
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE A, PESADO						
Esfuerzo Neto: Clase A			Densidad: Clase A		Abs %: Clase A	

2						
Identificación	Medidas (cm)			Peso (Kg)	Abs %	Densidad
*****	Largo	Ancho	Altura	12.645	6.98	kg/cm ³
	38.80	14.00	18.93			
	Neta (kg/cm ²)		Bruto (kg/cm ²)		kg/cm ³	
	139.97		77.87		2,129	
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE A, PESADO						
Esfuerzo Neto: Clase A			Densidad: Clase A		Abs %: Clase A	

3						
Identificación	Medidas (cm)			Peso (Kg)	Abs %	Densidad
*****	Largo	Ancho	Altura	12.975	6.63	kg/cm ³
	39.00	14.07	18.90			
	Neta (kg/cm ²)		Bruto (kg/cm ²)		kg/cm ³	
	137.10		76.26		2,183	
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE A, PESADO						
Esfuerzo Neto: Clase A			Densidad: Clase A		Abs %: Clase A	



Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
 Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
 Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Fuente: elaboración propia



BLOCKS

O.T. No. 32614

INFORME No. 352-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

ASUNTO: ENSAYO DE BLOCKS A COMPRESION

FABRICA 2

4								
Identificación	Medidas (cm)			Peso (Kg)	Abs %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			Neta (kg/cm ²)	Bruto (kg/cm ²)	
*****	39.07	13.97	18.87	11.45	7.71	87.95	46.36	2,066
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE B, PESADO								

Esfuerzo Neto: Clase B

Densidad: Clase A

Abs %: Clase A

5								
Identificación	Medidas (cm)			Peso (Kg)	Abs %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			Neta (kg/cm ²)	Bruto (kg/cm ²)	
*****	39.03	13.93	19.00	11.97	6.44	97.90	52.47	2,110
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE B, PESADO								

Esfuerzo Neto: Clase B

Densidad: Clase A

Abs %: Clase A

6								
Identificación	Medidas (cm)			Peso (Kg)	Abs %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			Neta (kg/cm ²)	Bruto (kg/cm ²)	
*****	39.03	13.87	19.00	11.97	6.58	92.74	49.30	2,134
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE B, PESADO								

Esfuerzo Neto: Clase B

Densidad: Clase A

Abs %: Clase A



Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12, Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100, Extensión: 1595

Fuente: elaboración propia



BLOCKS

O.T. No. 32614

INFORME No. 352-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUCACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

ASUNTO: ENSAYO DE BLOCKS A COMPRESION

FABRICA 3

7								
Identificación	Medidas (cm)			Peso (Kg)	Abs %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			Neta (kg/cm ²)	Bruto (kg/cm ²)	
*****	38.90	13.87	19.03	13.24	7.54	97.47	58.05	2,086
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE B, PESADO								
Esfuerzo Neto: Clase B			Densidad: Clase A		Abs %: Clase A			

8								
Identificación	Medidas (cm)			Peso (Kg)	Abs %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			Neta (kg/cm ²)	Bruto (kg/cm ²)	
*****	38.90	13.87	19.03	13.205	7.03	96.00	57.19	2,097
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE B, PESADO								
Esfuerzo Neto: Clase B			Densidad: Clase A		Abs %: Clase A			

9								
Identificación	Medidas (cm)			Peso (Kg)	Abs %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			Neta (kg/cm ²)	Bruto (kg/cm ²)	
*****	38.93	13.90	19.07	13.26	7.56	103.42	61.29	2,082
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE B, PESADO								
Esfuerzo Neto: Clase B			Densidad: Clase A		Abs %: Clase A			



Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Fuente: elaboración propia



BLOCKS

O.T. No. 32614

INFORME No. 352-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

ASUNTO: ENSAYO DE BLOCKS A COMPRESION

FÁBRICA 4

10								
Identificación	Medidas (cm)			Peso (Kg)	Abs %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			Neta (kg/cm ²)	Bruto (kg/cm ²)	
*****	38.87	13.87	19.00	11.345	10.96	167.28	101.86	1,763
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE A, MEDIO								

Esfuerzo Neto: Clase A

Densidad: Clase B

Abs %: Clase A

11								
Identificación	Medidas (cm)			Peso (Kg)	Abs %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			Neta (kg/cm ²)	Bruto (kg/cm ²)	
*****	38.90	13.70	19.00	11.23	11.79	127.70	77.62	1,743
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE A, MEDIO								

Esfuerzo Neto: Clase A

Densidad: Clase B

Abs %: Clase B

12								
Identificación	Medidas (cm)			Peso (Kg)	Abs %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			Neta (kg/cm ²)	Bruto (kg/cm ²)	
*****	38.97	13.90	18.93	11.565	11.11	163.12	97.91	1,785
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE A, MEDIO								

Esfuerzo Neto: Clase A

Densidad: Clase B

Abs %: Clase B

Atentamente,

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

/cbr

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora C.I.I.





PRISMAS

O.T. No. 33100

INFORME No. 351-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658
 PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"
 ASUNTO: ENSAYO DE COMPRESION EN PRISMAS DE MAMPOSTERIA.
 PROVEEDOR: *****
 FECHA: GUATEMALA, 14 DE JULIO DE 2014.

ANTECEDENTES

El estudiante **JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA** con numero de carne No. **2010-20658** de la carrera de Ingeniería Civil, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara, ensayo de compresión a 56 prismas de mampostería, los ensayos en cuestión son parte del trabajo de tesis: "**VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)**"

RESULTADOS

Resultados prismas por juego

FÁBRICA 1

- Neopreno

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ	V (%)
1	28	44,149.66	1.05	15.04	1.08	7.18
2	28	40,823.31	1.05	13.91	1.24	8.91
3	28	43,998.46	1.05	14.99	1.61	10.75
4	28	39,462.54	1.05	13.45	1.74	12.97
5	28	38,252.96	1.05	13.04	4.21	32.28

- Azufre

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ	V (%)
1	28	47,627.20	1.06	16.25	1.88	11.57
2	28	52,163.12	1.06	17.79	1.55	8.71
3	28	45,510.43	1.06	15.52	3.41	21.95



Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
 Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
 Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Fuente: elaboración propia



PRISMAS

O.T. No. 33100

INFORME No. 351-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

FÁBRICA 2

- Neopreno

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ	V (%)
1	28	31,600.27	1.06	11.37	1.33	11.67
2	28	31,146.68	1.06	11.21	0.80	7.17
3	28	30,088.29	1.06	10.82	1.79	16.54
4	28	27,971.53	1.06	10.06	0.83	8.30
5	28	30,390.69	1.06	10.93	1.27	11.66

- Azufre

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ	V (%)
1	28	43,696.06	1.06	15.71	1.97	12.56
2	28	43,242.47	1.06	15.54	2.78	17.92
3	28	40,974.51	1.06	14.72	0.57	3.89



Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Fuente: elaboración propia



PRISMAS

O.T. No. 33100

INFORME No. 351-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

FÁBRICA 3

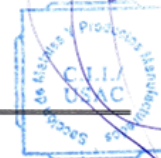
- Neopreno

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ	V (%)
1	28	39,008.94	1.06	12.60	0.29	2.27
2	28	35,531.40	1.06	11.48	1.39	12.09
3	28	39,160.14	1.06	12.65	0.99	7.85
4	28	39,764.93	1.06	12.85	0.60	4.63
5	28	39,916.13	1.06	12.89	0.78	6.08

- Azufre

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ	V (%)
1	28	51,255.94	1.06	16.56	1.19	7.16
2	28	46,115.22	1.06	14.89	0.37	2.45
3	28	46,417.62	1.06	14.99	1.93	12.85

Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595



Fuente: elaboración propia



PRISMAS

O.T. No. 33100

INFORME No. 351-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

FÁBRICA 4

- Neopreno

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ	V (%)
1	28	25,854.77	1.06	8.25	0.44	5.30
2	28	24,493.99	1.06	7.81	0.77	9.82
3	28	25,703.57	1.06	8.20	0.55	6.70
4	28	23,889.20	1.06	7.62	1.03	13.54
5	28	25,098.78	1.06	8.00	1.31	16.40

- Azufre

Juego	Edad del ensayo (días)	Carga max (kg)	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	σ	V (%)
1	28	38,555.35	1.06	12.30	0.43	3.52
2	28	33,565.84	1.06	10.70	0.88	8.19
3	28	38,101.76	1.06	12.15	0.95	7.83



Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Fuente: elaboración propia



PRISMAS

O.T. No. 33100

INFORME No. 351-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 HZ
(DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

Resultados prismas individuales

FÁBRICA 1

• Neopreno

Prisma No.	Edad del ensayo (días)	Ancho Promedio (cm)	Alto Promedio (cm)	Longitud promedio (cm)	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kg)	Rel Hp/tp	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	Modo de falla
1	28	14.08	38.58	39.00	303.46	41,276.91	2.74	1.05	14.07	7 B
2	28	14.03	38.55	38.98	303.46	43,544.87	2.75	1.05	14.85	7 B
3	28	14.05	38.03	38.95	303.46	47,627.20	2.71	1.05	16.20	7 B.A
4	28	14.00	38.38	38.98	303.46	44,452.05	2.74	1.05	15.15	7 A
5	28	14.03	38.35	39.00	303.46	37,194.57	2.73	1.05	12.67	3 A
6	28	14.08	38.38	39.05	303.46	40,823.31	2.73	1.05	13.90	7 A,B
7	28	14.05	38.40	39.00	303.46	40,823.31	2.73	1.05	13.90	7 A
8	28	14.10	38.55	39.00	303.46	41,730.50	2.73	1.05	14.21	7 A
9	28	14.10	38.48	39.03	303.46	49,441.57	2.73	1.05	16.84	7 A
10	28	14.03	38.55	39.10	303.46	43,091.28	2.75	1.05	14.69	7 B.A
11	28	14.10	39.05	39.05	303.46	33,565.84	2.77	1.06	11.46	3 A
12	28	14.05	38.30	39.08	303.46	41,730.50	2.73	1.05	14.21	7 B
13	28	14.05	38.78	39.00	303.46	34,019.43	2.76	1.06	11.61	7 B.A
14	28	14.05	38.53	39.05	303.46	28,576.32	2.74	1.05	9.74	7 B
15	28	14.00	38.45	39.05	303.46	52,163.12	2.75	1.05	17.78	3 A

• Azufre

Prisma No.	Edad del ensayo (días)	Ancho promedio (cm)	Alto promedio (cm)	Longitud promedio (cm)	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kg)	Rel Hp/tp	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	Modo de falla
1	28	14.00	38.63	39.00	303.46	42,637.68	2.76	1.06	14.54	7 A
2	28	14.00	38.70	39.00	303.46	53,523.90	2.76	1.06	18.26	3 A
3	28	14.00	38.55	39.00	303.46	46,720.01	2.75	1.06	15.93	7 A
4	28	14.03	38.50	38.98	303.46	47,627.20	2.75	1.05	16.23	3 A
5	28	14.00	38.60	39.03	303.46	52,163.12	2.76	1.06	17.79	7 A
6	28	14.03	38.58	38.98	303.46	56,699.05	2.75	1.06	19.33	3 A
7	28	14.03	38.65	39.03	303.46	55,791.86	2.76	1.06	19.03	7 A
8	28	14.00	38.58	39.03	303.46	35,833.80	2.76	1.06	12.22	3 A
9	28	14.00	38.70	39.00	303.46	44,905.64	2.76	1.06	15.32	7 A



Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12, Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Fuente: elaboración propia



PRISMAS

O.T. No. 33100

INFORME No. 351-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZEZEÑA, CARNE 201020658

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

FÁBRICA 2

• Neopreno

Prisma No.	Edad del ensayo (días)	Ancho promedio (cm)	Alto promedio (cm)	Longitud promedio (cm)	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kg)	Rel Hp/tp	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	Modo de falla
16	28	13.90	39.00	39.00	288.26	29,029.91	2.81	1.06	10.45	7 B
17	28	14.00	39.05	39.00	288.26	29,937.10	2.79	1.06	10.77	7 A
18	28	13.98	39.03	39.03	288.26	35,833.80	2.79	1.06	12.89	7 A
19	28	13.93	39.08	38.98	288.26	28,576.32	2.81	1.06	10.29	7 A
20	28	13.98	39.13	38.98	288.26	32,658.65	2.80	1.06	11.75	7 B
21	28	13.98	39.23	39.05	288.26	32,205.06	2.81	1.06	11.60	7 A,B
22	28	14.00	38.95	39.00	288.26	34,019.43	2.78	1.06	12.23	7 B
23	28	14.00	38.93	39.00	288.26	24,493.99	2.78	1.06	8.81	7 A
24	28	13.98	38.83	39.03	288.26	31,751.47	2.78	1.06	11.41	7 B
25	28	13.98	38.90	38.95	288.26	28,576.32	2.78	1.06	10.28	7 B
26	28	13.98	38.98	39.00	288.26	25,401.17	2.79	1.06	9.14	7 B,A
27	28	13.98	38.85	39.03	288.26	29,937.10	2.78	1.06	10.76	3 A
28	28	13.98	38.83	38.98	288.26	28,122.73	2.78	1.06	10.11	7 A
29	28	14.00	38.90	39.00	288.26	34,473.02	2.78	1.06	12.39	7 A
30	28	14.00	38.93	39.00	288.26	28,576.32	2.78	1.06	10.27	7 B

• Azufre

Prisma No.	Edad del ensayo (días)	Ancho promedio (cm)	Alto promedio (cm)	Longitud promedio (cm)	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kg)	Rel Hp/tp	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	Modo de falla
10	28	13.90	38.75	38.95	288.26	49,895.16	2.79	1.06	17.95	7 A
11	28	13.90	38.85	39.00	288.26	39,462.54	2.79	1.06	14.20	3 A
12	28	13.95	38.65	38.93	288.26	41,730.50	2.77	1.06	14.99	7 A
13	28	13.95	38.80	38.98	288.26	52,163.12	2.78	1.06	18.76	7 A
14	28	13.95	38.55	39.00	288.26	39,008.94	2.76	1.06	14.01	7 A
15	28	13.95	38.70	38.95	288.26	38,555.35	2.77	1.06	13.86	5 A
16	28	13.93	38.53	38.98	288.26	39,462.54	2.77	1.06	14.18	7 A
17	28	14.00	38.78	38.95	288.26	42,637.68	2.77	1.06	15.32	7 A
18	28	13.93	38.65	39.00	288.26	40,823.31	2.78	1.06	14.67	7 A

Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595



Fuente: elaboración propia



PRISMAS

O.T. No. 33100

INFORME No. 351-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

FÁBRICA 3

- Neopreno

Prisma No.	Edad del ensayo (días)	Ancho promedio (cm)	Alto promedio (cm)	Longitud promedio (cm)	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kg)	Rel Hp/tp	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	Modo de falla
31	28	13.83	39.30	38.90	321.88	39,008.94	2.84	1.06	12.60	7 A
32	28	13.93	39.60	38.90	321.88	38,101.76	2.84	1.06	12.31	3A
33	28	13.90	39.25	38.90	321.88	39,916.13	2.82	1.06	12.88	7 A,B
34	28	13.85	39.45	38.90	321.88	40,369.72	2.85	1.06	13.05	7 A
35	28	13.88	39.88	38.93	321.88	34,019.43	2.87	1.06	11.01	7 B
36	28	13.90	39.23	38.90	321.88	32,205.06	2.82	1.06	10.39	7 A
37	28	13.90	39.38	38.90	321.88	38,101.76	2.83	1.06	12.30	3 A
38	28	13.90	39.45	38.90	321.88	36,740.98	2.84	1.06	11.87	7 A
39	28	13.90	39.28	38.93	321.88	42,637.68	2.83	1.06	13.76	7 A
40	28	13.90	39.40	38.90	321.88	38,101.76	2.83	1.06	12.31	7 B
41	28	13.88	39.55	38.90	321.88	39,462.54	2.85	1.06	12.76	3 A
42	28	13.88	39.48	38.93	321.88	41,730.50	2.85	1.06	13.49	7 A
43	28	13.90	39.60	38.90	321.88	42,637.68	2.85	1.06	13.78	7 B
44	28	13.90	39.25	38.90	321.88	38,101.76	2.82	1.06	12.30	7 A
45	28	13.90	39.43	38.90	321.88	39,008.94	2.84	1.06	12.60	7 A

- Azufre

Prisma No.	Edad del ensayo (días)	Ancho promedio (cm)	Alto promedio (cm)	Longitud promedio (cm)	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kg)	Rel Hp/tp	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	Modo de falla
19	28	13.80	39.40	38.93	321.88	47,173.61	2.86	1.06	15.25	7 A
20	28	13.83	39.10	38.90	321.88	52,163.12	2.83	1.06	16.84	6 A
21	28	13.83	39.10	38.93	321.88	54,431.08	2.83	1.06	17.57	3 A
22	28	13.88	39.15	38.93	321.88	47,173.61	2.82	1.06	15.22	3 A
23	28	13.90	39.33	38.98	321.88	44,905.64	2.83	1.06	14.50	7 A
24	28	13.88	39.18	38.93	321.88	46,266.42	2.82	1.06	14.93	3 A
25	28	13.83	39.10	38.93	321.88	47,627.20	2.83	1.06	15.38	7 A
26	28	13.85	39.45	38.90	321.88	39,916.13	2.85	1.06	12.90	3 A
27	28	13.90	39.35	38.90	321.88	51,709.53	2.83	1.06	16.70	7 A



Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Fuente: elaboración propia



PRISMAS

O.T. No. 33100

INFORME No. 351-M

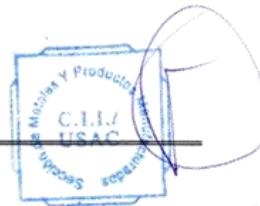
INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZEZEÑA, CARNE 201020658

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

FÁBRICA 4

- Neopreno

Prisma No.	Edad del ensayo (días)	Ancho promedio (cm)	Alto promedio (cm)	Longitud promedio (cm)	Área neta (cm ²)	Carga máxima (kg)	Rel Hp/tp	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	Modo de falla
46	28	13.80	39.08	38.90	325.73	25,854.77	2.83	1.06	8.25	3A
47	28	13.80	38.93	38.93	325.73	24,493.99	2.82	1.06	7.81	7 B
48	28	13.80	39.10	38.83	325.73	27,215.54	2.83	1.06	8.69	7 A
49	28	13.83	39.10	38.88	325.73	22,679.62	2.83	1.06	7.24	7 A,B
50	28	13.80	39.08	38.88	325.73	27,215.54	2.83	1.06	8.68	7 A
51	28	13.83	39.00	38.90	325.73	23,586.80	2.82	1.06	7.52	7 A
52	28	13.80	38.88	38.90	325.73	24,493.99	2.82	1.06	7.81	3 B
53	28	13.80	38.83	38.90	325.73	24,947.58	2.81	1.06	7.95	7 A
54	28	13.78	38.88	38.93	325.73	27,669.13	2.82	1.06	8.82	7 A
55	28	13.78	39.03	38.88	325.73	26,761.95	2.83	1.06	8.54	7 A
56	28	13.85	38.88	38.88	325.73	20,411.66	2.81	1.06	6.50	7 A,B
57	28	13.83	38.88	38.85	325.73	24,493.99	2.81	1.06	7.81	7 A
58	28	13.78	38.93	38.85	325.73	26,761.95	2.83	1.06	8.54	7 B
59	28	13.88	38.93	38.88	325.73	28,122.73	2.81	1.06	8.96	7 A,B
60	28	13.83	38.88	38.90	325.73	20,411.66	2.81	1.06	6.51	7 A



Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Fuente: elaboración propia



PRISMAS

O.T. No. 33100

INFORME No. 351-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

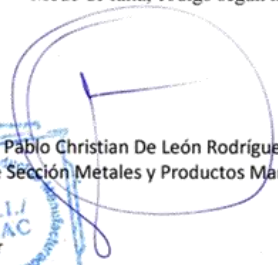

• AZUFRE

Prisma No.	Edad del ensayo (días)	Ancho prom (cm)	Alto prom (cm)	Longitud prom (cm)	Área neta (cm ²)	Carga max (kg)	Rel Hp/tp	FC Hp/tp	Resistencia compresión neta (MPa)	Modo de falla
28	28	13.88	39.13	38.88	325.73	38,555.35	2.82	1.06	12.29	6 A
29	28	13.85	39.15	38.88	325.73	37,194.57	2.83	1.06	11.87	3 A
30	28	13.83	39.05	38.85	325.73	39,916.13	2.82	1.06	12.73	7 A
31	28	13.83	38.88	38.88	325.73	36,740.98	2.81	1.06	11.71	3 A
32	28	13.85	39.18	38.88	325.73	32,205.06	2.83	1.06	10.27	7 A
33	28	13.85	38.95	38.90	325.73	31,751.47	2.81	1.06	10.12	3 A
34	28	13.88	38.90	38.88	325.73	37,648.17	2.80	1.06	11.99	3 A
35	28	13.80	39.10	38.88	325.73	41,276.91	2.83	1.06	13.17	2 A
36	28	13.83	39.15	38.83	325.73	35,380.20	2.83	1.06	11.29	3 A

- * Modo de falla; código según norma coguanor 41051 h2 página 16

Atentamente,

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

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora C.I.I.




Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Fuente: elaboración propia



BLOCKS

O.T. No. 33452

INFORME No. 378-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

ASUNTO: ENSAYO DE BLOCKS A COMPRESION.

PROVEEDOR: *****

FECHA: GUATEMALA, 4 DE AGOSTO DE 2014.

ANTECEDENTES

El estudiante JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA con numero de carne No. 2010-20658 de la carrera de Ingeniería Civil, solicita a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara, ensayo de compresión a 04 blocks, los ensayos en cuestión son parte del trabajo de tesis: "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

RESULTADOS

Clase	ESFUERZO NETO		DENSIDAD	ABSORCION	
	INDIVIDUAL	S PROM		INDIVIDUAL	S PROM
A	≥113	≥ 133	D > 2,000	≤ 11	≤10
B	≥ 85	≥100	1,680 ≤ D ≤ 2,000	≤ 16.5	≤15
C	≥ 56	≥66	D < 1,680	≤ 22	≤20
	kg/cm ²		kg/cm ³	%	

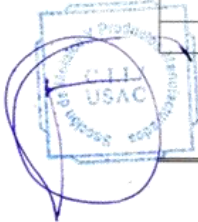
Fuente: Norma COGUANOR NTG 41054

Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Absorción %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			neta (kg/cm2)	bruto (kg/cm2)	
.....	38.93	14.03	18.90	12.975	6.73	142.88	79.13	2195

BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE A, PESADO
Esfuerzo Neto: Clase A Densidad: Clase A Abs %: Clase A

Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Absorción %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			neta (kg/cm2)	bruto (kg/cm2)	
.....	39.03	13.97	18.90	11.956	6.67	130.33	66.78	2167

BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE A, PESADO
Esfuerzo Neto: Clase A Densidad: Clase A Abs %: Clase A



Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Fuente: elaboración propia



BLOCKS

O.T. No. 33452

INFORME No. 378-M

INTERESADO: JOSE PEDRO SUNTECUN ZECEÑA, CARNE 201020658

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION "VALIDACION DEL METODO DE ENSAYO DE LA NORMA COGUANOR NTG 41051 H2 (DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA)"

ASUNTO: ENSAYO DE BLOCKS A COMPRESION.

PROVEEDOR: *****

FECHA: GUATEMALA, 4 DE AGOSTO DE 2014.

3								
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Absorción %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			neta (kg/cm2)	bruto (kg/cm2)	
*****	38.97	13.93	19.03	13.14	7.43	122.35	69.32	2129
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE A, PESADO								
			Esfuerzo Neto: Clase A			Densidad: Clase A		Abs %: Clase A

4								
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Absorción %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			neta (kg/cm2)	bruto (kg/cm2)	
*****	38.93	13.83	19.00	11.275	10.58	121.56	73.35	1780
BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE A, MEDIO								
			Esfuerzo Neto: Clase A			Densidad: Clase B		Abs %: Clase A

Atentamente,

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

/cbr

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Caño Morales
Directora C.I.I.

Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12. Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100. Extensión: 1595

Fuente: elaboración propia

ANEXOS

**NORMA
TÉCNICA
GUATEMALTECA**

COGUANOR
NTG 41051 h2

Método de Ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de prismas de mampostería.

Esta norma es esencialmente equivalente a la norma ASTM C1314-09, la cual fue revisada con el conocimiento y experiencia de los integrantes del CTN de Concreto.

Adoptada Consejo Nacional de Normalización:



Comisión Guatemalteca de Normas
Ministerio de Economía

Edificio Centro Nacional de Metrología Referencia
Calzada Atanasio Azul 27-32, zona 12
Teléfonos: (502) 2247-2600
Fax: (502) 2247-2687
www.mineco.gob.gt
info-coguanor@mail.mineco.gob.gt

Índice

	Página
1 Objeto.....	5
2 Documentos citados	5
3 Terminología.....	6
4 Significado y uso.....	7
5 Fabricación de prismas de mampostería.....	7
6 Obtención y transporte de los prismas de mampostería.....	11
7 Curado.....	11
8 Medición y Determinación de área recta.....	12
9 Cabeceo de los prismas.....	14
10 Procedimiento de ensayos de los prismas.....	14
11 Cálculos.....	17
12 Informe.....	17
13 Precisión y sesgo	19
14 Descriptores.....	19
15 ANEXO (Información obligatoria)	20
16 APENDICE (Información no obligatoria)	23

Continúa

Prólogo COGUANOR

La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) es el Organismo Nacional de Normalización, creada por el Decreto No. 1523 del Congreso de la República del 05 de mayo de 1962. Sus funciones están definidas en el marco de la Ley del Sistema Nacional de la Calidad, Decreto 78-2005 del Congreso de la República.

COGUANOR es una entidad adscrita al Ministerio de Economía, su principal misión es proporcionar soporte técnico a los sectores público y privado por medio de la actividad de normalización.

COGUANOR, preocupada por el desarrollo de la actividad productiva de bienes y servicios en el país, ha armonizado las normas internacionales.

El estudio de esta norma, fue realizado a través del Comité Técnico de Normalización de Concreto (CTN Concreto), con la participación de:

Ing. Emilio Beltranena
Coordinador de Comité

Ing. Luis Álvarez Valencia
Representante Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala

Ing. Héctor Herrera
Representante COGUANOR

Ing. Sergio Sevilla
Representante CIFA

Ing. Joaquín Rueda
Representante MIXTO LISTO

Arq. Luis Fernando Salazar
Representante Facultad Arquitectura-USAC

Ing. Roberto Chang Campang
Representante AGIES

Ing. Marcelo Quiñónez
Representante FORCOGUA

Ing. Otto Leonel Callejas
Representante MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA

Ing. Rommel Ramírez
Representante CEMEX

Continua

Ing. José Estuardo Palencia
Representante PROQUALITY

Ing. Ramón Torres
Representante TECNOMASTER, S.A.

Ing. Javier Quiñónez
Representante CONCYT

Gabriel Granados
Representante PRECSA

Ing. Víctor Nájera
Representante SIKA

Continua

1. OBJETO

1.1 Este método cubre los procedimientos para la construcción y ensayo de prismas de mampostería y los procedimientos para determinar la resistencia a compresión de la mampostería f_{mt} , usada para determinar el cumplimiento con la resistencia a compresión especificada de la mampostería, $f'm$. Cuando este método se usa para propósitos de investigación, los procedimientos de fabricación y de ensayo de prismas de esta norma sirven como una guía y proveen los parámetros necesarios de control.

1.2 Este método de ensayo también cubre los procedimientos para determinar la resistencia a la compresión de prismas obtenidos de especímenes removidos de la obra.

1.3 Los valores indicados en unidades SI o en unidades del sistema inglés Libras-pulgadas, se debe considerar como el estándar separadamente. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser equivalencias exactas; por lo tanto cada sistema debe ser usado independientemente del otro. La combinación de valores en los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con esta norma.

1.4 Esta norma no tiene el propósito de indicar todas las medidas de seguridad si las hubiere asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma el establecer las prácticas apropiadas de seguridad y salubridad ocupacional y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso.

2. DOCUMENTOS CITADOS

2.1 Normas NTG (ASTM):

NTG 41010 h1 (C 136)	Método de ensayo. Análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos.
NTG 41052 (C 143)	Método de ensayo. Determinación del asentamiento del concreto de cemento hidráulico.
NTG 41031 (C 144)	Agregados para morteros de mampostería. Especificaciones.
NTG 41054	Bloques huecos de concreto. Especificaciones
NTG 41055	Método de ensayo. Determinación de resistencia a compresión de bloques huecos de concreto.
(C 67)	Métodos de ensayo. Muestreo y ensayo de ladrillos de barro cocido.

Continua

- (C 270) Morteros de pega de unidades de mampostería. Especificaciones.
- (C 476) Graut para mampostería. Especificaciones.
- (C 780) Método de ensayo. Ensayos para la evaluación de morteros de pega para unidades de mampostería simple y reforzada, en las etapas de pre construcción y de construcción.
- (C 1019) Método de ensayo. Muestreo y ensayos del graut.
- (C 1093) Práctica para la acreditación de agencias de ensayos para mampostería.
- (C 1532) Práctica para la selección, remoción y envío de unidades de mampostería y de especímenes de mampostería de construcciones existentes.
- (C 1552) Práctica para el cabeceo de unidades de mampostería, unidades relacionadas y prismas de mampostería para ensayos de compresión.
- (C 1587) Práctica para la preparación de unidades de mampostería y de especímenes de mampostería removidos de la obra, para su ensayo.
- (E 105) Práctica para el muestreo probabilístico de los materiales.
- (E 111) Método de ensayo. Determinación del módulo de Young, módulo tangente y módulo cuerda.

3. TERMINOLOGÍA

3.1 Definiciones.

3.1.1 Juego – El Juego constituido de por lo menos tres prismas fabricados con los mismos materiales y ensayados a la misma edad.

3.2 Notificaciones – Símbolos

3.2.1 f_m – El esfuerzo de compresión especificado de la mampostería, conocido también como la resistencia a la compresión especificada de la mampostería.

3.2.2 f_{mt} – El esfuerzo de compresión de la mampostería conocido también como resistencia a la compresión de la mampostería.

Continúa

3.2.3 hp – Altura del prisma.

3.2.4 tp – Espesor o menor dimensión lateral actual del prisma.

4. SIGNIFICADO Y USO

4.1 Este material de ensayo provee un medio para verificar que los materiales de mampostería usados en la construcción den por resultado una mampostería que cumpla con la resistencia especificada de compresión.

4.2 Este método provee un medio para evaluar las características de la resistencia a la compresión de la construcción de mampostería en la obra, a través del ensayo de prismas obtenidos de esa construcción, cuando se muestrean de acuerdo con la norma (ASTM C1552). Las decisiones que se tomen en la preparación de tales prismas removidos de la obra para su ensayo, determinar su área neta y para la interpretación de los resultados de los ensayos de compresión, requieren de un criterio profesional.

4.3 Si este método se usa como una guía para realizar investigaciones para determinar los efectos sobre la resistencia a la compresión de la mampostería, de los varios parámetros de la construcción y ensayo de los prismas, se deben registrar e informar las desviaciones respecto a este método de ensayo. Tales prismas de investigación no deben ser usados para verificar el cumplimiento con una resistencia a la compresión especificada de la mampostería.

NOTA 1 – El laboratorio que realice este método de ensayo debe ser evaluado de acuerdo con la práctica ASTM C1093.

4.3.1 En el apéndice X2 se incluye una guía de información al investigador en aspectos relacionados con los materiales, la fabricación de prismas y el análisis.

5. FABRICACIÓN DE LOS PRISMAS DE MAMPOSTERÍA

5.1 Los prismas deben ser fabricados con unidades de mampostería representativas de las usadas en la construcción. Si las unidades tienen estrías o nervaduras que se proyecten 12.5 mm (½ pulg) o más, sobre la superficie de la unidad, se debe remover tales estrías o nervaduras por aserrado a ras con la superficie de la unidad en la base de la estría o nervadura.

Cuando los prismas se usan para el control o aseguramiento de la calidad en la obra, debe registrarse la localización en la estructura que corresponde al juego de prismas fabricado.

NOTA 2 – Los códigos de construcción o las especificaciones del proyecto, pueden requerir de un juego de prismas para un área dada de metros cuadrados (o pies cuadrados) de construcción. Al registrarse la localización en la estructura que corresponde a un determinado juego de prismas, se permite que los resultados de los ensayos sean atribuidos a esa porción particular de la estructura.

Continúa

5.2 Construir un juego de prismas para cada combinación de materiales y para cada edad de ensayo, para los cuales se debe determinar la resistencia a la compresión de la mampostería.

5.3 Fabricar cada prisma sobre una bolsa abierta y estanca al agua, suficientemente grande para envolver y sellar el prisma completamente. Fabricar los prismas sobre una base plana y nivelada, en un lugar donde puedan permanecer inalterables hasta que sean transportados para su ensayo.

5.4 Fabricar los prismas como se indica en la figura 1, con las unidades colocadas unas sobre otras. Orientar las unidades en el prisma en la forma correspondiente a la de la construcción. Al momento de la fabricación de los prismas, las superficies de las unidades deben estar libres de humedad. Cuando la correspondiente fabricación es de mampostería de doble o múltiple muro, teniendo dos o más muros compuestos de diferentes unidades o morteros, fabricar los prismas representativos de cada diferente muro, y ensayarlos separadamente.

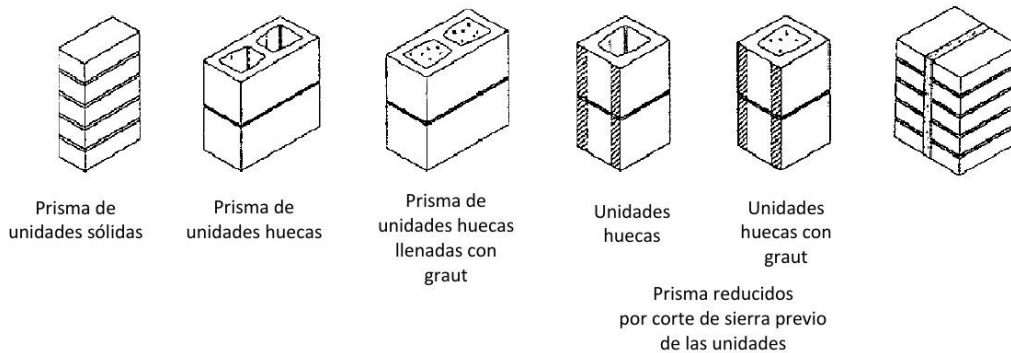


Figura 1. Fabricación de prismas de mampostería

5.5 Fabricar los prismas con unidades de tamaño completo o de longitud reducida. Cualquier corte de sierra requerido debe ser efectuado en las unidades,

Continúa

antes de la fabricación de los prismas. Los contenidos de humedad de las unidades usadas para fabricar los prismas deben ser representativos de los usados en la construcción. Los prismas compuestos de unidades que contienen celdas independientes cerradas, deben tener al menos una celda completa con un tabique de ancho completo en cada extremo (Ver figura 2). Los prismas compuestos de unidades sin celdas independientes cerradas, deben tener una sección transversal lo más simétrica posible, la longitud mínima de los prismas debe ser de 100 mm (4 pulg).

NOTA 3 – Cuando se usan unidades de mampostería grandes, la experiencia ha señalado que reduciendo la longitud de tales unidades antes de la fabricación del prisma, hace que su manejo y transporte sea más fácil. Por lo tanto estos prismas de unidades de longitud reducida son más propicios para ser cabeceados y ensayados apropiadamente. También es menos probable que el prisma más pequeño sea afectado por efectos de pandeo de placa durante el ensayo, como se describen en la Nota 8, y por lo tanto proveerán de una evaluación más exacta de la resistencia de los materiales en el prisma de mampostería. Por estas razones se estimula el uso de prismas de longitud reducida.

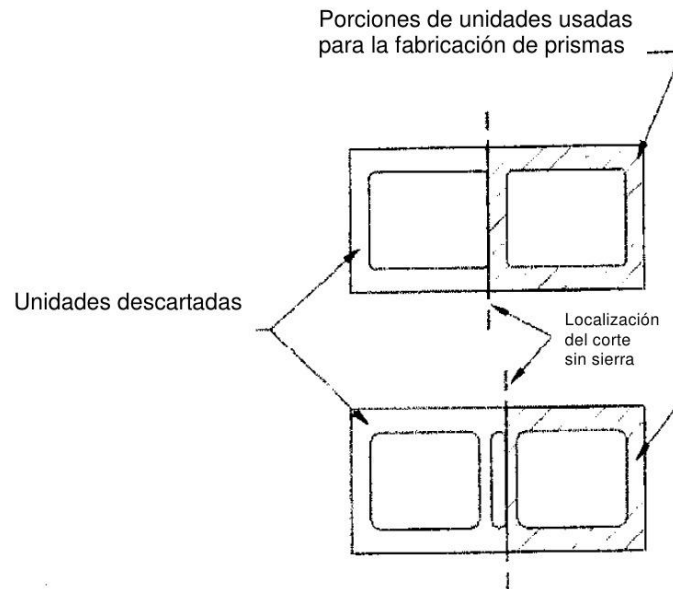


Figura 2. Reducción de unidades huecas previo a la fabricación de prismas

Continúa

5.6 Fabricar los prismas con camas completas de mortero (en todos los tabiques y paredes de las unidades) usar un mortero representativo del usado en la construcción. Usar juntas de mortero y un método de posicionar y alinear las unidades, que sea representativo del usado en la construcción. Usar juntas de mortero cortadas al ras. Para prismas que deben ser llenados con graut, remover todas las protuberancias o rebabas de mortero hacia el espacio del graut.

5.7 Fabricar los prismas de un mínimo de dos unidades en altura con una relación de altura a espesor del prisma hp/tp, entre 1.3 y 5.0.

5.8 Inmediatamente después de la fabricación del prisma, sellar la bolsa estanca al agua alrededor del prisma.

5.9 Prismas llenados con graut.

5.9.1 Cuando se usen los prismas para control o aseguramiento de calidad en la obra, fabricar los prismas al mismo tiempo que la correspondiente construcción y llenarlos con graut cuando la correspondiente construcción lleva graut. Cuando los prismas sean usados para otros propósitos, los prismas deben ser llenados con el graut a no menos de 4 h ni más de 48 h después de su fabricación.

5.9.2 Cuando la correspondiente construcción vaya a ser llenada con graut consolidado, llenar también con graut consolidado los prismas representativos. Usar un graut representativo del usado en la construcción. Antes de colocar el graut, remover las rebabas de mortero del espacio del graut. Usar procedimientos de consolidación o re-consolidación del graut representativos de los usados en la construcción. Colocar el graut adicional en los prismas como sea necesario, después de cada consolidación. Enrasar el exceso y acabar el graut de modo que quede nivelado con el tope del prisma y en contacto con las unidades en el perímetro del espacio del graut. Los especímenes con graut no deben contener ningún refuerzo.

5.9.3 Cuando la correspondiente construcción vaya a ser parcialmente llenada con graut, fabricar dos juegos de prismas, un juego llenado con graut como se indica en 5.9.2 y dejar el otro sin graut.

5.9.4 Cuando se tengan unidades abiertas o prismas que contengan graut entre muros similares que deben ser unidos por graut, usar unidades similares de mampostería como moldes para confinar el graut mientras se coloca. Reforzar los moldes para evitar su desplazamiento durante la colocación del graut. Colocar el graut como se indica en 5.9.2.

5.9.5 Inmediatamente después de la operación de colocación del graut, selle la bolsa estanca al agua alrededor del prisma.

5.10 Mantener todos los prismas protegidos del congelamiento. No perturbar o mover los prismas durante las primeras 48 horas después de su fabricación.

Continúa

Mantener los prismas en las bolsas estancas al agua hasta las 48 horas antes de su ensayo.

5.11 Almacenar un termómetro de máximas y mínimas con los prismas, y registrar las temperaturas máximas y mínimas experimentadas durante el período inicial de 48 horas.

6. OBTENCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS PRISMAS DE MAMPOSTERÍA

6.1 Para los especímenes de mampostería removidos de la obra, seleccionar y remover los especímenes de acuerdo con la práctica (ASTM C1532).

6.2 Antes de proceder a la transportación de los prismas de mampostería fabricados y los especímenes de mampostería removidos de la obra, se debe amarrar y/o sujetar cada prisma o espécimen para prevenir que puedan ser dañados durante su manejo y transporte. Asegurar los prismas y especímenes para prevenir su tableo, trepidación o volteo durante su transportación.

6.3 Transportar los prismas y especímenes de mampostería de acuerdo con la práctica ASTM C1532.

6.4 Para los especímenes de mampostería removidos de la obra y después de que hayan sido transportados al laboratorio, proceder a obtener prismas de mampostería de los mismos, usando los procedimientos dados en la práctica ASTM C1587.

7. CURADO

7.1 Después de la etapa inicial de 48 h de curado para prismas fabricados, mantener los prismas dentro de sus bolsas en un área con una temperatura ambiente de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$ ($75^{\circ}\text{F} \pm 15^{\circ}\text{F}$). Dos días antes de su ensayo, remover las bolsas estancas al agua y continuar con el almacenaje de los prismas a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$ ($75^{\circ}\text{F} \pm 15^{\circ}\text{F}$) y una humedad relativa menor de 80 %.

7.2 Para los prismas obtenidos de los especímenes de mampostería removidos de la obra, guardarlos en el laboratorio a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{F}$ ($75^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{F}$) y una humedad relativa menor de 80 %, por al menos dos días antes de su ensayo.

7.3 Los prismas no deben ser secados al horno o estar expuestos a temperaturas que excedan los límites requeridos de las temperaturas para su almacenaje, a cualquier tiempo anterior a su ensayo.

7.4 No debe haber humedad visible presente en la superficie de los prismas al tiempo de ensayo. Se debe extender el tiempo de almacenaje tanto como sea necesario para asegurar condiciones de superficie seca en los prismas, al tiempo de su ensayo.

Continúa

7.5 Ensayar los prismas a la edad de 28 días o a las edades designadas. Se debe ensayar un juego de prismas a cada edad de ensayo. La edad de los prismas se debe determinar desde el momento de inicio de la colocación de las unidades de mampostería para prismas que no serán llenados con graut y desde el momento de iniciar el llenado con graut para prismas llenados con graut.

8. MEDICIONES Y DETERMINACIÓN DEL ÁREA NETA

8.1 Medición de los prismas – Como se indica en la Figura 3 medir la longitud y el ancho en los extremos de las caras superior e inferior de los prismas, al más cercano 1 mm (0.05 pulg). Determinar la longitud y ancho, promediando las 4 medidas en cada dimensión. Medir la altura del prisma al centro de cada cara, al más cercano 1 mm (0.05 pulg). Determinar la altura promediando las 4 medidas efectuadas.

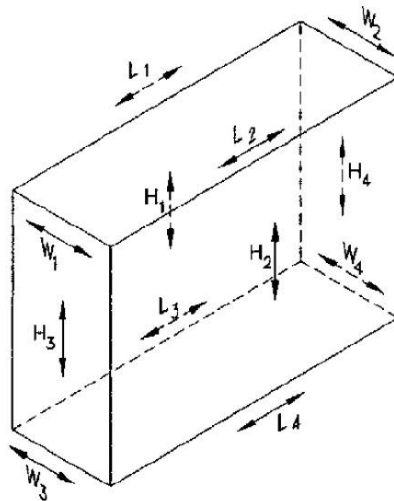


Figura 3. Localización de medidas del prisma

8.1.1 Para prismas obtenidos de especímenes de mampostería removidos de la obra, hacer mediciones adicionales como sea necesario para documentar la condición y las medidas del espécimen.

NOTA 4 – Los prismas obtenidos de especímenes de mampostería removidos de la obra, pueden tener diferentes tamaños, formas y configuraciones. Estas variaciones son el resultado de diferentes

Continua

formas de unión y prácticas de uso del mortero, la presencia de refuerzo y otros accesorios, en conjunción con el tiempo de servicio de la mampostería y de las técnicas empleadas para remover los especímenes de los ensambles de muros. Estas variaciones pueden dar lugar a crear un prisma de medidas no uniformes en su longitud o en su sección transversal. Por lo tanto, a menudo se requiere de mediciones adicionales para documentar adecuadamente la condición del prisma y comunicar tal condición a los lectores del informe del ensayo.

8.2 Área transversal neta:

8.2.1 Prismas fabricados – Tomar el área transversal neta de los prismas no llenados con graut, como el área transversal neta de las unidades de mampostería, determinada por medición directa o de una muestra representativa de unidades de mampostería ensayadas de acuerdo con el método descrito en NTG 41054 para unidades de mampostería de concreto y con el método ASTM C67 para mampostería de arcilla. Si para fabricar el prisma se utilizan unidades cortadas, determinar el área transversal neta de unidades adicionales cortadas de forma similar. Determinar el área transversal neta de los prismas llenados con graut multiplicando la longitud por el ancho del prisma. (Ver 8.1)

NOTA 5 – El área neta definida por los métodos NTG 41054 para unidades huecas de concreto es usualmente ligeramente diferente de la mínima área transversal neta, porque las paredes y tabiques de las unidades son típicamente cónicos o ahusados.

8.2.1.1 Considerar las unidades de mampostería de arcilla cuya área transversal sea por lo menos el 75 % de su área transversal total, como unidades 100 % sólidas.

8.2.2 Prismas obtenidos de especímenes de mampostería removidos de la obra. Usar los métodos identificados anteriormente para determinar el área transversal neta. El área neta para prismas obtenidos de especímenes de mampostería removidos de la obra, se considera que esta mínima área portante. Si los prismas no son de una longitud o ancho uniforme, a lo largo de la altura del espécimen, así las superficies de mortero no están suficientemente llenas, usar un criterio profesional para determinar el área mínima de apoyo que existe para el prisma, para cualquier localización que tenga.

NOTA 6 – Mientras para los prismas fabricados se requiere que las unidades estén bien encamadas en mortero, los prismas obtenidos de especímenes de mampostería removidos de la obra, vendrán frecuentemente con cama de mortero solo las paredes externas de las unidades para tales prismas, si se remueve cualquier mortero en la parte superior e inferior de las superficies de apoyo para lograr en un apoyo total de la sección de la unidad, la sección transversal mínima típicamente ocurrirá en una junta de mortero intermedia. Para secciones con cama en las caras de las paredes de la unidad, un método efectivo para calcular el área transversal neta mínima de apoyo es el siguiente: multiplicar la longitud medida del prisma en la cama de mortero localizada, por la suma de los espesores de la cama de mortero de las paredes externas de las unidades de mampostería. Dado que las paredes de las unidades de mampostería huecas son usualmente cónicas o ahusadas los espesores de la cama de mortero en la parte superior de la unidad y en la parte inferior de la unidad pueden ser diferentes. En tal caso se recomienda usar el menor espesor de las dos camas de mortero para el cálculo. Obtener acceso para medir el espesor de las paredes de la unidad es frecuentemente difícil o imposible. La medición de unidades de mampostería similares y representativas o de otras partes del prisma es una opción y realizando mediciones después de terminado el ensayo es otra opción. Se recomienda referirse a los métodos de ensayo ASTM C67 y NTG 41054 para métodos recomendados para la medición del espesor de las paredes y tabiques de las unidades.

Continúa

9. CABECEO

9.1 Cabeceo de los prismas. Cabecear los prismas de acuerdo con la práctica ASTM C1552.

10. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE LOS PRISMAS

10.1 Equipo de ensayo. La maquinaria de ensayos debe tener una exactitud de más o menos 1 % sobre todo el rango anticipado de carga. La platina superior debe ser un bloque de metal endurecido con apoyo esférico y firmemente sujeto al cabezal superior de la máquina. El centro de la esfera debe quedar al centro de la superficie conformada para su asiento esférico, pero debe estar libre para girar en cualquier dirección y su perímetro debe tener al menos una holgura de 6.3 mm (¼ de pulg) de la cabeza, para poder acomodar especímenes cuyas superficies de apoyo no sean paralelas. El diámetro de la platina superior (determinada de acuerdo con el apéndice A 1.3) debe ser de por lo menos 150 mm (6 pulg). No se requiere que haya una placa de metal endurecido bajo el espécimen, pero se ha encontrado que su empleo minimiza el desgaste sobre la platina inferior de la máquina de ensayo.

10.1.1 Cuando el área de apoyo de las platinas superior o inferior es insuficiente para cubrir el área del espécimen, debe colocarse entre la platina y el espécimen cabeceado una sola placa de apoyo de acero con un espesor de por lo menos igual a la distancia del borde de la platina a la esquina más distante del espécimen. La longitud y el ancho de la placa de acero debe ser de por lo menos 6 mm (¼ pulg) mayor que la longitud y ancho de los prismas.

10.1.2 Las superficies de la platina o de la placa que va en contacto con el espécimen, deben tener una dureza de HRC 60 (BHN 620). Las superficies de la platina y de la placa no se desviarán de una superficie plana por más de 0.03 mm (0.001 pulg) en cualquier dimensión de 150 mm (6 pulg).

NOTA 7 – El anexo A1 incluye una guía para determinar el espesor requerido de la placa, basada en las configuraciones del espécimen de ensayo y de la máquina de ensayo.

NOTA 8 – Las investigaciones efectuadas han señalado que el espesor de las placas de apoyo tiene un efecto significativo sobre la resistencia de los prismas de mampostería, cuando el área de apoyo de la placa no es suficiente para cubrir el área del espécimen. El pandeo de la placa da por resultado distribuciones de esfuerzos no uniformes que influyen en los mecanismos de falla de los especímenes ensayados. Las resistencias a compresión de los ensayos típicamente se incrementan con el aumento de espesor de la placa y con la reducción de su distancia a la esquina más distante del espécimen. Algunos laboratorios incluyen ensayos que limitan la posibilidad de eliminar por completo el pandeo de la placa. Por lo tanto los requerimientos de espesor de la placa señalados en 10.1 están destinados a proveer un nivel adecuado de compresión de modo que los resultados de los ensayos de compresión se conformen a los límites de factibilidad del laboratorio de ensayo.

10.2 Colocación del prisma en la máquina de ensayo. Limpiar las caras de apoyo de las platinas, las placas de apoyo y el espécimen de ensayo. Colocar los especímenes de ensayo sobre la platina o placa de apoyo inferior. Alinear los dos ejes centroidales del espécimen con el centro del empuje de la máquina de ensayo.

Continúa

Al llevar la platina superior con apoyo esférico o la placa de apoyo a contacto con el espécimen, rotar la porción móvil de la platina superior, suavemente con la mano para asegurar un asiento uniforme.

10.3 Aplicación de la carga.

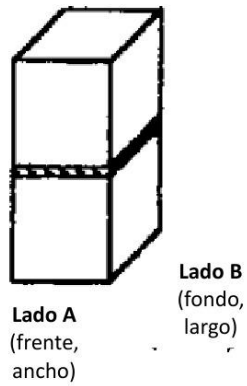
10.3.1 Para prismas fabricados, aplicar la carga inicial al prisma hasta un cuarto de la carga esperada, a una velocidad conveniente. Aplicar la carga restante a una velocidad uniforme en no menos de 2 min, ni más de 4 min.

10.3.2 Para prismas obtenidos de especímenes de mampostería removidos de la obra aplicar la carga inicial a los prismas hasta un cuarto de la carga esperada, a una velocidad conveniente. Aplicar la carga restante a una velocidad constante en no menos de 2 ni más de 4 min.

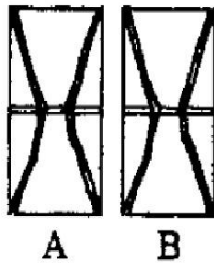
10.3.3 Si el modo de falla no puede ser determinada una vez se alcanza la carga máxima, continuar cargando el espécimen hasta que su forma de falla sea identificable. Registrar la carga máxima aplicada y anotar el modo de falla.

10.4 Observaciones – Describir el modo de falla, lo más completamente posible o ilustrarlo, o hacer ambas cosas, ilustrando con dibujo esquemático o fotografías de la fisuración y descascamientos observados. Notar si la falla en un lado o un extremo del prisma antes de la fractura en el lado o extremo opuesto del prisma. Identificar el modo de falla usando la Figura 4.

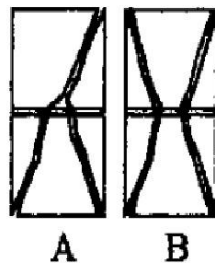
Continua



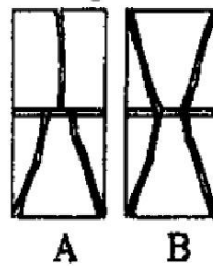
1) Fractura cónica



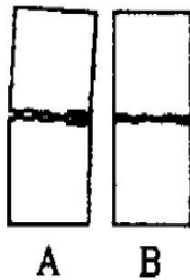
2) Cono y Corte o tracción diagonal



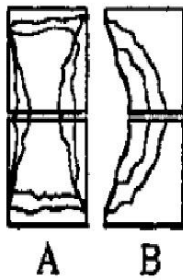
3) Cono y tracción indirecta



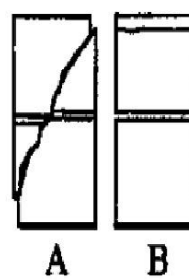
4) Fractura por tracción axial



5) Fractura Semicónica



6) Fractura por corte o tracción diagonal



7) Separación de pared externa de unidad



Figura 4. Esquemas de modos de falla de los prismas de mampostería.

Continua

11. CÁLCULOS

11.1 Resistencia del prisma de mampostería – calcular la resistencia de cada prisma de mampostería dividiendo la máxima resistencia de compresión de cada prisma por el área seccional neta de ese prisma y expresar el resultado a los más cercanos 69 kPa (10 psi).

11.1.1 Cuando se tengan juegos de prisma llenados con graut o juegos de prisma sin graut, calcular las resistencias a compresión de los prismas separadamente para el juego llenado con graut y para el juego sin graut.

11.1.2 Cuando un juego de prisma se ensaye para cada muro componente de un muro compuesto de varios muros, calcular la resistencia a compresión del prisma para cada muro individual.

11.2 Resistencia a Compresión de la Mampostería

11.2.1 Calcular la relación h_p/t_p para cada prisma usando la altura y la menor dimensión lateral de ese prisma. Determinar el factor de corrección de la Tabla 1. Si la relación de la altura del prisma a su espesor se encuentra entre los valores h_p/t_p de la Tabla 1, determinar el correspondiente factor de corrección por interpolación lineal entre los valores dados.

11.1.2 Cuando un juego de prisma se ensaye para cada muro componente de un muro compuesto de varios muros, calcular la resistencia a compresión del prisma para cada muro individual.

11.2 Resistencia a Compresión de la Mampostería

11.2.1 Calcular la relación h_p/t_p para cada prisma usando la altura y la menor dimensión lateral de ese prisma. Determinar el factor de corrección de la Cuadro 1. Si la relación de la altura del prisma a su espesor se encuentra entre los valores h_p/t_p de la Tabla 1, determinar el correspondiente factor de corrección por interpolación lineal entre los valores dados.

11.2.2 Multiplicar la resistencia del prisma de mampostería por el factor de corrección para el respectivo prisma.

11.2.3 Calcular la resistencia a compresión de la mampostería f_{m1} para cada juego de prisma, promediando los valores obtenidos.

12 INFORME

12.1 Para prismas fabricados, informar lo siguiente:

12.1.1 El nombre de los equipos responsable de la fabricación, transporte y ensayo de los prismas.

Continua

12.1.2 La designación de cada prisma ensayado y la descripción del prisma, influyendo su ancho, alto y longitud; la relación hp/tp; el tipo de mortero; y el graut y unidad de mampostería usados en su fabricación.

12.1.3 Para control o aseguramiento de calidad en obra, la localización en la estructura que corresponde a los prismas como se registra en 5.1.

12.1.4 La temperatura máxima y mínima experimentada por los prismas durante las primeras 48h después de su fabricación y su llenado con graut.

12.1.5 La edad del prisma al tiempo de su ensayo.

12.1.6 La carga máxima de compresión resistida por cada prisma en Newtons, o libras fuerza.

Cuadro 1. Factores de corrección de altura a espesores para Resistencia a Compresión de Prismas de Mampostería

hp/tp^A	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de corrección	0.75	0.86	1.0	1.04	1.07	1.15	1.22

^A Relación de altura y la menor dimensión lateral del prisma

12.1.7 El área de las secciones transversales neta de cada prisma en milímetros cuadrados o pulgadas cuadradas y el método usado para calcular dicha área.

12.1.8 Las observaciones durante el ensayo de cada prisma, de acuerdo con 10.4.

12.1.9 El diámetro (o diámetro proyectado, si aplicable) del cabezal de apoyo esférico de la máquina de ensayo, el espesor requerido de la placa superior de apoyo, en base del tamaño del espécimen, y el espesor usado para la placa superior de apoyo.

12.1.10 Las dimensiones de la platina inferior de la máquina de ensayo, el espesor requerido para la placa inferior de apoyo, en base del tamaño del espécimen ensayado, y el espesor de la placa inferior de apoyo usada.

12.1.11 La resistencia a la compresión de cada prisma calculada al más cercano 69 kPa (10psi). (Ver 11.1).

12.1.12 La resistencia a la compresión de la mampostería; f_{mt} , para cada juego de prisma, calculada al más cercano 69 kPa (10 psi). (Ver 11.2)

12.2 Para los prismas obtenidos de especímenes de mampostería removidos de la obra, informar lo siguiente:

Continua

12.2.1 El nombre del equipo que realizó el ensayo.

12.2.2 Nombre del grupo que realizó la remoción del espécimen en la obra, y su transportación.

12.2.3 La designación, fotografía y descripción detallada de la condición de cada prisma previo a su cabeceo. La descripción de las condiciones deben señalar todos los detalles que puedan influenciar la interpretación de los resultados y deben incluir las siguientes como mínimo:

12.2.4 Las observaciones sobre el ensayo de cada prisma como se indica en 10.4.

12.2.5 El diámetro (o diámetro proyectado si aplicable), del cabezal de apoyo esférico de la máquina de ensayo, el espesor requerido de la placa superior de apoyo en base del tamaño del espécimen y el espesor usado para la placa superior de apoyo.

12.2.6 Las dimensiones de la platina inferior de la máquina de ensayo, el espesor requerido de la placa inferior de apoyo, basado en el tamaño del espécimen ensayado y el espesor de la placa inferior de apoyo usada.

12.2.7 La resistencia a la compresión de cada prisma calculada al más cercano 69 kPa (10 psi): (Ver 11.1).

12.2.8 La resistencia a la compresión de la mampostería fnt para cada juego de prisma, calculada al más cercano 69 kPa (10 psi), (Ver 11.2).

NOTA 9 – Las prácticas (ASTM C1532) y (ASTM C1587) incluyen ítems del informe requerido, relacionados con la selección, remoción y envío de los especímenes de mampostería de la construcción en la obra, así como de la preparación de los prismas para el ensayo a compresión. Se debe considerar hacer referencia a esos informes, o incluir la información de los mismos en el informe de la ASTM C1314 sobre los especímenes de mampostería removidos de la obra.

13. PRECISIÓN Y SESGO

13.1 Dada la variedad de materiales y combinaciones de materiales involucrados, no se hace ninguna declaración o sesgo para este método. No se cuenta con suficientes datos de todos los materiales y combinaciones de materiales, para permitir el desarrollo de declaraciones y de sesgo.

14. DESCRIPTORES

14.1 Resistencia a la compresión de la mampostería; resistencia del prisma de mampostería; resistencia a la compresión especificada de la mampostería.

Continúa

ANEXO
(Información Obligatoria)

A1 – DETERMINAR LOS REQUISITOS DE ESPESOR DE LAS PLACAS DE APOYO PARA EL ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

A1.1 Alcance. Este anexo provee información adicional para asistir en la determinación de los requisitos del espesor de las placas de apoyo para el ensayo de resistencia a la compresión, indicados en 10.1.

A1.2 Equipo para el ensayo – La figura 1.1 indica la localización del equipo de ensayo referenciado, como se usa para el ensayo de compresión de los prismas de mampostería.

A1.3 Determinación del diámetro de la platina superior como se indica en la figura A1.2 el diámetro de la platina superior considerado en este método es igual a la máxima dimensión horizontal medida a través del círculo creado por la porción esférica de la platina superior. (Este diámetro medido a menudo será diferente del actual diámetro geométrico de la esfera, basado en su cultura). Si la platina superior incluye una sección no-esférica manufacturada integralmente con el cabezal esférico, de una misma pieza de acero, el diámetro de la platina superior se considera igual al diámetro del asiento esférico en la cara superior de la platina superior, mas espesor de la sección no esférica (tp). Sin embargo, el diámetro de la platina superior no debe ser mayor que la mínima dimensión horizontal de la platina superior.

A1.4 Distancia del borde de la platina a la esquina más alejada del espécimen. – Determinar la distancia entre el borde de la placa a la esquina más alejada del espécimen, como sigue:

A1.4.1 Localizar el centro de masa del espécimen y marcarlo en el tope del espécimen.

A1.4.2 Determinar al más cercano 3mm (1/8 pulg) la distancia del centro de masa del espécimen a la esquina o borde más lejano del espécimen de ensayo. Registrar esta distancia como A.

A.1.4.3 La distancia de la platina a la esquina o borde más alejado del espécimen se obtiene de la siguiente ecuación:

$$D = A - \frac{DPL}{2} \quad (A1.1)$$

Dónde:

d = distancia de la platina a la esquina más alejada del espécimen de ensayo en mm (pulg) y

A= distancia del centro de masa del espécimen a la esquina más alejada del espécimen de ensayo mm (pulg).

Continua

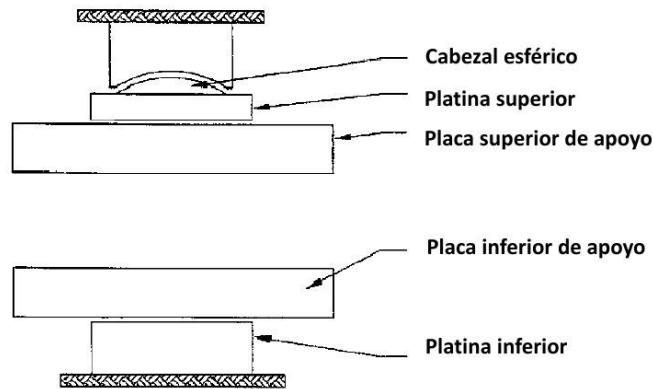


Figura A1.1 Equipo usado para el ensayo a compresión

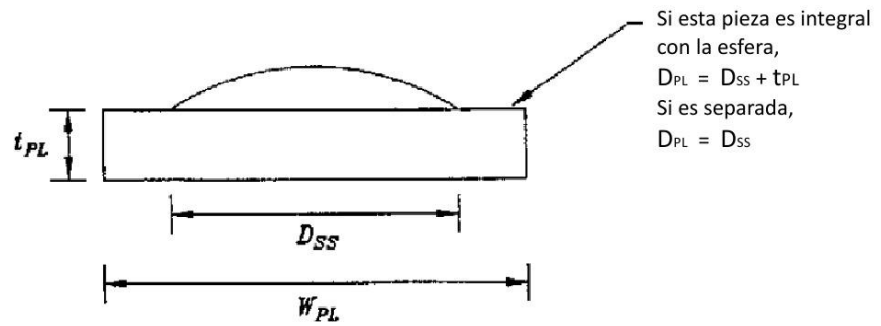


Figura A1.2. Diámetro de la platina superior

Dónde:

- D_{SS} = diámetro medido del asiento esférico
- D_{PL} = diámetro calculado de la platina superior
- W_{PL} = Mínimo ancho medido de la platina superior
- t_{PL} = Espesor medido de la platina superior

Continua

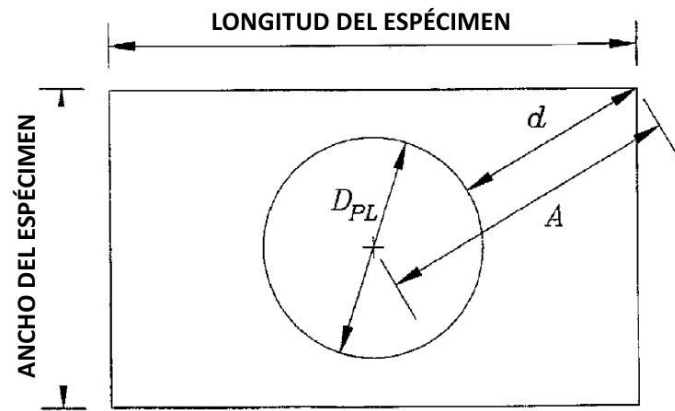


Figura A1.3 Distancia de la platina a la esquina más alejada del espécimen de ensayo

Continua

APENDICES
(Información no obligatoria)
X.1 EJEMPLO DE INFORME DEL ENSAYO

X.1.1 La figura X.1.1 es un ejemplo del informe del ensayo

NTG 41051h2 ASTM C1314)
 Informe de ensayo
 Resistencia de la Compresión de
 prisma de mampostería.

Informe No. _____
 Fecha _____

Nombre Cliente: _____ Nombre lab. Ensayos: _____

Dirección: _____ Dirección: _____

Proyecto (Identificación) _____
 Prisma (Identificación) _____

Resistencia a la compresión especificada de la mampostería: _____

Detalles del prisma

Detalles de la unidad de mampostería

No. de camas (juntas) de mortero	_____	Proveedor de las unidades	_____
No. De unidades de mampostería usadas	_____	Medida de las unidades	_____
Fecha fabricación	_____	Descripción de configuración de la unidad	_____
Fecha de llenado con graut	_____	Área neta (unidades huecas)	_____
Fecha de removido de la obra	_____	Tipo de unidades	_____
Fecha de envío al laboratorio	_____	Información del graut	_____
Fecha de ensayo	_____	Proveedor/Preparador	_____
Prisma fabricado por	_____	Tipo de Graut (descripción)	_____
Temperatura Max/Min (primeras 48h)	_____	Asentamiento del graut (ASTM C143)	_____
	_____	Método de consolidación	_____
<u>Información del Mortero</u>	_____		_____
Proveedor/ Preparador	_____		_____
Tipo de mortero (descripción)	_____		_____
	_____		_____
<u>Información de la Máquina de ensayo</u>	_____		_____
Diámetro del asiento esférico	_____		_____
Espesor requerido de platinas superior	_____	Espesor usado de platinas superior	_____
Espesor requerido de platina inferior	_____	Espesor usado de platinas Inferior	_____

Continua

Propiedades del prisma ensayado

Prisma No.	Edad al Ensayo (días)	Ancho prom mm	Alto Prom mm	Longitud prom mm	Área neta mm ²	Carga máxima (kg)	Densidad Comprimeta MPa	Rel Hp/tp	FC Hp/tp	Resist compr Neta MPa	Modo de falla xx

*Factor de corrección alto/ espesor tomado del Cuadro 1de NTG 41051h2 ASTM C1314

**Referirse a la Figura 4 de NTG 41051h2 (ASTM C1314) e informar número correspondiente de modo de falla.

Resistencia a la compresión de la mampostería $f_{mt} =$ Mpa
(Promedio de juego de 3 prismas)

Firma y Nombre del
Director del Laboratorio

Figura X1.1 Ejemplo de informe de ensayo

Continua

X2.1 Alcance – El método de ensayo NTG 41 ---- (ASTM C1314) fue desarrollado como un instrumento para verificar las propiedades de los materiales que están siendo usados en la construcción con la finalidad de determinar el cumplimiento con las resistencias a compresión especificadas. La sección sobre su significación y uso también sugiere que el siguiente método puede ser utilizado con fines de investigación. Este apéndice provee una guía adicional en aspectos de relativos a las materiales de construcción y a los análisis que deben ser considerados por el investigador, así como información adicional cuya inclusión debería ser considerada en el informe de investigación. Las siguientes sugerencias son dadas solamente como una guía y no deben ser consideradas como aplicables a todos los proyectos.

X2.2 Materiales de mampostería – El investigador debería seleccionar materiales que sean relevantes para el propósito de la investigación. La investigación debería controlar aquellas propiedades cuyos efectos son objeto de estudio, y deberá permitir una variación representativa de las otras propiedades del material. Usar la siguiente información para seleccionar los materiales y para determinar las propiedades de aquellos materiales que serán usados para la fabricación de prismas.

X2.2.1 Unidades de mampostería

La práctica E105 incluye procedimientos de muestreo al azar como un método alternativo, de muestreo a los métodos de ensayo individuales de productos, se recomienda como mínimo la evaluación de las siguientes propiedades de las unidades:

X2.2.1.1 Unidades de arcilla cocida

Determinar e informar las dimensiones, el porcentaje de vacíos la resistencia a la compresión, la velocidad inicial de absorción, y las absorciones a 5h y 24h de acuerdo con los métodos de ensayo de ASTM C67, comparar resultados con las especificaciones aplicables, para su clasificación y conformidad.

X2.2.1.2 Unidades de concreto para mampostería

Determinar e informar las dimensiones, el área neta, la absorción, de la densidad y la resistencia a la compresión de acuerdo con los métodos de ensayo de las normas NTG41054 y NTG 41055. Comparar los resultados con las especificaciones aplicables, para su clasificación y conformidad.

X2.2.2 Mortero

A menos que se requiera de otra manera, usar alguno de los tipos de mortero especificados en la especificación (ASTM C270). Si se decide el uso de la especificación (ASTM C270), establecer las proporciones de la mezcla, determinando las propiedades físicas del mortero mezclado en el laboratorio al flujo especificado de acuerdo a los procedimientos dados en la especificación (ASTM C270). Previo a mezclar el mortero para la fabricación de los especímenes de mampostería y sin tener en cuenta si se está usando la especificación por proporciones o por propiedades, verificar que las proporciones especificadas o establecidas sean usadas y controladas. Informar sobre los actuales constituyentes

Continua

y proporciones usadas. A menos que la consistencia del mortero sea una variable que está siendo estudiada, mezclar el mortero a la consistencia típica en la construcción. Informar cómo, cuándo y dónde proviene el mortero muestreado. Como mínimo informar las siguientes propiedades del mortero:

X2.2.2.1 Consistencia

Método de ensayo (ASTM C780), Anexo 1

X2.2.2.2 Contenido de Aire

Método de ensayo (ASTM C780), Anexo 5

X2.2.2.3 Resistencia a la compresión.

Método de ensayo (ASTM C780), Anexo 6

X2.2.3 Agregados para mortero.**X2.2.3.1** Contenido de humedad de arena.

Previo a la dosificación, determinar e informar el contenido de humedad de la arena. Calcular la cantidad de agua incluida en la arena. Si fuera necesario, ajustar los pesos de arena para alcanzar la proporción por volumen deseable para los materiales. Informar sobre cualquier ajuste que haya sido hecho a los pesos de arena, derivados de la humedad en la arena.

X2.2.3.2 Análisis granulométrico.

Determinar e informar la graduación de la arena usando el método de ensayo NTG 41010h1 (ASTM C136). Comparar la graduación con los requisitos de la especificación NTG 41031 (ASTM C144).

X2.2.4 Graut

A menos que se requiera de otra forma, usar un graut grueso o un graut fino de acuerdo con la especificación (ASTM C476), y a menos que se requiera de otra forma, usar el método de las proporciones de la especificación (ASTM C476). Alternativamente puede usarse el método del requisito por resistencia al especificar el graut de acuerdo con la especificación (ASTM C476) si lo que se desea es un valor meta de resistencia. Si fuera necesario preparar varias mezclas de prueba para determinar las proporciones de materiales requeridas para producir la resistencia deseada del graut. Previo a mezclar el graut para la fabricación de los especímenes de mampostería y sin tener en cuenta si se está usando la especificación por proporciones o por resistencia, verificar que las proporciones especificadas, sean usadas y controladas. Informar sobre los actuales constituyentes y proporciones usadas. A menos que la consistencia del graut sea una variable que está siendo estudiada, mezclar el graut a una consistencia típica en la construcción, de 203 a 279mm (8 a 11 pulg) de asentamiento. Como mínimo informar las siguientes propiedades del graut:

X2.2.4.1 Asentamiento

Método de ensayo NTG 41052 (ASTM C143).

Continúa

X2.2.4.2 Resistencia a la compresión
Método de ensayo ASTM C1019

X2.3 Manejo y curado

X2.3.1 Fabricar y almacenar los prismas como se requiere en la presente norma. Si los métodos de curado no son una variable en estudio por la investigación y cuando los prismas no sean curados en bolsas de plástico de acuerdo con esta norma, almacenar los especímenes en un área con una temperatura de $24\pm 8^{\circ}\text{C}$ ($75\pm 15^{\circ}\text{F}$) y una humedad relativa de 30 a 70% y que esté libre de corrientes de aire.

X2.3.2 Monitorear e informar la temperatura y la humedad relativa del ambiente circundante a todo lo largo del período de curado.

X2.4 Ensayo de prismas de múltiples secciones verticales de muro. Aplicar deformómetros o galgas de adecuada sensibilidad transversalmente a través de la junta y vertical de unión a media altura del espécimen, para detectar la formación de grietas en el plano de la junta vertical de unión (se han encontrado que las galgas de alambre adheridas son adecuadas para este propósito). Las medidas de la formación transversal a través de las juntas (?) en muros de doble o múltiple sección, son esenciales para determinar si existe un plano débil a lo largo de una junta vertical continua, tal como una junta vertical que pueda desarrollar deformaciones significativas de tracción, indicando la posibilidad de potenciales agrietamientos prematuros. Informar las deformaciones medidas durante el ensayo.

X2.5 Determinación del módulo de elasticidad – Cuando sea requerido, determinar el módulo de elasticidad de acuerdo con el método de ensayo (ASTM E111). Seguir el método, lo más que sea posible. Plotear los valores obtenidos y determinar e informar el módulo de elasticidad cuerda para valores adecuados de esfuerzo y deformación usando puntos extremos de 0.05 y de 0.33 del máximo esfuerzo a la compresión de cada prisma. En caso de muros de doble sección vertical, también plotear el esfuerzo de compresión contra la deformación transversal medida a través de la junta vertical de unión.

-- Última línea --

Continua

