



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

**GUÍA TÉCNICA CON LINEAMIENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA CORRECTA
ELABORACIÓN DE BLOCKS DE CONCRETO ARTESANAL (UNIDAD DE MAMPOSTE)**

Ettie Rossana Espinoza Muñoz

Asesorado por el Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA TÉCNICA CON LINEAMIENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA CORRECTA
ELABORACIÓN DE BLOCKS DE CONCRETO ARTESANAL (UNIDAD DE MAMPOSTE)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ETTIE ROSSANA ESPINOZA MUÑOZ
ASESORADO POR EL ING. MARIO RODOLFO CORZO ÁVILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

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	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordóñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
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:

GUÍA TÉCNICA CON LINEAMIENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA CORRECTA ELABORACIÓN DE BLOCKS DE CONCRETO ARTESANAL (UNIDAD DE MAMPOSTE)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 4 de agosto de 2010.



Ettie Rossana Espinoza Muñoz

Guatemala, 3 de mayo de 2012.


Ingeniero
Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero.
Coordinador del Departamento de Materiales
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero:

Cumpliendo con lo resuelto por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado: GUÍA TÉCNICA CON LINEAMIENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA CORRECTA ELABORACIÓN DE BLOCKS DE CONCRETO ARTESANAL (UNIDAD DE MAMPOSTE), presentado por la estudiante Ettie Rossana Espinoza Muñoz, quien fue debidamente asesorada por el suscrito.

Considerando que el trabajo de graduación se ha desarrollado satisfactoriamente y cumple con los objetivos que motivaron la selección de dicho tema, hago de su conocimiento que apruebo el trabajo realizado.

Sin otro particular, atentamente:


Ing. Mario Rodolfo Corzo Avila
Colegiado No. 2089.
Asesor de Trabajo de Graduación

Mario Rodolfo Corzo A.
INGENIERO CIVIL
Colegiado No. 2089



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



Guatemala,
17 de julio de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **GUÍA TÉCNICA CON LINEAMIENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA CORRECTA ELABORACIÓN DE BLOCKS DE CONCRETO ARTESANAL (UNIDAD DE MAMPOSTE)** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Ettie Rossana Espinoza Muñoz, quien contó con la asesoría del Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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

 FACULTAD DE INGENIERIA
ÁREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

/bbdeb.



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación de la estudiante Ettie Rossana Espinoza Muñoz, titulado **GUÍA TÉCNICA CON LINEAMIENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA CORRECTA ELABORACIÓN DE BLOCKS DE CONCRETO ARTESANAL (UNIDAD DE MAMPOSTE)**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre de 2012.

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **GUÍA TÉCNICA CON LINEAMIENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA CORRECTA ELABORACIÓN DE BLOCKS DE CONCRETO ARTESANAL (UNIDAD DE MAMPOSTE)**, presentado por la estudiante universitaria **Ettie Rossana Espinoza Muñoz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano en funciones

Guatemala, 16 de noviembre de 2012



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios y Virgen María

.

Por haberme dado la existencia y permitido llegar al final de mi carrera.

Mis padres

César Augusto Espinoza Villatoro y María Yolanda Muñoz de Espinoza, por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida, dándome ejemplos de amor, fortaleza, y a pesar de todas sus preocupaciones me permitieron brillar, para convertirme en profesional.

Mi esposo

Eddie Josué González, quien me brindó su amor y apoyo constante. Su cariño, comprensión y paciente espera para que pudiera terminar mi carrera, son evidencia de su gran amor. ¡Gracias!

Mis hijos

.

Stephanie, Mónica, Andhré, a quienes adoro y llenan mi vida de alegría, quienes han sido mi inspiración para ser mejor cada día.

Mis hermanos

Karina, César, Carlos, Erick, Edwin por su amor fraternal y apoyo incondicional.

Mis Profesores

No sólo los de la carrera sino de toda mi vida, mil gracias porque de alguna manera forman parte de lo que ahora soy. Especialmente al ingeniero Mario Corzo.

Mis amigos

Zulma Aguirre, Nancy De Leon, Elida Florián, Imelda Arias, Denis Del Valle, Diana Garzu, Cynthia Rodas, Dalia Hernández, Belcky Juárez, Gustavo Xutuc, Sammy López, Hans Kalel, Edson Leonardo, Manuel Sales, Neto Marroquín, Jéssica Gutiérrez. Gracias por su amistad, que va más allá de un simple apoyo y compañía, porque cada uno de ustedes son las palabras de aliento y de alegría que he necesitado.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por forjar profesionales para el desarrollo de nuestro país.

Mi asesor

Ingeniero Mario Rodolfo Corzo Ávila, por su colaboración en la asesoría del presente trabajo de graduación, depositando así su confianza en mi persona.

A todas las personas

Que colaboraron en la realización de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. BLOCKS DE CONCRETO.....	1
1.1. Definición.....	1
1.2. Medidas principales.....	2
1.3. Área bruta.....	2
1.4. Área neta.....	2
1.5. Volumen neto	2
1.6. Volumen bruto	5
1.7. Porcentaje de área neta	5
1.8. Clasificación de blocks	5
1.8.1. Clasificación y uso	5
1.8.1.1. Clase A.....	5
1.8.1.2. Clase B.....	6
1.8.1.3. Clase C	6
1.8.2. Clasificación por absorción	6
1.8.3. Clasificación por densidad	6
1.9. Materiales para su elaboración.....	8
1.10. Importancia y uso para la construcción	9
1.11. Ventajas de los blocks de concreto	10

2.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOCKS DE CONCRETO.....	13
2.1.	Característica mecánica de los blocks	14
2.2.1.	Resistencia a la compresión (f´m)	14
2.2.	Características físicas de los blocks.....	15
2.2.1.	Contracción (<i>shrinkage</i>).....	16
2.2.2.	Densidad	16
2.2.3.	Eflorescencia	16
2.2.4.	Absorción.....	17
2.2.5.	Humedad	17
2.2.6.	Acabados.....	17
2.2.7.	Dimensiones.....	18
2.2.7.1.	Variación permitida en medidas principales....	18
2.2.7.2.	Espesor de paredes y tabiques de blocks	18
2.2.8.	Propiedades acústicas y térmicas de los blocks.....	22
2.3.	Concreto para elaboración de blocks	22
2.3.1.	Concretos ordinarios.....	22
2.3.2.	Concretos livianos	23
2.4.	Características de los materiales usados en block de concreto.....	23
2.4.1.	Agregados	24
2.4.1.1.	Agregado fino.....	26
2.4.1.2.	Agregados gruesos.....	26
2.4.1.3.	Escorias volcánicas	27
2.4.1.4.	Piedra pómez.....	27
2.4.2.	Agua	28
2.4.3.	Cemento	29
2.4.3.1.	Cemento UGC	29
2.4.3.2.	Cemento ARI para fabricantes.....	30
2.4.3.3.	Cemento para fabricar blocks (CFB).....	30

2.4.3.4.	Cemento BLK.....	32
3.	NORMAS Y ESTÁNDARES ENTORNO A BLOCKS DE CONCRETO	35
3.1.	Normas nacionales.....	35
3.1.1.	Normas COGUANOR	35
3.2.	Normas internacionales.....	37
3.2.1.	Normas ASTM	37
3.2.2.	Normas DIN	38
4.	DISEÑO DE MEZCLAS	39
4.1.	Dosificaciones	39
4.2.	Proporciones	40
4.3.	Relación agua-cemento (a/c).....	40
4.4.	Cantidad agua de absorción de los agregados	40
4.5.	Humedad natural de agregados	40
4.6.	Cantidad agua de hidratación del cemento	41
4.6.1.	Consistencia del concreto	41
5.	PROCEDIMIENTOS DE ELABORACIÓN DE BLOCKS	43
5.1.	Secuencia de la fabricación.....	44
5.1.1.	Selección y almacenamiento de materiales.....	44
5.1.2.	Dosificación.....	44
5.1.3.	Mezclado manual.....	45
5.1.4.	Mezclado mecánico	46
5.1.5.	Moldeado	47
5.1.6.	Fraguado.....	48
5.1.7.	Curado	50
5.1.8.	Secado y almacenamiento.....	51
5.2.	Fábricas artesanales	52

5.2.1.	Conocimiento y calidad constructiva de la mano de obra.....	53
5.2.2.	Maquinaria.....	53
5.2.2.1.	Mezcladora	54
5.2.2.2.	Máquinas para hacer blocks	54
5.2.2.3.	Molde simple para blocks	55
5.2.2.4.	Máquina combinada.....	56
5.2.2.5.	CETA-RAM	56
5.2.3.	Área de trabajo	58
6.	ENSAYOS DE AGREGADOS LIVIANOS PARA BLOCK DE CONCRETO.....	59
6.1.	Composición química de agregados livianos	60
6.1.1.	Impurezas orgánicas (ASTM C-40)	60
6.1.2.	Oxidación (Método de ensayo ASTM C-641)	60
6.1.3.	Pérdida por ignición (ASTM C- 114).....	60
6.2.	Propiedades físicas.....	61
6.2.1.	Granulometría.....	61
6.2.1.1.	Curva granulométrica.....	61
6.2.1.2.	Resultado del ensayo granulométrico.....	63
6.2.1.3.	Masa unitaria suelta.....	63
7.	ENSAYOS DE BLOCKS DE CONCRETO	65
7.1.	Geometría	65
7.1.1.	Equipo	65
7.1.2.	Procedimiento.....	65
7.2.	Volumen neto	67
7.3.	Volumen bruto.....	67
7.4.	Área bruta	67

7.5.	Área neta	68
7.6.	Alabeo	68
7.6.1.	Procedimiento	69
7.7.	Absorción de agua en porcentaje de masa	69
7.7.1.	Equipo y maquinaria	69
7.7.2.	Procedimiento	69
7.8.	Absorción de agua en masa por unidad de volumen.....	70
7.9.	Densidad	70
7.10.	Resistencia a compresión.....	71
7.10.1.	Maquinaria y equipo.....	72
7.10.2.	Procedimiento	72
7.10.3.	Cálculos	73
7.11.	Resistencia a compresión con base al área neta	74
8.	DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	75
8.1	Ensayo de agregados.....	75
8.2.	Ensayo de blocks	94
8.2.1.	Marcado de blocks	94
8.2.2.	Medidas principales de blocks	95
8.2.3.	Determinación de la absorción.....	110
8.2.4.	Ensayo de resistencia a la compresión.....	113
9.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	121
9.1.	Empresa No.1.....	121
9.2.	Empresa No.2.....	122
9.3.	Empresa No. 3.....	123

CONCLUSIONES 125
RECOMENDACIONES 127
BIBLIOGRAFÍA..... 129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Partes de un block.....	3
2.	Medidas principales de un block.....	3
3.	Área bruta de un block.....	4
4.	Área neta de un block.....	4
5.	Ejemplo de mampostería confinada.....	11
6.	Ejemplo de mampostería armada.....	12
7.	Excentricidad de la carga actuante y momento flexionante.....	13
8.	Gráfica de resistencia a compresión de blocks.....	14
9.	Esquema de aplicación de carga del ensayo a compresión.....	15
10.	Medidas principales de blocks.....	21
11.	Presentación de cemento para fabricar blocks.....	34
12.	Procedimiento de medición del asentamiento.....	41
13.	Secuencia de moldeado.....	48
14.	Fraguado de blocks.....	49
15.	Curado de blocks.....	51
16.	Secado y almacenamiento de blocks.....	52
17.	Máquina simple para blocks.....	55
18.	Máquina combinada para blocks.....	56
19.	Máquina CETA-RAM para blocks.....	57
20.	Granulometría por tamizado.....	62
21.	Gráfica de granulometría.....	62
22.	Aplicación de fuerza axial sobre una unidad de mamposte.....	71

23.	Gráfica distribución granulométrica, arena limosa café con presencia de pómez, empresa 1.....	77
24.	Gráfica distribución granulométrica, arena pómez color gris empresa 1.....	79
25.	Gráfica de granulometría de arena limosa café con presencia de pómez, empresa 1.....	81
26.	Gráfica de granulometría de arena pómez, empresa 1.....	82
27.	Gráfica de distribución granulométrica, fragmentos de piedra pómez y arena color beige, empresa 2.....	84
28.	Gráfica de granulometría empresa 2.....	86
29.	Gráfica distribución granulométrica, arena pómez limosa color gris, empresa 3.....	88
30.	Gráfica de granulometría, arena pómez color gris, empresa 3.....	90
31.	Gráfica de granulometría de arena pómez limosa color gris empresa 3.....	92
32.	Gráfica de granulometría de arena pómez color gris, empresa 3.....	93
33.	Marcado de blocks.....	94
34.	Pesado de blocks.....	95
35.	Medición de tabiques del block.....	96
36.	Medición del alto del block.....	96
37.	Medición del largo del block.....	97
38.	Medición del ancho del block.....	97
39.	Dispersión alto de los blocks, empresa 1.....	101
40.	Dispersión ancho de los blocks, empresa 1.....	102
41.	Dispersión largo de blocks, empresa 1.....	103
42.	Dispersión alto de blocks, empresa 2.....	104
43.	Dispersión ancho de blocks, empresa 2.....	105
44.	Dispersión largo de blocks, empresa 2.....	108
45.	Dispersión alto de blocks, empresa 3.....	107

46.	Dispersión ancho de blocks, empresa 3.....	108
47.	Dispersión del largo de blocks, empresa 3.....	109
48.	Absorción de agua en blocks.....	110
49.	Determinación de la absorción.....	111
50.	Sistema montado para realizar ensayo de compresión a los blocks.....	113
51.	Blocks ensayado de empresa 1.....	114
52.	Dispersión de resistencia en área bruta, empresa 1.....	114
53.	Blocks ensayado de empresa 2.....	116
54.	Dispersión de resistencia en área bruta, empresa 2.....	116
55.	Blocks ensayado de empresa 3.....	118
56.	Dispersión de resistencia en área bruta, empresa 3.....	118

TABLAS

I.	Máxima absorción del agua de los blocks.....	7
II.	Clasificación por densidad de los blocks.....	7
III.	Resistencia mínima a la compresión sobre área neta.....	19
IV.	Medidas principales normales de los blocks de concreto.....	19
V.	Espesor mínimo de las paredes frontales y de los tabique de blocks.....	20
VI.	Requisitos para el peso unitario suelto de los agregados livianos, para unidades de mampostería de concreto.....	63
VII.	Granulometría para los agregados livianos para unidades de mampostería de concreto.....	64
VIII.	Unidades a ensayar según tamaño de lote fabricado.....	72
IX.	Resultado de análisis granulométrico de arena limosa café con presencia de pómez, empresa 1.....	76

X.	Resultado de análisis granulométrico de arena pómez color gris, empresa 1.....	78
XI.	Datos de granulometría de arena limosa café con presencia de pómez. empresa 1.....	80
XII.	Datos de granulometría de arena pómez color gris, empresa 1.....	80
XIII.	Resultados de análisis granulométrico de fragmentos de piedra pómez y arena color beige, empresa 2	83
XIV.	Datos de granulometría de fragmento de piedra pómez y arena color beige, empresa 2.....	86
XV.	Resultado de análisis granulométrico de arena pómez limosa color gris, empresa 3.....	87
XVI.	Resultado de análisis granulométrico de arena pómez color gris, empresa 3.....	89
XVII.	Datos de granulometría de arena limosa color gris, empresa 3.....	91
XVIII.	Datos de granulometría de arena pómez color gris, empresa 3.....	91
XIX.	Peso, medidas principales, espesores de paredes y tabiques, empresa 1.....	98
XX.	Peso, medidas principales, espesor de paredes y tabiques, empresa 2.....	99
XXI.	Peso, medidas principales, espesor de paredes y tabiques, empresa 3.....	100
XXII.	Porcentaje de absorción, empresa 1.....	111
XXIII.	Porcentaje de absorción, empresa 2.....	112
XXIV.	Porcentaje de absorción , empresa 3.....	112
XXV.	Resultados de ensayos de comprensión, empresa 1.....	115
XXVI.	Resultados de ensayos de comprensión, empresa 2.....	117
XXVII.	Resultados de ensayos de comprensión, empresa 3.....	119

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H_p	Altura promedio en cm de un mamposte
H	Alturas en cm de un mamposte
a	Anchos en cm de blocks
W	Ancho promedio en cm
A_b	Área bruta en cm ²
A_n	Área neta promedio del blocks en cm ²
cm	Centímetros
P	Densidad aparente del blocks
kg/cm²	Kilogramos sobre centímetro cuadrado (esfuerzo)
l	Longitudes en cm
L_o	Longitud promedio en cm de un mamposte
M₂	Masa saturada de superficie seca del blocks, Kg
M₁	Masa seca al horno del blocks, Kg
M₃	Masa suspendida sumergida del blocks kg
ml	Mililitros
mm	Milímetros
%absorción	Porcentaje de absorción en %
F_m	Resistencia a la compresión de un mamposte
V_n	Volumen neto del blocks en cm ³
V_b	Volumen bruto del blocks en cm ³
V_n	Volumen neto del blocks en cm ³

GLOSARIO

Apisonado	Término que se utiliza para representar la acción de compactar o eliminar vacíos dentro de muestras a ensayar.
Aglutinarse	Unir dos o más agregados al cemento de manera que se forme una masa compacta.
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. También llamada fuerza axial.
Colmatados	Acumulación de sedimentos.
Compresión	Esfuerzo que ocurre ante la presencia de cargas axiales entrando al plano de la sección afectada.
Deleznable	Material que se rompe o deshace fácilmente.
Esfuerzo	Fuerza por unidad de área, o intensidad de las fuerzas distribuidas sobre una sección dada.
Fraguado	Cambio en la consistencia de la mezcla. Paso de estado plástico a sólido.

Granulometría	Medición y gradación que se realiza a suelos y materiales.
Hidrosanitarias	Es el conjunto de tuberías, equipos y accesorios que se encuentran dentro del límite de propiedad de la edificación y que son destinados a suministrar agua libre de contaminación y a eliminar el agua servida.
Mampostería	Término genérico que se utiliza para la construcción de mampuesto que puede ser de dos tipos naturales o manufacturados.
Mamposte	Unidad de mampostería.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación, el capítulo uno, se encuentran los conceptos básicos relacionados con blocks de concreto así como las clasificaciones según las normas y materiales utilizados para la elaboración de los mismos. En el capítulo dos, se dan los conceptos de las características físicas y mecánicas de los blocks y materiales utilizados para su elaboración, enumerando los requisitos mínimos que deben cumplir basados en normas nacionales e internacionales.

En el capítulo tres, se describen normas nacionales y extranjeras existentes en el medio con el objeto de que los constructores o profesionales que se dediquen a la elaboración de blocks de concreto, puedan referirse a ellas. En el capítulo cuatro se dan los conceptos básicos de diseño de mezclas así como el procedimiento de elaboración de blocks contenidos en el capítulo cinco.

En el capítulo seis, se enumeran los ensayos que se deben realizar a los agregados para la elaboración de blocks, se enumeran los ensayos realizados a los blocks contenidos en el capítulo siete, todo esto basado en las normas nacionales e internacionales. Quedan plasmados los ensayos realizados a blocks de concreto artesanales siguiendo los lineamientos de la guía propuesta así como el análisis de resultados de los mismos.

OBJETIVOS

General

Proporcionar una guía técnica con lineamientos y procedimientos para la correcta elaboración de blocks de concreto artesanal (unidad de mamposte).

Específicos

1. Hacer una investigación de la elaboración de mampostes artesanales usualmente usados en Guatemala.
2. Determinar métodos, para poder clasificar los agregados a utilizar, para obtener un mamposte con determinadas características requeridas.
3. Determinar métodos apropiado para poder determinar las proporciones requeridas de los agregados utilizados en la elaboración del block artesanal.
4. Implementar este tema, de manera que esté al alcance de los constructores y que se apliquen los conocimientos como parte del proceso de una edificación de mampostería.

INTRODUCCIÓN

En mampostería, el block de concreto o mamposte consiste generalmente de una masa sólida producida por unidades separadas por un ligante (mortero).

En Guatemala, se fabrican varios tipos y clases de blocks. Dentro de estos se elaboran los de concreto liviano o pómez con diferentes medidas. El block de concreto artesanal liviano o de pequeños productores, ha sido usado para construcciones de mampostería por muchos años, posterior al terremoto de 1976. Estos mampostes están conformados básicamente por cemento, agua y agregados minerales. Normalmente son moldeados en muchas formas y tamaños bajo presión y/o vibración. Otros materiales pueden ser agregados para conferir determinadas características tales como color, textura o reducción del peso.

Ya que el mamposte es la unidad básica de la mampostería, y del cual depende de una gran medida de las características mecánicas y estéticas de la mampostería, es de gran importancia conocer su correcta fabricación, la selección y evaluación de los agregados ya que dependiendo de esto, así será la calidad de las unidades, lo que redundará en la resistencia estructural de viviendas, sobre todo en las nominadas como mínimas o de bajo costo.

Las recomendaciones mínimas que están contenidas en Normas COGUANOR, Normas ASTM, existentes en el país, muchas veces no son tomadas en cuenta debido al desconocimiento de las mismas, por lo cual el presente trabajo está concebido de tal forma que sirva de guía técnica para todos los constructores o profesionales dedicados a este campo.

1. BLOCKS DE CONCRETO

A inicios del siglo XIX en Inglaterra se origina uno de los grandes avances en el campo de la construcción, la fabricación de blocks de concreto. Estos blocks eran sólidos sumamente pesados en los que se utilizaba la cal como material cementante. La introducción del cemento Portland y su uso intensivo, abrió nuevos horizontes a este sector de la industria.

El primer block de concreto fue diseñado en 1890 por Harmon S. Palmer en los Estado Unidos; la ligereza de estos nuevos blocks significa, por sus múltiples ventajas, un gran adelanto para el área de la construcción en relación a etapas anteriores. Los muros con blocks de concreto sujetos a la acción sísmica en su plano muestran dos tipos de fallas: flexión y corte, debiendo entenderse que la falla principal es aquella donde se presentan mayores grietas, originado una fuerte degradación tanto en resistencia como en rigidez.

1.1. Definición

Como lo indica la Norma COGUANOR NTG-41054, un block hueco de concreto es un elemento simple hecho de concreto, en forma de paralelepípedo ortogonal, con uno o más hueco transversales en su interior el cual debe cumplir, con lo siguiente:

- El área neta del elemento sea de un 50% a un 75% del área bruta del elemento.

- Cuando es usado en una pared forma cavidades internas con un área total en el plano horizontal, de más del 25% pero no más del 50% del área de la sección transversal horizontal de la pared.

1.2. Medidas principales

Se entiende por medidas principales del block, el ancho el alto el largo del mismo, como se observa en la figura 2.

1.3. Área bruta

Es la superficie normal al eje del o de los huecos, sin descontar la superficie del o de los huecos, normal a su eje, es decir, el producto del largo por el ancho del block, como se observa en la figura 3.

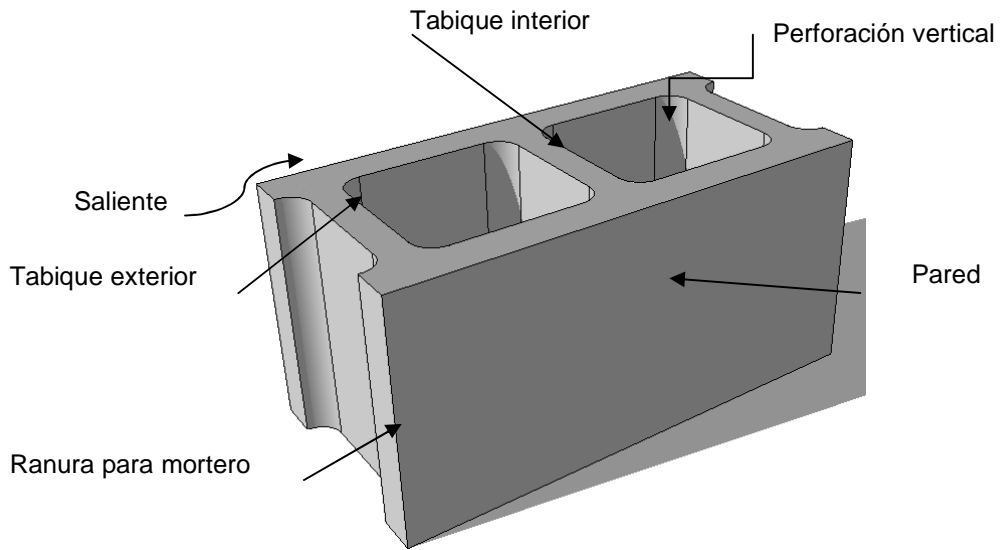
1.4. Área neta

Es igual a la superficie bruta menos la superficie de los huecos, y se calcula multiplicando el área bruta por la relación del volumen neto al volumen bruto y también dividiendo el volumen neto entre la altura del block. Ver figura 4.

1.5. Volumen neto

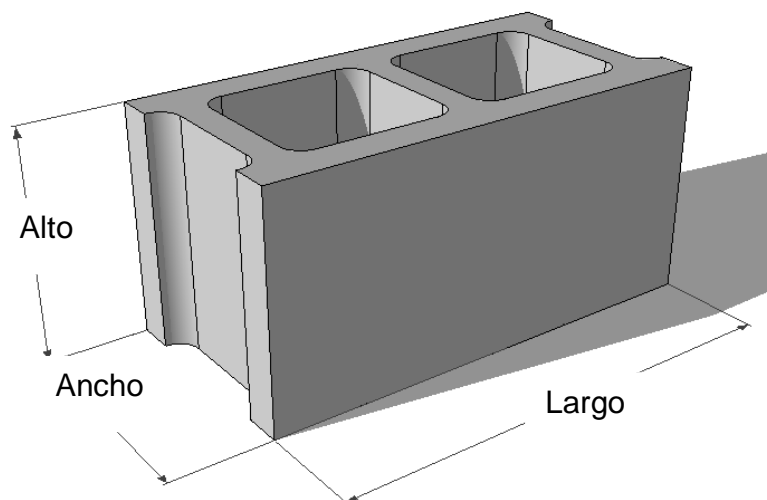
Es el volumen del block calculado de dividir la masa seca del block, entre la densidad aparente del mismo.

Figura 1. Partes de un block



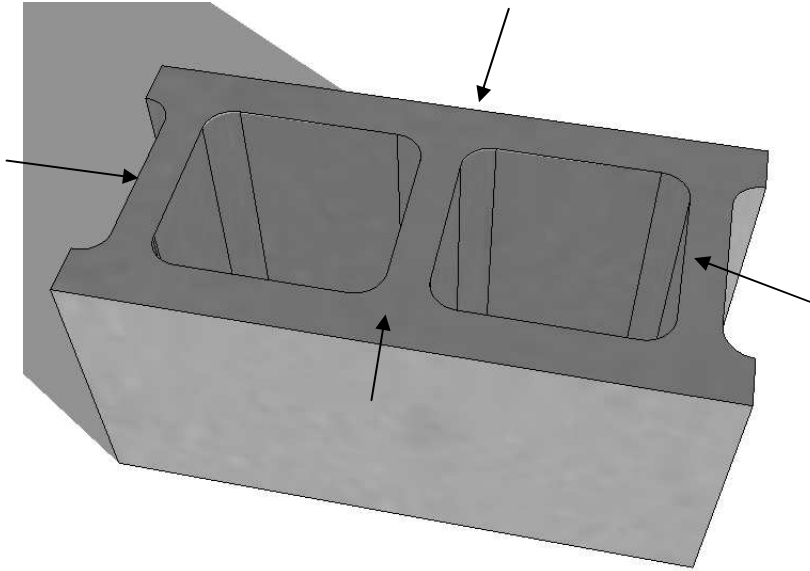
Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Medidas principales de un block



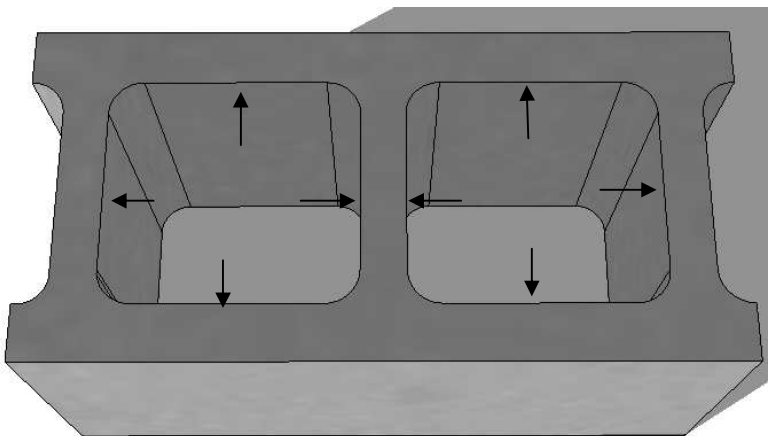
Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Área bruta de un block**



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Área neta de un block**



Fuente: elaboración propia.

1.6. Volumen bruto

Es el volumen del block, calculado con sus medidas principales.

1.7. Porcentaje de área neta

Es la relación del volumen neto del block al volumen total o bruto del mismo multiplicado por 100.

1.8. Clasificación de blocks

La clasificación de los blocks se describe como lo indica la Norma COGUANOR NTG 41-054

1.8.1. Clasificación y uso

La clasificación designación y uso se realiza por la resistencia a compresión y por el porcentaje de absorción máxima de humedad determinado como:

1.8.1.1. 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 m² 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 III).

1.8.1.2. 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 m² de construcción y distribución simétrica, de uno o dos niveles (ver tabla III). Los blocks externos o expuestos deben usarse con recubrimiento protector contra las inclemencias del tiempo.

1.8.1.3. 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 m² 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 III).

1.8.2. Clasificación por absorción

La máxima absorción de agua de los blocks huecos de concreto, en 24 horas, será la que indica la tabla I.

1.8.3. Clasificación por densidad

Los blocks huecos de concreto, completamente secos al horno y de acuerdo a la masa del concreto, se clasifican según tabla II.

Tabla I. **Máxima absorción del agua de los blocks**

Clase	Absorción (en % de masa)	
	Promedio de 3 blocks como mínimo	Valor máximo blocks individual
A	≤10	11,00
B	≤15	16,50
C	≤20	22,00

Fuente: Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41054. P 5.

Tabla II. **Clasificación por densidad de los blocks**

Clase	Block	Densidad
A	Pesado	Blocks, que completamente secos al horno, poseen una masa mínima de 2 000 Kg/m ³ (125 lb/pie ³)
B	Medio	Son los blocks, que completamente secos al horno, poseen una masa igual o mayor de 1 680 Kg/m ³ (105 lb/pie ³) pero menor de 2 000 kg/m ³ (125 lb/pie ³).
C	Liviano	Son los blocks, que completamente secos al horno, poseen una masa menor 1 680 Kg/m ³ (105 lb/pie ³)

Fuente: Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41054. P 6.

1.9. Materiales para su elaboración

Como indica la Norma COGUANOR NTG 41054, para la elaboración de block es recomendable utilizar cementos hidráulicos además de agregados finos y gruesos tales como arena natural o manufacturada, piedrín, materiales piroclásicos volcánicos (arena pómez), puzolanas, escorias u otros materiales inorgánicos inertes adecuados. Dichos materiales deberán cumplir con las especificaciones de las Normas COGUANOR NTG 41095 (cementos hidráulicos), COGUANOR NTG 41007 (agregado para concreto) y COGUANOR NTG 41008 (agregados livianos para blocks de concreto).

Se podrán utilizar otros constituyentes tales como agentes incorporadores de aire, pigmentos colorantes, repelentes integrales de agua, sílice finamente pulverizada, puzolanas y otros, siempre y cuando se hayan establecido previamente que son apropiados para usarse en la preparación del concreto y que cumplan con las normas establecidas para tales constituyentes o bien, que se haya comprobado mediante pruebas apropiadas o por la experiencia, que no son objetables con respecto a la durabilidad del concreto.

En general, la mezcla de concreto usada para los blocks contiene un gran porcentaje de arena y un bajo porcentaje de agregado grueso y agua que las mezclas de concreto utilizadas con propósitos de construcción. Este método da como resultado un producto muy seco, de mezcla homogénea que mantiene su forma cuando es removido del molde.

En otro caso, si es usada ceniza o piedra de origen volcánico en vez de arena y grava, el resultado es un blocks que presenta ciertas características como un color gris oscuro con una textura media, buena resistencia, larga duración y alta resistencia a altas temperaturas que el block de concreto.

En adición a los componentes básicos, la mezcla de concreto usada tradicionalmente para elaborar blocks puede contener varios químicos para alterar el tiempo de curado, incrementar la resistencia a la compresión o improvisar su manejo.

1.10. Importancia y uso para la construcción

Los blocks de concreto, que son elementos modulares y premoldeados, están dentro de la categoría de mampuestos que en obra se manipulan a mano, y son especialmente diseñados para la albañilería confinada y armada. La importancia de los mampuestos en la sociedad guatemalteca es debido a que se emplean en la construcción de muros para viviendas (exteriores e interiores), parapetos, muros de contención, sobre cimientos, etc.

La albañilería confinada con blocks de concreto, de manera similar que cuando se utiliza ladrillo cerámico, requiere de vigas y columnas de confinamiento (ver figura 5). 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 las cavidades 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 (ver figura 6).

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 una disminución 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.

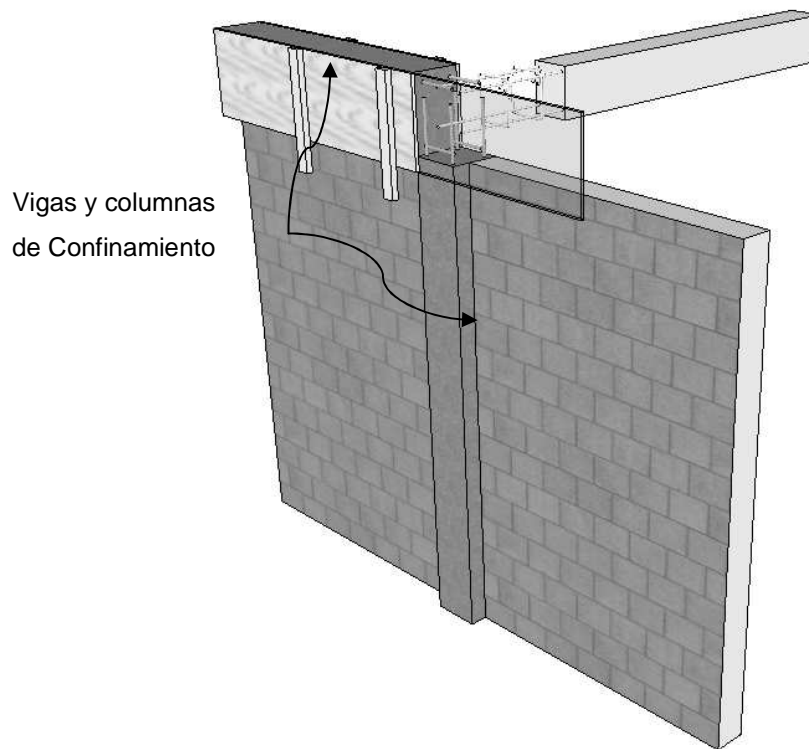
1.11. Ventajas de los blocks de concreto

- Los blocks de concreto son un material muy versátil y la uniformidad de sus dimensiones, permite levantar paredes verticales.
- Las paredes o muros construidos con blocks de concreto, están provistos de celdas verticales, dentro de las que se puede colocar las barras de refuerzo vertical, así como las tuberías eléctricas, hidrosanitarias y de telecomunicaciones. Esto elimina en gran medida, las perforaciones de los muros para tales fines, lo que agiliza la instalación de los diferentes sistemas, ahorrando tiempo y mano de obra.
- Buena adherencia de los recubrimientos (repellos, estucos), por la textura de su superficie.
- Tiene una baja absorción, lo que es bueno pues estos elementos no absorben excesivamente el agua del mortero, lo que evita una mala adherencia por contracción.
- Gran compatibilidad con elementos a base de cemento, lo que se traduce en una buena adherencia con morteros y concretos.
- Permite diseñar para un gran aislamiento térmico y acústico, ya que las perforaciones verticales, brindan cámaras de aire aislante, que se pueden llenar con materiales de características adecuadas para tal fin. Las

construcciones con blocks de concreto presenta gran durabilidad y brindan al usuario confort térmico y acústico.

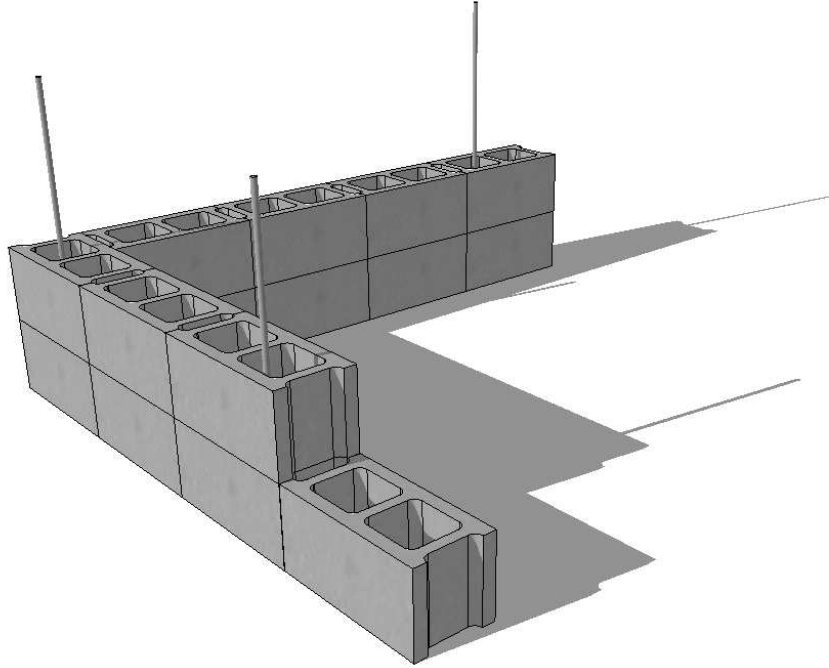
- El empleo de blocks de concreto permite una reducción apreciable en la mano de obra con relación a otros sistemas, tanto por el menor número de unidades a colocar como por la simplificación de tareas.

Figura 5. **Ejemplo de mampostería confinada**



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Ejemplo de mampostería armada**

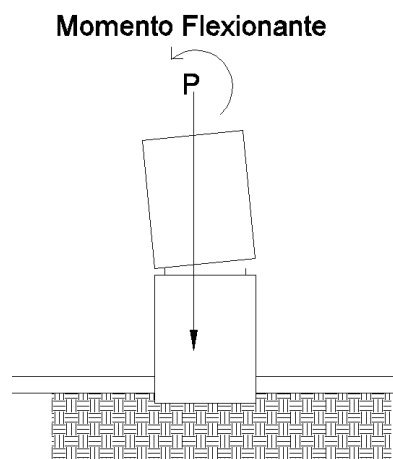


Fuente: elaboración propia.

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE BLOCKS DE CONCRETO

Los blocks, tiene en la resistencia a compresión, como una propiedad mecánica muy importante porque se relaciona con la resistencia del muro; cuanto mayor es la resistencia de la unidad de albañilería, aumenta proporcionalmente la resistencia del elemento estructural. Las propiedades físicas tales como la geometría, la densidad, la absorción y la eflorescencia, también influyen en la resistencia del elemento estructural; otros factores relacionados al proceso constructivo como el desplome con la verticalidad y la excentricidad de la carga actuante, que producirán momentos flexionantes en dirección normal de su plano, reducirá la resistencia comparativamente a una sección sujeta a carga axial simple.

Figura 7. **Excentricidad de la carga actuante y momento flexionante**



Fuente: AutoCAD 2007.

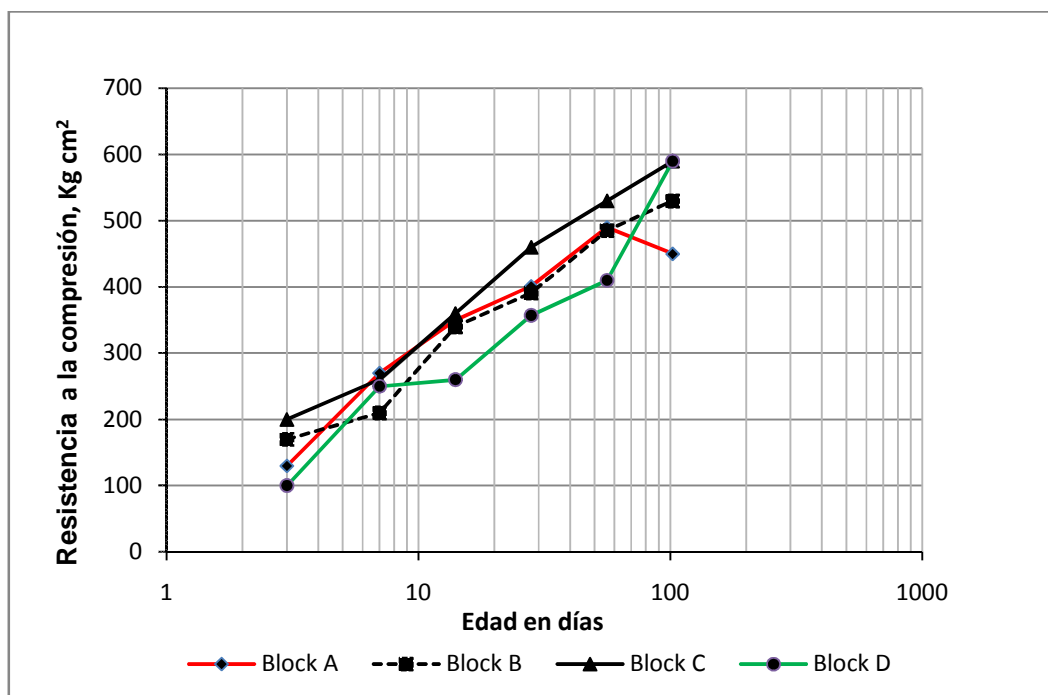
2.1. Característica mecánica de los blocks

Cuando los blocks están en servicio están sujetos a fuerzas o cargas, en tales condiciones es necesario conocer sus características mecánicas.

2.2.1. Resistencia a la compresión ($f'm$)

Esfuerzo máximo que puede soportar un block bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un block muestra un intervalo de variación bastante amplio, dependiendo del material y del tipo de unidad (ver figura 8).

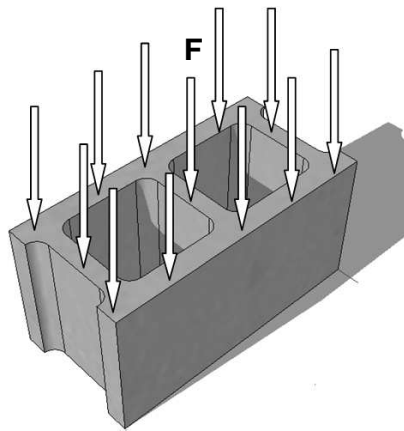
Figura 8. Gráfica de resistencia a compresión de blocks



Fuente: elaboración propia.

La resistencia a compresión de los mampuestos se determina por medio de una compresión uniforme del mismo en sentido perpendicular a la cara de asiento (ver figura 9).

Figura 9. **Esquema de aplicación de carga del ensayo a compresión**



Fuente: elaboración propia.

La búsqueda del block artesanal es llegar a los estándares industrializados, como lo indica la norma COGUANOR NTG 41054, los blocks huecos de concreto en el momento de ser despachados hacia la obra deberán cumplir con los requisitos de resistencia mínima a la compresión que se indica en la tabla III.

2.2. Características físicas de los blocks

Las características físicas, son aquellas en las que mantienen las propiedades originales de los blocks.

2.2.1. Contracción (*shrinkage*)

Los blocks de concreto varían considerablemente en el contenido de humedad, debido a la variación en la producción, el curado, las condiciones ambientales durante el transporte, el almacenamiento y la instalación final. Estas condiciones, al no ser controladas, dan lugar a la contracción injustificada de las unidades de mampostería de concreto.

De acuerdo con la norma ASTM C-90, la contracción por secado lineal en el tiempo de entrega al comprador no puede exceder de 0,065 por ciento. La contracción lineal máxima permitida, por ejemplo, por un muro de 9,15 m. de largo, es de aproximadamente 0,635 cms. basados en la contracción máxima. La contracción real suele ser mucho menor, ya que depende del contenido de humedad de la unidad y las condiciones climáticas.

2.2.2. Densidad

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 colocación (ver tabla II).

2.2.3. Eflorescencia

Son concentraciones generalmente blanquecinas que aparecen en la superficie de los elementos de construcción, tales como ladrillos, rocas, concretos, arenas, 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 evapora provocando que las sales se depositen en forma de cristales que constituyen la eflorescencia.

2.2.4. 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, del mortero y con la resistencia que puede desarrollar.

2.2.5. Humedad

En el momento de la entrega, los blocks no contendrán más del 40% de la cantidad de agua fijada como absorción máxima.

2.2.6. Acabados

Los blocks deberán estar libres de astilladuras, grietas, rajaduras y otros defectos que puedan afectar la resistencia mecánica, la durabilidad de la construcción y colocación adecuada en la construcción.

Pequeñas grietas o muy pequeñas astilladuras, no mayores de 25 mm, que resulten como consecuencia del manipuleo y manejo durante su almacenamiento, transporte o descarga, no deberán ser causa de rechazo, a no ser que estas pequeñas imperfecciones estén presentes en más del 5% de los blocks que componen el lote.

Las paredes frontales de los blocks que están destinadas a recibir revoque o estuco, deberán ser suficientemente ásperas para asegurar una buena adherencia de estos.

2.2.7. Dimensiones

Las medidas principales nominales de los blocks de tamaños modulares son iguales a las medidas reales aumentadas en 10 mm, o sea el espesor de una junta normal con mortero (ver tabla IV).

2.2.7.1. Variación permitida en medidas principales

Para cada una de las medidas principales del blocks, se admitirá una variación máxima no mayor de ± 3 mm con respecto a las medidas reales especificadas.

2.2.7.2. Espesor de paredes y tabiques de blocks

La norma COGUANOR NTG indica que para los diferentes tamaños de blocks, usados generalmente en el medio los espesores de las paredes frontales y de los tabiques como se indica en la figura 10, será como mínimo los que indican la tabla V.

Tabla III. **Resistencia mínima a la compresión sobre área neta**

Clase	Resistencia mínima a compresión, calculada sobre área neta del block kg/cm ² (Mpa)	
	Promedio de 5 blocks o más	Mínimo de blocks individual
A	133,0 (13,0)	113,0 (11,1)
B	100,0 (9,8)	85,0 (8,3)
C	66,0 (6,5)	56,0 (5,5)

Fuente: Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41054. p 4.

Tabla IV. **Medidas principales normales de los blocks de concreto**

USO	MEDIDAS PRINCIPALES NOMINALES O MODULARES, EN CENTÍMETROS			MEDIDAS PRINCIPALES REALES, EN CENTÍMETROS		
	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto	Largo
Block de pared o muro	20	20	40	19	19	39
	15	20	40	14	19	39
Medio block de pared o muro	20	20	20	19	19	19
	15	20	20	14	19	19
Block de tabique	10	20	40	9	19	39
Medio block de tabique	10	20	20	9	19	19

Fuente: Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41054. p 6.

Tabla V. **Espesor mínimo de las paredes frontales y de los tabiques de los blocks** ⁽³⁾

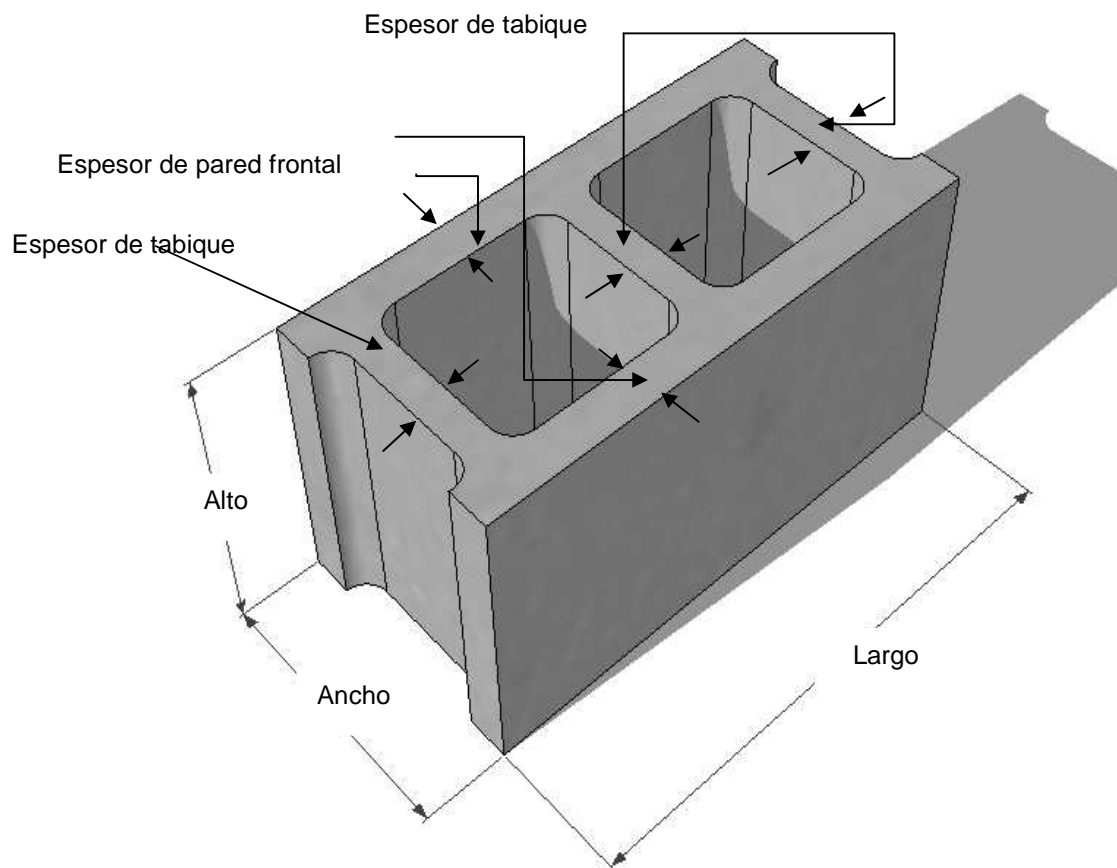
Ancho nominal del block en centímetros ⁽⁴⁾	Espesor mínimo de las paredes frontales promedio de 3 blocks en mm ⁽¹⁾	Espesor mínimo de los tabiques promedio de 3 blocks en mm ⁽¹⁾	Espesor mínimo equivalente de tabiques, en mm/m lineal ⁽²⁾
10	19	19	136
15	25	25	188
20	32	25	188
25	32	29	209
30	32	29	209

Fuente: Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41054. p 7.

- Promedio de las medidas tomadas de un número mínimo de 3 blocks, en los puntos de espesor mínimo.
- Suma de los espesores de todos los tabiques de un block, en milímetros multiplicada por 1 000, y dividida entre la longitud del block, en milímetros.
- Los espesores de las paredes frontales y tabiques de los blocks que no cumplan con los requisitos de la tabla 3, pueden ser aprobados, si se demuestra una capacidad estructural equivalente cuando se ensayen de acuerdo a las provisiones de los métodos de ensayos ASTM E 72, C 1314, E 519 u otros ensayos aplicables y si los criterios de diseño son desarrollados de acuerdo con los reglamentos o códigos de seguridad estructural aplicables.

- Cuando estas medidas correspondan a anchos reales de los blocks, también se aplican los requisitos indicados de la tabla V.

Figura 10. **Medidas principales de blocks**



Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Propiedades acústicas y térmicas de los blocks

Las paredes construidas en blocks de concreto liviano reúnen en forma óptima dos características fundamentales para el bienestar en clima tropical: baja conductancia (alto aislamiento térmico); baja difusividad (gran resistencia a la transmisión del calor).

Las viviendas construidas con blocks de concreto livianos son más frescas todo el día porque el pico de calor es absorbido y en gran parte expulsado al exterior de la pared.

En lo referente a la absorción y a la transmisión del sonido, está comprobado que es dañino a la salud el alto nivel de ruido. El block de concreto liviano ayuda a solucionar este problema, pues sus propiedades fonoaislantes permiten una atenuación de los ruidos que casi duplica la de otros materiales de igual densidad, otorgándoles a la vivienda dos aspectos de confort ambiental importantes: menos ruido y más intimidad.

2.3. Concreto para elaboración de blocks

El concreto es una mezcla de cemento, agua y agregados, según el tipo de agregados se pueden clasificar en concretos ordinarios y concreto livianos.

2.3.1. Concretos ordinarios

Son ejecutados con agregados de alto peso específico y elaborados de manera de obtener con el cemento y el agua una masa tan compacta como posible, se caracteriza por su elevado peso específico, su gran resistencia mecánica y por ser impermeables al agua y al aire y relativamente buenos

conductores de los ruidos y del calor. En términos generales, estas propiedades son tanto más acentuados cuanto más denso y compacto es el concreto.

2.3.2. Concretos livianos

Resultan de la sustitución de los agregados minerales ordinarios (denso) que se utilizan en la elaboración de concretos comunes, por agregados livianos inorgánicos u orgánicos.

La estructura que presentan estos concretos es, aparentemente, semejante a la de los concretos ordinarios, pero contienen en su interior una gran cantidad de cavidades que ocupan un volumen considerable. Para que estos concretos reúnan las características esenciales requeridas, es indispensable que los agregados livianos estén repartidos de manera muy regular en la mezcla, que no estén colmatados por el mortero de cemento y que no presenten una gran absorción de agua.

Los concretos livianos presentan densidades que varían desde los 300 kg/m³ hasta los 1 800 kg/m³, dando facilidad para realizar obras que a igual volumen de concreto normal produzcan menor peso.

2.4. Características de los materiales usados en block de concreto

Los materiales utilizados para la elaboración de block de concreto deben tener características definidas en la norma COGUANOR NTG 41 007 y NTG 41 008.

2.4.1. Agregados

En Guatemala, los agregados para blocks son de dos clases:

- Los normales para concreto ordinario que son gravas y arenas naturales de río o mina, y arenas y piedrines de trituración de roca de cantera o de canto rodado. La norma COGUANOR NTG 41 007 define los requisitos para la granulometría y la calidad de los agregados finos y gruesos de densidad normal, para poder ser utilizados en el concreto.
- Los livianos o ligeros, para concretos livianos, que son granulados o volcánicos de diversos tipos y procedencias que incluyen principalmente las granzas, arenas de pómez amarilla, blanca y escorias volcánicas encontradas en las cercanías de los volcanes. La norma COGUANOR NTG 41 008 define los requisitos.

Los agregados son un componente importante de los blocks, ya que consisten en un 85 % a 90% de la unidad. Los agregados deben tener la posibilidad de aglutinarse por medio del cemento hidráulico para formar un cuerpo sólido, por lo que son muy importantes su limpieza y durabilidad.

La limpieza implica que estén libres de arcilla, tierra negra, sedimentos y otros materiales orgánicos como raíces, corteza, astillas de madera, hojas y otros materiales nocivos. La durabilidad implica que tenga partículas suaves o deleznales que se desintegren en el proceso de fabricación o al estar expuestos a las condiciones climáticas (lluvia, mojado, secado).

La mayoría de agregados que se usan tienen cierta proporción de agua (humedad) que puede variar del 1 hasta el 10 o 12% en arenas normales, y

hasta del 30 % en arenas pómez. Si se proporciona por masa (peso debe pesarse mayores cantidades de material para compensar el agua.

El tamaño de los granos juega un papel muy importante en la dosificación de la mezcla y se determina pesando una muestra de agregado seco que se hace pasar a través de una serie de tamices. La proporción en que se encuentran los granos de distintos tamaños, expresados en tanto por ciento, constituyen la composición de la granulometría de la muestra. La cantidad de arena pómez varía en función de la cantidad de otros materiales como el polvo de piedra, polvillo de pómez, etc, ya que algunos fabricantes solamente utilizan arena pómez y polvillo que varían según la granulometría que tenga la arena pómez .

Para la cantidad de finos y gruesos que debe llevar una mezcla es importante especificar los límites de graduación y el tamaño del agregado. La graduación y el tamaño del agregado afectan la relativa proporción de los mismos, como también los requerimientos de cemento y agua, trabajabilidad, economía, porosidad y absorción de los blocks de concreto.

El módulo de finura es un índice numérico, proporcional al tamaño promedio de las partículas de un agregado dado, mientras más grueso es el agregado, mayor es el módulo de finura, y mientras más fino, menor es dicho módulo.

Al considerar el módulo de finura y la gráfica de límites, se puede realizar el proporcionamiento de agregados tanto por volumen como por masa. El criterio de módulo de finura adecuada se basa en que una combinación adecuada de granos gruesos, medios y finos, permite una proporción adecuada de cemento, que trabaje y reaccione de manera adecuada en la mezcla.

Es conveniente apuntar que el tamaño máximo de agregado para fabricación de blocks es generalmente de (12,5 mm), y el recomendado es de un tamaño máximo de (9,5 mm). El tamaño máximo de partículas no debe pasar de 1/3 el espesor de las paredes del block.

Siempre se debe intentar trabajar con los elementos que nos proporcionen el medio y los que más cerca esté de la planta para reducir costos. Previamente deben llevarse muestras a un laboratorio para someterlas a un análisis de granulometría con el objeto de determinar la correcta graduación de los tamaños

2.4.1.1. Agregado fino

El agregado fino puede ser arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas.

2.4.1.2. Agregados gruesos

El agregado grueso debe consistir en grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de alto horno enfriada con aire, o concreto de cemento hidráulico triturado, o una combinación de ellos, conforme los requisitos de la norma NTG 41 007.

Los agregados gruesos deben cumplir con los requisitos indicados en la norma, es importante que para el control de calidad de una operación específica, un productor debe desarrollar una graduación promedio para la fuente particular y las instalaciones de producción y debe controlar las graduaciones de la producción dentro de tolerancias razonables respecto a este promedio.

2.4.1.3. Escorias volcánicas

Material de origen volcánico de células más grandes, menos numerosas y más irregulares que la piedra pómez, su peso específico aparente para materiales suelto y seco varía entre 700 y 1 500 Kg/m³.

2.4.1.4. Piedra pómez

La piedra pómez puede funcionar como agregado ligero en la elaboración de blocks de concreto, disminuyendo el peso del block en un 30% cambiando el agregado de piedra de canto rodado o triturado por piedra pómez.

La piedra pómez químicamente es un silicato volcánico de aluminio. Su estructura está compuesta por partículas vítreas con un alto contenido de sílice superior al 50%, y por una gran cantidad de poros diminutos que le proporcionan un bajo peso unitario, a pesar de tener una gravedad específica alta entre 2,3 a 2,5. Su peso unitario varía de 350 Kg/ m³ hasta 800 Kg/ m³ y puede flotar en el agua.

Su textura es rugosa y su forma puede ser angular o redondeada. El tamaño de los granos en estado natural varía desde muy fino, semejante a la arena, hasta diámetros de una pulgada o más.

La piedra pómez es un agregado ligero para la fabricación del block y preparado ligero. Se basa a partir 0 a 25 milímetros. El mejor tamaño para el block ligero es 0 a 8 milímetros.

La piedra pómez mezclada con arena silíceas o arena de pómez y cemento portland origina concretos livianos de excelente calidad, de peso específico aparente, para material suelto y seco comprendido entre 650 y 1 600 Kg/m³.

2.4.2. Agua

El agua es uno de los ingredientes principales, ya que esta es utilizada cuando los materiales son mezclados en seco, agregándose en forma gradual y medida, para que actúe sobre las demás materias primas.

Es un elemento necesario para la fabricación de los blocks, siendo útil también en el proceso de curado y fraguado, donde se rocían los blocks de concreto. Si sirve para el consumo humano entonces es buena para producir concreto. Si se va a trabajar con agua diferente es importante hacer un análisis químico para conocer su comportamiento.

El agua de mar puede bajar un poco la resistencia del blocks y produce manchas blanquecinas o eflorescencias debido a su contenido de sales. El agua de ríos y quebradas puede usarse si no está turbia y está libre de desechos orgánicos.

El agua de lluvia, en especial de las primeras lluvias, tiene mucho dióxido de carbono que le da una acidez que afecta la calidad del concreto, por lo que se recomienda no usarla, en todo caso hay que rechazar agua turbia y de coloración oscura y olor pronunciado o que tenga algas o manchas de aceite.

2.4.3. Cemento

Es la materia prima de mayor costo, se utiliza en bajas proporciones y sus propiedades son proveer la consistencia y resistencia al block de concreto, esta materia prima absorbe el 70% del costo de producción de los blocks.

En Guatemala se fabrican varios tipos de cementos hidráulicos los más importantes para la industria prefabricadora son:

2.4.3.1. Cemento UGC

Éste es un cemento Portland con adición de puzolana natural y se clasifica como cemento para uso general en la construcción. Esto quiere decir que por las características propias de éste, puede ser utilizado en prácticamente todas las actividades típicas de la construcción, en especial en la fabricación de concreto premezclado y mezclado en obra y en la elaboración de morteros de diferentes tipos.

Las puzolanas son sustancias que contienen minerales silíceos y aluminosos que si bien no tienen por sí mismos cualidades cementantes, son capaces de reaccionar con la cal en presencia del agua a temperaturas ordinarias para formar compuestos cementantes.

El cemento Progreso UGC, corresponde a una categoría de resistencia de (280 Kg/cm²), cumple con los requisitos de las normas para cementos hidráulicos ASTM C 1157.

2.4.3.2. Cemento ARI para fabricantes

Como su nombre lo indica es un cemento Portland de alta resistencia inicial. Es de excelente calidad para fabricar blocks de concreto. Proporciona una resistencia mínima de 407 Kg/cm² a los 28 días en ensayos de morteros de cemento con arena normalizada (ASTM C 109). Se clasifica como cemento de alta resistencia inicial o *Type HE (High Early Strength)* en las normas.

En cuanto a resistencias, al utilizar el cemento ARI para fabricantes de alta resistencia inicial se obtienen resistencias más altas que utilizando el cemento UGC en prácticamente todas las edades. Debido a esto, a igualdad de contenidos de cemento, puede haber aumentos del orden de 25% ó más en las resistencias iniciales y por lo tanto el desmoldado de los blocks, y otros productos de cemento puede hacerse en menos tiempo. Sí se desea mantener la resistencia en las mezclas de blocks, utilizando cemento ARI alta resistencia inicial, podría ahorrarse cemento.

Utilizando el cemento ARI para fabricantes, de alta resistencia inicial, las fábricas de blocks pueden aumentar no sólo la calidad de sus productos sino también su producción debido a la característica de alta resistencia inicial. La liberación de calor en el proceso de hidratación del cemento puede ser aprovechado para el curado de las unidades que se están produciendo (ver figura 9-a).

2.4.3.3. Cemento para fabricar blocks (CFB)

Es un cemento Pórtland de alta resistencia inicial con adición de puzolana natural y es de excelente calidad para fabricantes de blocks de concreto.

Cumple con los requisitos de las normas para cementos hidráulicos ASTM C1-157 y COGUANOR NGO 41-095.

El cemento para fabricantes (CFB), corresponde a una categoría de resistencia de 240 Kg/cm² a los 3 días. La categoría de resistencia de 240 Kg/cm² significa que esta es la resistencia mínima a compresión en mortero de cemento arena normalizada (ASTM C-109) a los 3 días, expresada como medida de fuerza por unidad de área.

Las categorías de resistencia representan grados o niveles de resistencia en que se clasifican los cementos para ayudar al usuario a escoger lo que realmente necesita. Las categorías son aplicables a cualquier marca y tipo de cemento, y en Guatemala, Cementos Progreso ha utilizado tradicionalmente las categorías 350 kg/cm² y 280 kg/cm². La nueva categoría de 240 kg/cm² a los 3 días se empezó a utilizar porque en la actualidad muchos de los productos elaborados con cemento o estructuras de concreto fabricadas o fundidas en el lugar requieren de resistencias en menor tiempo a la edad tradicional de medición de resistencias de 28 días.

El cemento para fabricantes (CFB) y el cemento UGC están clasificados dentro de las mismas Normas ASTM C-1157 y COGUANOR NGO 41-095, son dos clases diferentes de cemento en cuanto a composición química, categoría de resistencia y clasificación de tipo.

El cemento para fabricantes es también un cemento portland con adición de puzolana, pero en diferente proporción que el cemento UGC. Se clasifica dentro de las mismas Normas ASTM y COGUANOR que el cemento UGC, pero como cemento de alta resistencia inicial.

En cuanto a resistencias, el cemento para fabricantes proporciona una resistencia más alta que el cemento UGC en prácticamente todas las edades. Debido a esto, a igualdad de contenidos de cemento, puede haber aumentos del orden de 20% ó más en las resistencias de las mezclas y por lo tanto el desmoldado de los blocks y otros productos de cemento puede hacerse en menos tiempo. También esto significa que si se desea mantener la resistencia de las mezclas de blocks o productos utilizando cemento para fabricar blocks (CFB), en lugar del cemento UGC, podría ahorrarse una cantidad de cemento del mismo orden del 20% o más. En mezclas ricas en cemento es más notorio el ahorro.

Las fábricas de blocks de concreto normal o liviano (de pómez) han logrado no sólo aumentar calidad sino también su producción, utilizando el cemento para fabricantes (CFB) (Ver figura 9-b).

2.4.3.4. Cemento BLK

Es un material cementante formulado especialmente para alcanzar una alta resistencia inicial. Es de excelente calidad diseñado exclusivamente para fabricar blocks de concreto liviano, ofreciendo un mayor aumento de resistencia a edades tempranas y tardías que lo que se logra con los cementos tipo UGC de 280 Kg/cm² y CFB (Cemento para fabricar blocks de secado rápido) 350 Kg/cm². Es un material cementante con adiciones, cuyos componentes cumplen bajo los requisitos de las Normas ASTM C-150, C-33 y COGUANOR NGO 41-005, 41-065 (Ver figura 10).

El cemento Progreso BLK con Adiblock corresponde a una categoría de resistencia de 350 kg/cm² a los 28 días. Dicha categoría de resistencia es la

mínima a compresión en mortero de cemento y arena normalizada (ASTM C-109) a los 28 días.

A pesar que los dos cementos están orientados a la fabricación de blocks de concreto, el cemento BLK con Adiblock es exclusivamente para la elaboración de blocks de concreto que mejora la resistencia de los blocks y el CFB se puede utilizar para otros productos prefabricados, es decir es de uso más amplio, como tubos, adoquines, baldosas y otros que requieran una alta resistencia inicial. Son dos clases diferentes de cemento en cuanto a características físicas, composición química y clasificación de tipo. El cemento BLK con Adiblock es una mezcla en base a cemento portland ordinario con adiciones y aditivos especiales.

En cuanto a resistencias, el cemento BLK con Adiblock para la fabricación de blocks de concreto liviano proporciona una resistencia más alta en prácticamente todas las edades. Debido a esto, a igualdad de contenidos de cemento, puede haber aumentos en las resistencias de las mezclas comparándolo con el cemento CFB (cemento para fabricar blocks de secado rápido) y por lo tanto el desmoldado de los blocks puede hacerse en menos tiempo.

Las fábricas de blocks de concreto liviano (de pómez) han logrado no sólo aumentar calidad sino también su producción, utilizando el cemento BLK con Adiblock.

Por ser un cemento especial y único para la fabricación de blocks de concreto liviano se presentan recomendaciones para su uso:

- Seleccionar agregados limpios, libres de hojas y terrones de tierra

- Para el terciado que usted acostumbra, agregue las mismas cantidades de agregados y agua.
- Para un terciado equivalente a un saco de cemento, agregue dos bolsas de 30 Kg de cemento BLK con Adiblock.
- Para un terciado de $\frac{1}{2}$ saco de cemento agregue una bolsa de 30 kg de Cemento BLK con Adiblock.

Figura 11. **Presentación de cemento para fabricar blocks**



(a) Cemento ARI para fabricantes



(b) Cemento CFB para fabricantes



(c) Cemento BLK



(d) Cemento UGC

Fuente: <http://www.cempro.com>. Consulta: junio 2012

3. NORMAS Y ESTÁNDARES ENTORNO A BLOCKS DE CONCRETO

Las especificaciones técnicas son los documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obras, elaboración de estudios, fabricación de equipos, etc.

3.1. Normas nacionales

Las normas nacionales, son documentos establecidos por consenso y aprobadas por un organismo reconocido nacional.

3.1.1. Normas COGUANOR

La Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR- es el organismo nacional de normalización, adscrito al Ministerio de Economía. La principal función de COGUANOR es desarrollar actividades de normalización que contribuyan a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y elevar la calidad de los productos y servicios que dichas empresas ofertan en el mercado nacional e internacional. Su ámbito de actuación abarca todos los sectores económicos. Las normas técnicas que COGUANOR elabora, publica y difunde, son de observancia, uso y aplicación voluntarios.

La Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR- ha normalizado la elaboración de block de concreto, unificando de esta manera los procesos

técnicos y de servicio de los mismos. Encontrándose en el medio las siguientes normas.

- COGUANOR NTG 4-1054 Primera Revisión: (Norma técnica guatemalteca: block huecos de concreto para muros) norma que establece los requisitos que deben cumplir los blocks huecos de concreto para muros (paredes y tabiques), destinados o no a soportar cargas, fabricados o comercializados en Guatemala.
- COGUANOR NGO 41-054: blocks huecos de concreto para paredes o muros, y tabiques.
- COGUANOR NGO 41-055: blocks huecos de concreto para paredes o muros y tabiques. Toma de muestras.
- COGUANOR NGO 41-056 h1: blocks huecos de concreto para paredes o muros, y tabiques. Determinación de las dimensiones, humedad y absorción de agua.
- COGUANOR NGO 41-056 h2: blocks huecos de concreto para paredes o muros y tabiques. Determinación de la resistencia a la compresión
- COGUANOR NGO 41-008: agregados o áridos. Especificaciones para los agregados de baja densidad empleados en blocks de concreto.

3.2. Normas internacionales

Son normas creadas en países desarrollados, de uso internacional. A nivel nacional estas normas se observan y se toman como parámetro de fabricación de productos en lo relativo a resistencia a la compresión, absorción, resistencia al cortante, elasticidad y rigidez.

3.2.1. Normas ASTM

ASTM American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), organización para el desarrollo de normas sobre características y comportamiento de materiales, sistemas, productos y servicios y la promoción del conocimiento relacionado. Son normas de los Estados Unidos pero de uso internacional que dan requerimientos sobre máquinas, equipos y patrones empleados en ensayos.

Las Normas ASTM que están relacionadas con blocks de concreto son las siguientes:

- ASTM C 90-03 especificación estándar para unidades portantes de mampostería de concreto.
- ASTM C-140-03 norma que cubre el muestreo y análisis de las unidades de mampostería de concreto, como resistencia a la compresión, absorción, peso unitario y contenido de humedad. Los blocks de buena calidad deben tener una baja absorción. Se establece una absorción del 23% a los veintiocho días de haberse producido el blocks.

- ASTM C-131 Agregado liviano para uso en concreto para unidades de mampostería.

3.2.2. Normas DIN

Las Normas DIN son los estándares técnicos para el aseguramiento de la calidad en productos industriales y científicos en Alemania. DIN que significa *Deutsches Institut für Normung*, o bien, Instituto Alemán de Normalización, que es la institución, con sede en Berlín y establecida en 1917, que se ocupa de la normalización alemana. El DIN realiza las mismas funciones que organismos internacionales como el ISO.

Las Normas DIN que están relacionadas con blocks de concreto son las siguientes:

- DIN 1-164 (cementos Portland para la elaboración de concretos ligeros).
- DIN 1-167 (cementos puzolanicos para la elaboración de concretos ligeros).

4. DISEÑO DE MEZCLAS

Es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados.

Existen diferentes métodos de diseños de mezcla; algunos pueden ser muy complejos como consecuencia a la existencia de múltiples variables de las que dependen los resultados de dichos métodos, aún así, se desconoce el método que ofrezca resultados perfectos, sin embargo, existe la posibilidad de seleccionar alguno según sea la ocasión.

En oportunidades no es necesario tener exactitud en cuanto a las proporciones de los componentes del concreto, en estas situaciones se frecuente el uso de reglas generales, lo que permite establecer las dosis correctas a través de recetas que permiten contar con un diseño de mezcla apropiado para estos casos.

4.1. Dosificaciones

Dosificación por peso o por volumen, es propio a la infraestructura de la que se dispone. Normalmente un sistema de dosificación por peso es costoso. Este es el mejor sistema, sin embargo, es posible hacer una buena dosificación por volumen, esto implica hacer equivalencias peso-volumen (Kg-Lt) y supervisar que siempre se mantenga la misma cantidad. Los recipientes utilizados para esta dosificación siempre deben ser los mismos; la dosificación dependerá del tipo de prefabricado a producir y de la resistencia solicitada.

4.2. Proporciones

Las proporciones de los agregados deben permitir la mayor compactación posible, con un mínimo de cemento. Esto reduce costos. Es importante que se realicen varios diseños de mezcla para poder determinar cual ofrece mejor relación costo-beneficio.

No existe proceso definido para el diseño de concreto liviano como el que da el método del ACI para diseño de concreto convencional. Las proporciones empleadas en los diferentes ensayos son los que dan referencia sobre características finales del concreto liviano resultante.

4.3. Relación agua-cemento (a/c)

En los prefabricados de concreto la mezcla debe ser seca, utilizamos la menor cantidad de agua posible porque necesitamos que el elemento se sostenga por sí mismo.

4.4. Cantidad agua de absorción de los agregados

Cuando en la mezcla se incorporan agregados secos es normal que estos absorban cierta cantidad de agua (porcentaje de absorción), por lo que debe determinarse este porcentaje para hacer la compensación respectiva y evitar que el concreto resulte con insuficiente agua de hidratación.

4.5. Humedad natural de agregados

Normalmente es común recibir los agregados en la planta con cierto grado de humedad por lo que se recomienda dejarlos reposar al menos 2 días, si esto

no es posible, entonces se debe determinar el porcentaje de humedad para descontarlo del agua de hidratación y de esta forma no se nos altere la relación agua-cemento.

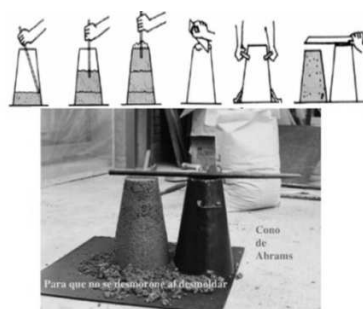
4.6. Cantidad agua de hidratación del cemento

Es la cantidad de agua que necesita el cemento para poder hidratarse (porcentaje de hidratación) y llegar a obtener la resistencia exigida. Se determina por la relación a/c.

4.6.1. Consistencia del concreto

Una de las características de las mezclas para concreto es que deben ser secas, como ya se indicó al momento del desmolde el elemento se tiene que sostener por sí mismo, por lo cual es recomendable que el asentamiento no sea mayor de 2 ½ cms. lo cual se puede controlar realizando el ensayo por método tradicional del cono de *Abrams*.

Figura 12. Procedimiento de medición del asentamiento



Fuente: Blog del ingeniero Carlos Damiani. www.carlosdamiani.blogspot.com. Consulta: junio de 2012.

5. PROCEDIMIENTOS DE ELABORACIÓN DE BLOCKS

Una condición imprescindible que deben satisfacer los blocks es su uniformidad, no sólo en lo relativo a la regularidades de sus dimensiones, en especial su altura, sino también en cuanto a la densidad, calidad, textura superficial y acabado. La uniformidad de los blocks depende en gran medida de su proceso de fabricación y del mismo, son factores determinantes los siguientes:

- La cuidadosa selección de los agregados
- El correcto estudio de la dosificación
- El adecuado diseño del blocks
- Una perfecta ejecución del mezclado, moldeo y compactación
- Un adecuado curado y almacenamiento

En resumen, será necesario controlar durante la producción: la dosificación de la mezcla, la cual se recomienda sea en lo posible en peso, pero pudiéndose dosificar en volumen utilizando latas, cajones ó carretilla; además se debe controlar el tiempo de mezclado; el asentamiento; el peso unitario del concreto fresco; el tiempo de vibrado y, los procesos de desmolde, curado y fraguado de las unidades. En la fabricación de blocks artesanal es importante mencionar que para poder llegar a un producto con características deseadas, es por medio del proceso de prueba y error.

5.1. Secuencia de la fabricación

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

5.1.1. Selección y almacenamiento de materiales

Debe buscarse fuentes o proveedores que se aseguren un suministro constante en volumen y procedencia de los materiales para garantizar la uniformidad de la mezcla y como consecuencia la de los blocks. Sí bien la calidad se estima por observación y con base en la experiencia, debe procurarse ensayar los materiales cada vez que se cambie de proveedor y cada cierto tiempo para asegurarse de su calidad y uniformidad.

5.1.2. Dosificación

Es el término que se utiliza para definir las proporciones de agregados, agua cemento que conforma la mezcla para la elaboración de la unidad. La dosificación o proporcionamiento de los materiales se hará por peso ó volumen, utilizando latas, cajones de madera, o carretillas.

Todas las plantas deberían contar con una báscula para pesar adecuadamente los materiales. La medida de estos debe hacerse correctamente y de manera uniforme. Las dosificaciones por volúmenes aparentes producen muchas variaciones que afectan la calidad e incrementan los costos.

La dosificación debe ser tal que pueda obtenerse un blocks con las características siguientes:

- Cohesión en estado fresco para ser desmoldados y transportados sin que se deforme o dañen.
- Máxima compactación para que su absorción sea mínima
- Resistencia esperada según su uso, carga o relleno
- Acabado superficial deseado

Para arenas de pómez o mezclas de estas con polvillo de pómez, polvo de piedra caliza o arenas de río mina. Las proporciones en masa cemento agregados varían normalmente ente 1:6 y 1:10 (en volumen entre 1:8 y 1:12)

Para los que dosifican por volumen se recomienda tomar un pie cubico o 28 litros como volumen de un saco de cemento de 42.5 Kg. Los agregados se miden en cajones de 1 pie cubico (28 litros), o en botes de 5 galones (18 litros). Un saco de cemento equivale a 1.5 botes de 5 galones (18 litros). El agua puede medirse en cubetas marcadas de 2 en 2 litros. El agua a usarse se ajusta de acuerdo con la experiencia de los operadores para obtener mayor compactación y cohesión del blocks, se recomienda comprobar por ensayos de laboratorio la calidad de los blocks y marcarlos con el color que corresponde de acuerdo con su tipo y grado.

5.1.3. Mezclado manual

Definido el proporcinamiento de la mezcla, se acarrea los materiales al área de mezclado. En primer lugar se dispondrá de arena en una superficie

limpia, rígida y no absorbente de concreto o madera, luego, encima el agregado grueso; seguidamente se agregará el cemento, realizando el mezclado en seco empleando palas, hasta obtener un color uniforme. Dicha uniformidad se obtiene paleando de un sitio a otro la arena y el cemento. Será preciso realizar por lo menos dos vueltas de los materiales. Después del mezclado se incorpora el agua en el centro del hoyo de la mezcla, luego se cubre el agua con el material seco de los costados, para luego mezclar todo uniformemente. La mezcla húmeda debe voltearse por lo menos tres vueltas.

5.1.4. Mezclado mecánico

En la mezcladora, la secuencia de colocación de los materiales en ella, que previamente debe estar limpia, es la siguiente:

- Colocar el agregado grueso y las tres cuartas partes del agua a usar en la mezcladora y mezclar por 15 segundos.
- Colocar el cemento y mezclar por 15 segundos (al hacerse de este modo, se mejora la adherencia entre las partículas gruesas y la pasta de cemento).
- Colocar la arena y el resto del agua y mezclar hasta completar dos o tres minutos.

Está demostrado que el método de proporcionamiento que se basa en una granulometría adecuada, muestra resultados satisfactorios. Tanto para los agregados de peso normal, como para los agregados livianos, la formulación siguiente garantiza proporciones óptimas con dos o más agregados.

$$Y \text{ ó } X = \frac{(A-C)*100}{(A-B)}$$

Donde:

X= Porcentaje deseado de agregado fino

Y= Porcentaje deseado de agregado grueso

A= Módulo de finura del agregado grueso

C= Módulo de finura que se requiere (recomendado)

B= Módulo de finura de agregados finos

El módulo de finura para blocks livianos es de MF = 3,84 (recomendado)

5.1.5. Moldeado

Obtenida la mezcla se procede a colocar dentro del molde; el método de llenado se debe realizar en capas y con la ayuda de una varilla se puede acomodar la mezcla. El vibrado se mantiene hasta que aparezca una película de agua en la superficie, luego se lleva al área de fraguado.

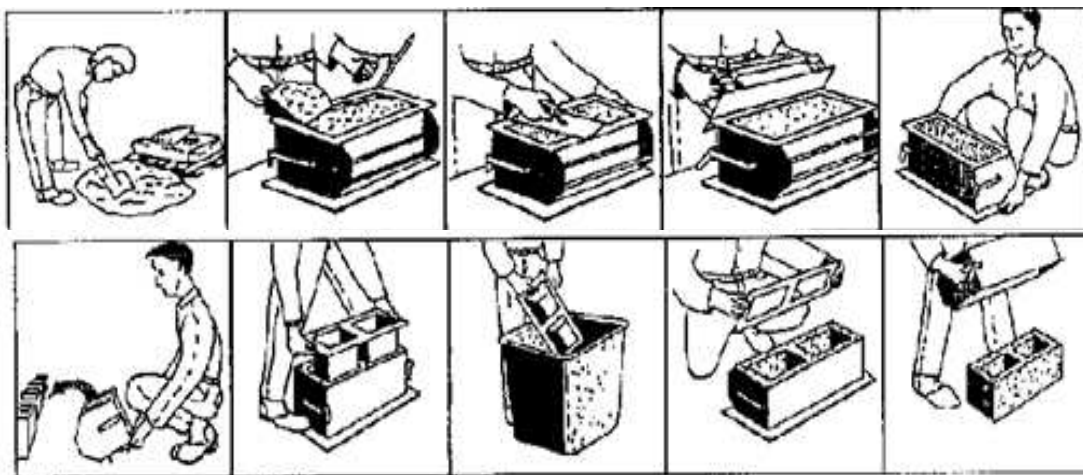
Primero se debe revisar que el molde este limpio y en buen estado. Luego se coloca bajo la tolva alimentadora y se llena. Se aplica vibración al molde por un corto tiempo para acomodar la mezcla. Sí se deja mucho tiempo, se puede producir segregación de los agregados. Se vuelve a llenar el molde y se enrasa con la tabla o bandeja, esta se puede recubrir con aceite quemado o con polvillo o material selecto para evitar que los blocks se peguen a ella.

Se voltea el molde de modo que la bandeja o tabla quede debajo, y se baja los martillos compactadores antes de aplicar la vibración para que la

mezcla se compacte suficientemente, el peso o la fuerza con que los martillos bajen son importantes, conjuntamente con la vibración que es normalmente de 0 a 15 segundos para la buena compactación de blocks.

Luego de esto los moldes se remueven hacia arriba, dejando los blocks libres sobre sus bandejas o tablas. En este momento los blocks se evalúan visualmente; sí se presentan defectos se deberán retirar de la tabla y devolver el material a la tolva o piula de mezcla para volver a utilizarlo. Los blocks buenos pasan al área de fraguado (ver figura 14).

Figura 13. **Secuencia de moldeado**



Fuente: Blog del ingeniero Carlos Damiani. www.carlosdamiani.blogspot.com. Consulta: junio de 2012.

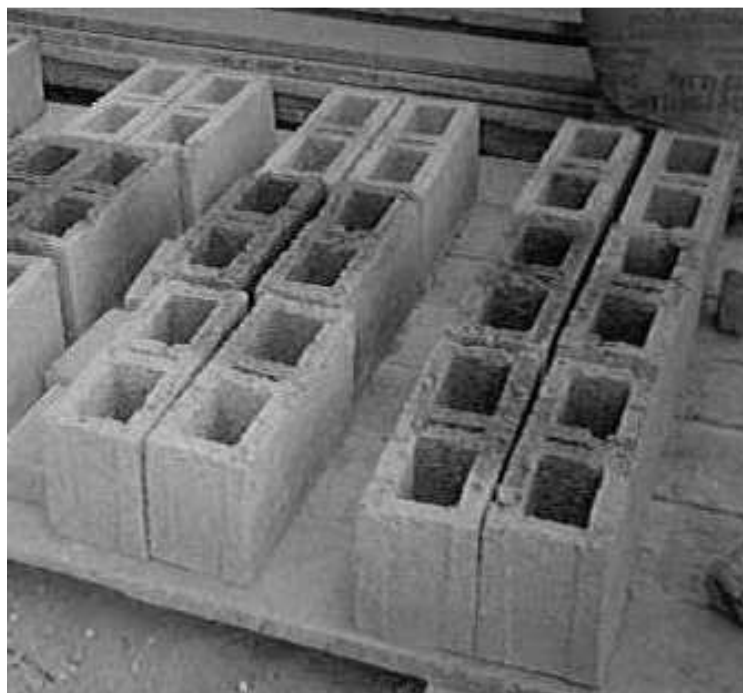
5.1.6. **Fraguado**

Es el endurecimiento inicial. Una vez fabricados los blocks, éstos deben permanecer inmóviles en un lugar que les garantice protección del sol y de los

vientos, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse. Las tablas deben colocarse en el piso o en estantería, no directamente una sobre otra. El periodo de fraguado debe ser 12 a 24 horas hasta que llegue a una resistencia suficiente para ser manipulados (ver figura 14).

Si los blocks se dejaran expuestos al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea un secado prematuro, que reducirá la resistencia final de los blocks y provocará fisuramiento del concreto. Luego de ese tiempo, los blocks pueden ser retirados y ser colocados en grupos para su curado, a la sombra con humedad.

Figura 14. **Fraguado de blocks**



Fuente: Programa Científico PC - CISMID 1999-2000. <http://www.scribd.com/doc/24876405/Fabricacion-bloques-de-cemento>. Consulta: junio de 2012.

5.1.7. Curado

Muchos fabricantes de blocks los dejan bajo techo las primeras 24 horas y luego los sacan al patio a secar; esta práctica no es adecuada, porque el cemento necesita agua para endurecerse y ganar resistencia.

El curado de los blocks consiste en mantener los blocks durante los primeros 7 días por lo menos en las condiciones de humedad y temperatura necesarias para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad, resistencia especificada y otras propiedades deseadas. Por esto es necesario curar los blocks como cualquier otro producto de concreto. Los blocks se deben colocar en grupos de máximo cuatro unidades y dejando una separación horizontal entre ellas de dos centímetros, como mínimo; para que se puedan humedecer totalmente por todos los lados y se permitan la circulación de aire (ver figura 15).

Para curar los blocks se riega periódicamente con agua durante siete días. Se humedecen los blocks por lo menos tres veces al día o lo necesario para que no se comiencen a secar en los bordes. Se les puede cubrir con plásticos, papeles o costales húmedos para evitar que se evapore fácilmente el agua, la cobertura con plástico negro y exposición al sol acelera el desarrollo de resistencia siempre que los blocks se mantengan húmedos.

El curado se puede realizar también sumergiendo los blocks en un pozo o piscina llena de agua saturada con cal, durante un periodo de tres días. Lo más recomendado para el proceso de curado, y también para el almacenamiento, es hacer un entarimado de madera, que permita utilizar mejor el espacio y al mismo tiempo evitar daños en los blocks.

Figura 15. **Curado de blocks**



Fuente: www.Recomar.com. Consulta: junio de 2012.

5.1.8. Secado y almacenamiento

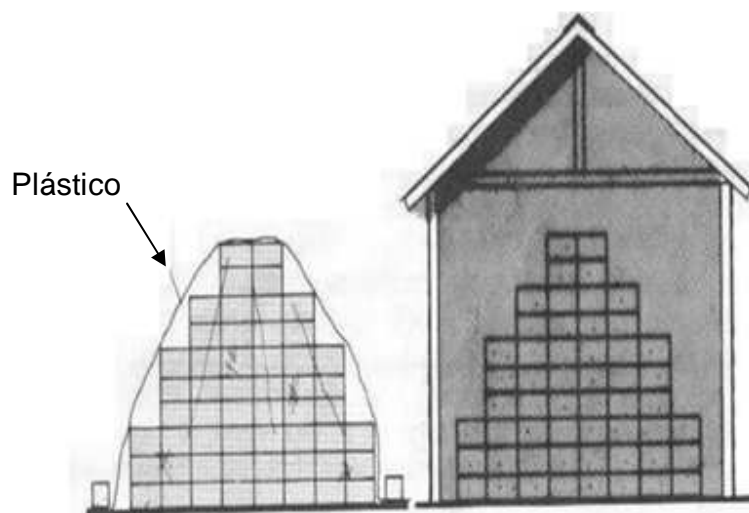
La zona destinada para el almacenamiento de los blocks debe ser suficiente para mantener la producción de aproximadamente dos semanas y permitir que después del curado los blocks se sequen lentamente. La zona de almacenamiento debe ser totalmente cubierta para que los blocks no se humedezcan con lluvia antes de los 28 días, que es su período de endurecimiento. Sí no se dispone de una cubierta o techo, se debe proteger con plástico (ver figura 16).

Se pueden formar pilas de nueve blocks máximo debidamente aislados de la humedad del piso. La distribución de los blocks durante el almacenamiento debe permitir el fácil acceso a cada una de las diferentes pilas. Se debe

identificar cada pila con el fin de tener un control del día de fabricación, tipo de mezcla, fecha de entrega, etc.

Aunque los blocks fabricados siguiendo todas las recomendaciones, presentan una buena resistencia, se debe tener cuidado en su manejo y transporte. Los blocks no se deben tirar, sino que deben ser manipulados y colocados de una manera organizada, sin afectar su forma final.

Figura 16. **Secado y almacenamiento de blocks**



Fuente: elaboración propia.

5.2. Fábricas artesanales

Se caracterizan por poseer bajos volúmenes de producción, sistema de producción basándose en maquinaria simple o realizada manualmente.

5.2.1. Conocimiento y calidad constructiva de la mano de obra

La postura del conductor, las distancias que tiene que mover y el tipo de movimientos son necesarios todos los factores que influyen en la eficacia de la operación, que a su vez depende del diseño de la máquina.

También es de importancia la accesibilidad de las partes vitales de la maquinaria para la limpieza, mantenimiento y reparación. Especial atención en las medidas de seguridad, tales como la prevención de la proyección de las piezas móviles, con indicación clara y/o la protección de puntos peligrosos.

El mezclador es la persona que hace la mezcla, el cual realiza su trabajo con un conocimiento empírico que ha adquirido en un determinado tiempo. El maquinista es la persona que elabora el block, y el sacador, es la persona que se encarga de quitar de las tablas en donde se hacen los blocks para colocarlos en el lugar en donde se curara y posteriormente se despachara el producto.

El proveedor de la máquina para hacer blocks deberá facilitar la información sobre el equipo así como la capacitación al personal para la operación y cuidado del equipo.

5.2.2. Maquinaria

Para la fabricación de blocks es necesario contar con dos equipos que son determinantes en la producción de blocks, a continuación se describe la mezcladora y las máquinas para hacer blocks.

5.2.2.1. Mezcladora

Se puede definir una mezcladora como una máquina capaz de mezclar totalmente dos o más materiales sólidos, en el medio se utilizan con buenos resultados las mezcladoras amasadoras de eje horizontal, estos equipos son de fabricación artesanal, en algunos casos con residuos o chatarra metálica, lo que es el depósito de los materiales para realizar la mezcla. Generalmente la capacidad de las mezcladoras es de 0,5 m³ de concreto liviano, lo que los fabricantes, en especial los mezcladores la miden utilizando como base un saco o medio saco, el tiempo de mezclado varía según la capacidad (potencia del motor) de la misma, ya que hay mezcladoras que mezclan más rápido que otras lo que generalmente dura de 3 a 5 o 6 minutos para cada mezcla.

5.2.2.2. Máquinas para hacer blocks

Este tipo de maquinaria es fabricado artesanalmente por herreros, quienes toman como base una máquina para copiarla y algunos le hacen modificaciones para corregir ciertos defectos en diseño; este equipo se llama maquinaria de volteo por su forma de fabricar los blocks. Existe otro tipo de máquina que no son tan generalizadas en blocks artesanales debido a su poca eficiencia en la fabricación de blocks; a este tipo se le denomina máquina de gaveta. En estas maquina la mezcla se vibra aproximadamente de 10 a 15 segundos lo que no garantiza un acomodamiento y compactado adecuado de la mezcla.

Hay otros tipos de equipos como los automatizados que son fabricados por empresa que cumplen con especificaciones y Normas ISO, las marcas más comunes en el medio guatemalteco son Besser, Masa, Italmexicana, Emespana, Ceta-Ram, entre otras. Estos equipos tienen la ventaja que la

producción de blocks de concreto es uniforme en cuanto a rendimiento y cálida, con mayor capacidad de producción.

5.2.2.3. Molde simple para blocks

Máquina simples, equipado con una bandeja para preparar la mezcla de cemento-arena. El molde lleno es apisonado manualmente y la superficie superior alisada con una llana. La palanca es empleada para hacer descender la caja y el block hueco es volcado sobre un tablero de madera, listo para el fraguado.

Figura 17. Máquina simple para blocks

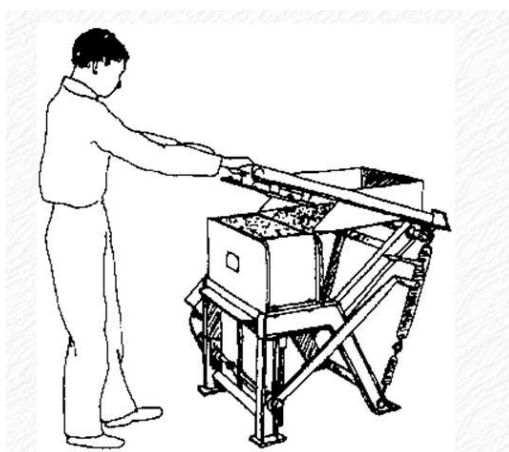


Fuente: Manual de instrucciones SENA. p 5.

5.2.2.4. Máquina combinada

Máquinas para blocks de concreto macizos y huecos, una gran bandeja facilita el llenado de concreto en el molde, el concreto sobrante es retirado y la tapa apisonadora se baja con algunos golpes secos para compactar el block. La palanca es usada para extraer el block, que es retirado sobre la placa base de madera para su curado.

Figura 18. Máquina combinada para blocks



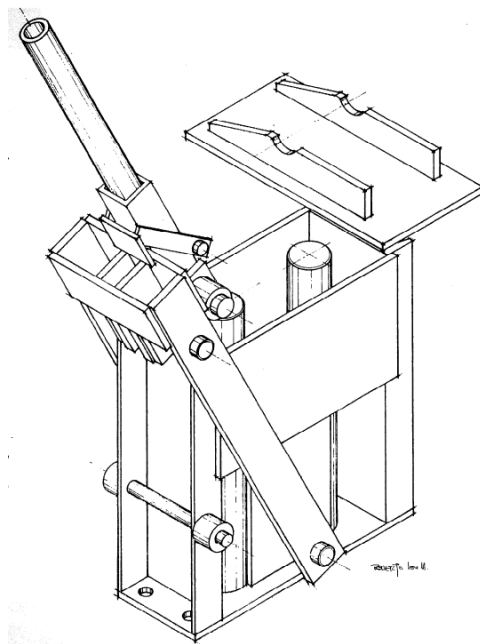
Fuente: Folleto de información SKAT. p 2.

5.2.2.5. CETA-RAM

Es una prensa portátil, de operación manual, concebida para fabricar blocks huecos para construcción. Se trata de una maquina simple, y fácil de manipular, cuyo diseño no ha sido ni será patentado. Básicamente, la CETA-RAM consta de una caja 6 molde dentro del cual un pistón actuado por un dispositivo de palanca operado a mano, comprime la mezcla fresca para formar blocks.

Al accionar la palanca en sentido inverso, el mismo pistón expulsa el blocks, el cual es retirado manualmente para ser puesto a curar en sombra y en húmedo por un periodo mínimo. La CETA-RAM se trata de un aparato sumamente portátil, de gran simplicidad mecánica, bajo costo, fácil manejo y mantenimiento sencillo, la CETA-RAM es capaz de moldear a alta presión, blocks densos y bien conformados, a razón de unas 600 unidades por jornada de ocho horas. Una máquina CINVA-RAM permite a un equipo de 2 personas fabricar unos 400 a 500 blocks diarios. En tres turnos se fabrican hasta 1 500 blocks diarios.

Figura 19. **Máquina CETA-RAM para blocks**



Fuente: Boletines de información CETA. p 6.

5.2.3. Área de trabajo

En fábricas artesanales ideales el área de trabajo o de producción deberá contar con las instalaciones básicas como por ejemplo, estar techada y contar con un piso de concreto, instalaciones de drenaje, agua potable, electricidad, servicios sanitarios, bodega, depósitos de agregados, oficina, área de fraguado y área de curado y sí es posible contar con una cabina insonorizada para mitigar el ruido producido por el equipo.

6. ENSAYOS DE AGREGADOS LIVIANOS PARA BLOCK DE CONCRETO

Se define los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento hidratada para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las 3/4 partes del volumen total por lo que su calidad influye grandemente en el producto final. En tal razón conocer las propiedades físicas de los agregados constituyen un elemento importante en el diseño de los blocks.

La Norma ASTM C-331 cubre los agregados livianos para la elaboración de unidades de mampostería de concreto. Esta norma cubre tres tipos generales de agregados livianos

- Agregados producidos por la expansión tales como escorias de alto horno, arcilla, diatomáceas, ceniza volante, pizarra o esquistos.
- Agregados producidos por el procesamiento de materiales naturales, tales como piedra pómez, escoria volcánica, o tufa volcánica.
- Agregados compuestos por residuos de la combustión de carbón o de coque.

Estos agregados deben estar compuestos predominantemente de material inorgánico, celular, liviano y granular.

6.1. Composición química de agregados livianos

Los agregados livianos no deben contener cantidades excesivas de substancia perjudiciales, tal y como lo determinan los siguientes límites.

6.1.1. Impurezas orgánicas (ASTM C-40)

Se deben rechazar los agregados livianos que, al ser sometidos al ensayo de impurezas orgánicas, según este método de ensayo, produzcan un color más oscuro que el patrón, a no ser que se demuestre que la decoloración se deba a pequeñas cantidades de materiales que no sean perjudiciales para el concreto.

6.1.2. Oxidación (Método de ensayo ASTM C-641)

Los agregados livianos que, una vez sometidos al ensayo para los materiales que produzcan oxidación, sean clasificados como oxidación intensa o con un valor superior mediante el método de evaluación visual, se deben ensayar mediante el método químico, y los agregados que contengan 1,5 mg o más , de óxido férrico (Fe_2O_3), se deben rechaza como material para unidades de mampostería

6.1.3. Pérdida por ignición (ASTM C- 114)

La pérdida por ignición de los agregados consiste en residuos de combustión de carbón o coque, no debe exceder el 12%. La perdida por ignición de los otros tipos de agregado no debe exceder el 5%.

6.2. Propiedades físicas

El agregado liviano bajo ensayo debe cumplir con los requisitos de granulometría.

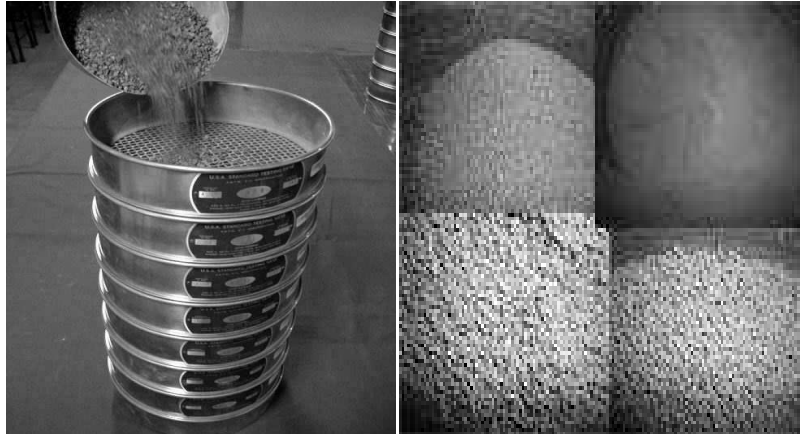
6.2.1. Granulometría

Se define como granulometría a la distribución por tamaños de las partículas del agregado. Ello se logra separando el material por procedimiento mecánico (ver figura 20) en la práctica no existe ningún método que permita llegar a una granulometría ideal, aplicable en todos los casos a todos los agregados; sin embargo, se han desarrollado especificaciones de granulometría las cuales, en promedio permitirán obtener concretos de propiedades satisfactorias a partir de materiales disponibles en una área determinada. La tabla VII muestra los requerimientos que debe cumplir la granulometría de los agregados livianos.

6.2.1.1. Curva granulométrica

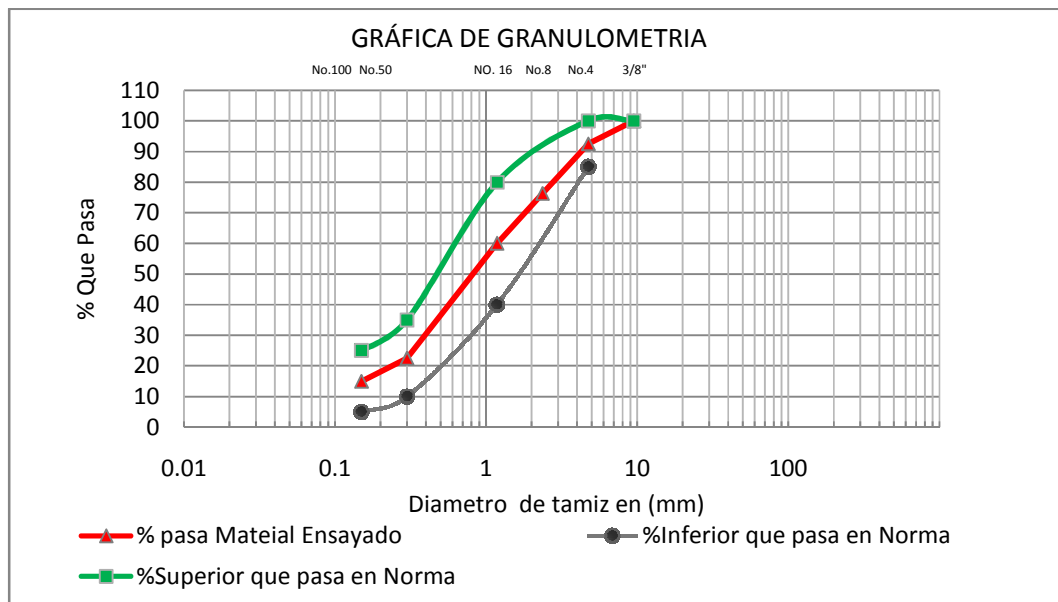
La curva granulométrica es una excelente ayuda para mostrar la granulometría de los agregados individuales y combinados. El ploteo logarítmico es conveniente dado que, en una serie de tamices con aberturas con una relación constante, especificados en la norma ASTM C 331-89, los puntos que representan los resultados del análisis al ser unidos forman la curva granulométrica del agregado (ver figura 21).

Figura 20. Granulometría por tamizado



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 21. Gráfica de granulometría



Fuente: elaboración propia.

6.2.1.2. Resultado del ensayo granulométrico

Con el fin de asegurar una uniformidad razonable de la granulometría de envíos sucesivos de agregado liviano, se debe determinar el módulo de finura de muestras tomadas de los envíos, a intervalos estipulados por el comprador. Sí el módulo de finura de los agregados, en cualquiera de los envíos, define en más de 7% de la muestra remitida para los ensayos de aceptación, se debe rechazar los agregados de dicho envío, a menos que se demuestre que con ellos se puede producir concreto con la características requeridas.

6.2.1.3. Masa unitaria suelta

La masa unitaria suelta de los agregados livianos debe cumplir los requisitos de la tabla VII.

Tabla VI. **Requisitos para el peso unitario suelto de los agregados livianos, para unidades de mampostería de concreto**

Denominación del tamaño	Peso unitario suelto seco, máximo (Kg/m ³)
Agregado fino	1 120
Agregado grueso	880
Agregado fino y grueso combinados	1 040

Fuente: Norma ASTM (C-331), p 7.

Tabla VII. Granulometría para los agregados livianos para unidades de mampostería de concreto

Denominación del tamaño	Porcentaje (en masa) que pasa el tamiz de abertura cuadrada correspondiente										
	(1 pulg) 25,00 mm	(3/4 pulgada) 19,00mm	(1/2 pulgada) 12,5 mm	(3/8 pulgada) 9,5 mm	(No.4) 4,75 mm	(No.8) 2,36 mm	(No. 16) 1,18 mm	(No. 50) 300µm	(No.100) 150µm		
Agregado fino					85 a 100						
4,75 mm a 0				100			40 a 80	10 a 35	5 a 25		
Agregado grueso	95 a 100										
25 mm a 4,75 mm		90 a 100			0 a 10						
19 mm a 4,75 mm				10 a 50	0 a 15						
12,5 mm a 4,75 mm			90 a 100	40 a 80	0 a 20	0 a 10					
9,5 mm a 2,36 mm			100	80 a 100	5 a 40	0 a 20	0 a 10				
Agregado fino y grueso combinados											
15,5 mm a 0		100	95 a 100		50 a 80			5 a 20	2 a 15		
9,5 mm a 0			100	90 a 100	65 a 90	35 a 65		10 a 25	5 a 15		

Fuente: Norma ASTM (C-331). p 3.

7. ENSAYOS DE BLOCKS DE CONCRETO

Se recomienda realizar ensayos a los blocks, ya que los resultados obtenidos en éstos, ayudarán a llevar un mejor control de los mismos.

7.1. Geometría

Las características geométricas del block están dadas por sus dimensiones reales, que corresponden a la unidad prototipo. Se denomina dimensión nominal a la dimensión real más una junta de albañilería.

7.1.1. Equipo

Utilizar una regla o cinta métrica graduada en milímetros y un calibrador graduado cada 0,25 mm.

7.1.2. Procedimiento

Los blocks se colocan en una mesa de trabajo en la que serán verificados y a cada uno de ellos se les toman las medidas como se indica a continuación.

Con la regla o cinta métrica se realiza la medición, admitiendo una variación máxima en medidas principales no mayores de ± 3 mm con respecto a las medidas reales especificadas (ver tabla IV).

- Ancho: Se mide la distancia exterior entre las dos caras principales del blocks a la mitad del largo del blocks, en las superficies del fondo y la parte superior del block (ver figura 38).

$$W_p = \frac{\sum a}{4}$$

Donde:

W_p = Ancho promedio en cm

a = Anchos en cm

- Alto: Se mide el fondo a la parte superior del blocks a la mitad del largo, en cada cara principal del blocks.

$$H_p = \frac{\sum h}{4}$$

Donde:

H_p = Altura promedio en cm

h = Alturas en cm

- Longitud: Se mide a la mitad de la altura, en cada cara principal del block (ver figura 37).

$$L_o = \frac{\sum l}{4}$$

Donde:

L_o = Longitud promedio en cm

l = Longitudes en cm

7.2. Volumen neto

$$V_n = \left(\frac{M_1}{D}\right) * 10^6 = (M_2 - M_3 * 100)$$

Donde:

V_n = Volumen neto del block en cm^3

M_1 = Masa seca al horno del block en Kg.

M_2 = Masa saturada de superficie seca del block en Kg.

M_3 = Masa suspendida sumergida del block en kg.

D = Densidad aparente en kg/cm^3 .

7.3. Volumen bruto

$$V_b = L * H * W$$

Donde:

V_b = Volumen bruto del block en cm^3 .

L = Largo promedio en cm.

W = Ancho promedio en cm.

H = Altura promedio del block en cm.

7.4. Área bruta

$$A_b = L * W$$

Donde:

A_b = Área bruta en cm^2

L = Largo promedio en cm

W_p = Ancho promedio en cm

7.5. Área neta

$$A_n = \frac{V_n}{H}$$

$$A_n = A_b \left(\frac{V_n}{V_b} \right)$$

Donde:

V_b = Volumen bruto del block en cm³.

V_n = Volumen neto del block en cm³.

A_b = Área bruta promedio del block en cm².

A_n = Área neta promedio del block en cm².

H = Altura promedio del block en cm.

7.6. Alabeo

Es un defecto que tiene el block de presentar una deformación superficial en sus caras; la mayor variación de dimensiones y el mayor alabeo de las unidades, conducen a un mayor grosor de las juntas de morteros (por encima del valor nominal de 10 mm), lo que trae por consecuencia, una reducción significativa de la resistencia a la compresión, y a fuerza cortante en la albañilería; el alabeo se presenta como concavidad o convexidad.

7.6.1. Procedimiento

Para medir la concavidad, se coloca el borde recto de la regla longitudinalmente, y se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima: Para la medición de la convexidad se apoya el blocks sobre una superficie plana, se introduce en cada vértice opuestos diagonalmente en dos aristas, buscando el punto para la cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida.

7.7. Absorción de agua en porcentaje de masa

Es la propiedad del material de atrapar agua, (ver tabla I).

7.7.1. Equipo y maquinaria

Balanza con una sensibilidad dentro del 0,5% de la masa del menor espécimen ensayado, horno de secado ventilado y regulado entre 100 y 115 °C.

7.7.2. Procedimiento

Se sumergen los blocks en agua a una temperatura de 16 a 27 °C por un período de 24 a 48 horas. Determinar la masa de los blocks, mientras están suspendidos por un alambre metálico y completamente sumergido en agua registrar la masa suspendida (M_3) en Kg. Remover el agua de los blocks, dejarlos drenar por 60 ± 5 segundos, sobre una malla de (9,5 mm) ó mayor, y remover el agua superficial visible, con un paño húmedo. Luego se determina la masa en Kg, y se registra como masa saturada de superficie seca (M_2) (COGUANOR NTG 41054).

Después de la saturación, se secan todos los blocks en un horno de secado ventilado regulado entre 100 y 115° C, por lo menos 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de dos horas indique una pérdida de peso no mayor del 0,2 % del peso inmediato anterior del espécimen. Se registra la masa de los blocks secos al horno como (M_1):

$$\%a = \frac{M_2 - M_1}{M_1} * 100$$

Donde:

$\%a$ = Porcentaje de absorción en %

M_1 = Masa seca al horno del blocks en Kg.

M_2 = Masa saturada de superficie seca del blocks en kg.

7.8. Absorción de agua en masa por unidad de volumen

$$\text{Absorción (Kg/m}^3\text{)} = \frac{M_2 - M_1}{M_2 - M_3} * 1\ 000 \text{ kg/m}^3$$

Donde:

M_1 = Masa seca al horno del block en Kg.

M_2 = Masa saturada de superficie seca del block en Kg.

M_3 = Masa suspendida sumergida del block en Kg.

1 000 = Densidad del agua a 4° C en Kg/m³.

7.9. Densidad

La densidad aparente del block se expresa en gramo por centímetro cubico y se calcula aplicando la formula siguiente:

$$\rho = \frac{M_1}{M_2 - M_3} * 1\ 000 \text{ Kg/m}^3$$

Donde:

M_1 = Masa seca al horno del block en Kg.

M_2 = Masa saturada de superficie seca del block en Kg.

M_3 = Masa suspendida sumergida del block en Kg.

7.10. Resistencia a compresión

La resistencia a la compresión axial se determina mediante la aplicación de una fuerza de compresión sobre la unidad en la misma dirección en que trabaja en el muro. Durante el ensayo, debe tomarse como precaución el engrasa de la cara en contacto con la cabeza de la prensa de compresión, para garantizar una distribución uniforme de la fuerza.

Figura 22. **Aplicación de fuerza axial sobre una unidad de mamposte**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Como lo indica la Norma COGUANOR NTG-41054 el muestreo para determinar ó validar la resistencia a compresión, la medida de las dimensiones y la absorción de un blocks de concreto y su densidad, se debe realizar de acuerdo a los criterios establecidos por el tamaño del lote fabricado, mostrado en la tabla No. VIII.

Tabla VIII. **Unidades a ensayar según tamaño de lote fabricado**

Cantidades fabricadas	Muestra mínima (ensayo a compresión y dimensiones)	Muestra Mínima (ensayo de absorción y densidad)
0-10,0000	5	3
10,001-100,000	10	6
>100,000	5 unidades por cada 50,000 (fabricadas)	3 unidades por cada 50,000 (fabricadas)

Fuente: Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 41054. 10p.

7.10.1. Maquinaria y equipo

Crayón, cinta métrica graduada en milímetros, horno a temperatura uniforme de 230 ± 9 °F (110 ± 5 °C), balanza con capacidad de 50 Kg y aproximación de $\pm 0,5$ gramos, olla para diluir azufre de 7 litros de capacidad, molde para nivelación de blocks, azufre en polvo, máquina con sistema para compresión de blocks de concreto.

7.10.2. Procedimiento

- Identificar cada block con una letra o número correlativo, con crayón medir la longitud de cada una de las dos caras, tomando las medidas al centro,

con aproximación de 1 mm. Medir la altura de cada una de las dos caras, tomando las medidas al centro desde el fondo hasta la parte superior del blocks, con aproximación de 1mm.

- Medir el ancho, que es la distancia exterior entre las dos caras del block a la mitad del largo o a la mitad del alto. Tomando las medidas al centro con aproximación de 1 mm.
- Tomar la masa natural de cada block (m.)
- Sí las superficies del blocks se encuentran desniveladas, nivelar con yeso o azufre las dos superficies del blocks, que soportarán la compresión, esperar como mínimo 2 horas hasta que se enfríe el azufre, antes de realizar el ensayo.
- Colocar el blocks nivelado en el centro del sistema de la máquina, donde se le aplicará la carga hasta la mitad de la máxima carga esperada, a una velocidad conveniente; aplicándole la carga restante a una velocidad uniforme no menos de 1 minutos y sin exceder 2 minutos hasta la carga.

7.10.3. Cálculos

$$\sigma_{com} = \frac{P_{com}}{A//} * 0,0980665$$

Donde:

σ_{com} = Esfuerzo de compresión en MPa

P_{com} = Carga a compresión en kg

$A//$ = Área bruta paralela en cm^2

0,0980665 = Factor de conversión de kg/cm² a MPa

7.11. Resistencia a compresión con base al área neta

$$R_n = R_b * \frac{A_b}{A_n}$$

Donde:

R_n = Resistencia a la compresión en base al área neta, en mega pascales.

R_b = Resistencia a la compresión en base al área total o bruta, en mega pascales.

A_b = Área bruta paralela, en centímetros cuadrados.

A_n = Área neta, en centímetros cuadrados.

8. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para el desarrollo experimental se obtuvieron blocks y agregados de tres empresas artesanales, ubicadas en la carretera de Guatemala a Chimaltenango, entre los kilómetros 25 y 50. Para poder llevar a cabo los ensayos de materiales utilizados, así mismo realizar los ensayos de los blocks que éstas producen, utilizando los requerimientos de la guía presente. Los análisis y ensayos se llevaron a cabo en la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el objeto de determinar las características de block de concreto artesanales encontrados en el medio guatemalteco, y así poder determinar el uso adecuado de los mismos en mampostería.

8.1 Ensayo de agregados

El tipo de ensayo utilizado para cada empresa fue el de análisis granulométrico, con tamices y con lavado previo, bajo la norma ASTM C-331 basado en la tabla VII, realizado en la Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería sección de Mecánica de Suelos.

Tabla IX. **Resultado de análisis granulométrico de arena limosa café con presencia de pómez, empresa 1**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
MUESTRA TOTAL			
Peso Bruto Seco	<u>825,11</u>	gr.	O.T.
Tara	<u>323,89</u>	gr.	
Peso neto Seco	<u>501,22</u>	gr.	

Tamiz	Abertura (mm)	peso neto	Porcentaje
2"	50,80	377,68	100,00
3/4"	19,00	372,32	98,93
#4	4,75	314,44	87,38
#10	2,00	269,37	78,39
#40	0,43	163,57	57,28
#200	0,08	123,54	24,65

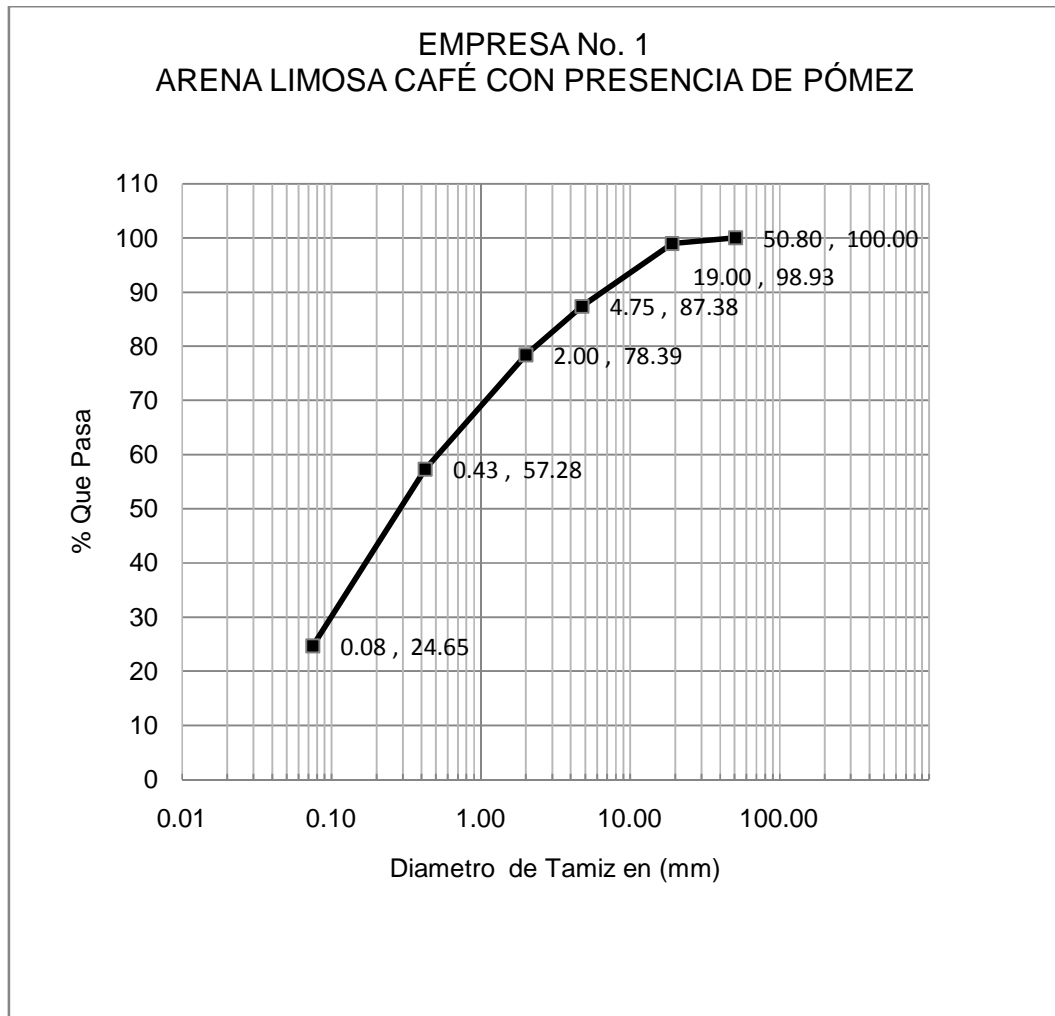
Grava <u>12,62</u> %	D ₁₀ <u>0,00</u> mm.
Arena <u>62,73</u> %	D ₃₀ <u>0,13</u> mm.
Finos <u>24,65</u> %	D ₆₀ <u>0,63</u> mm.

	Cu= (D ₆₀ /D ₁₀) 0,00
	Cc=(D ₃₀) ² /(D ₁₀ *D ₆₀) 0,00

CLASIFICACIÓN	
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arena limosa café con presencia de pómez
SISTEMA UNIFICADO SCU:	<u>SM</u>
SISTEMA P.R.A.:	<u>A-2-4</u>

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

Figura 23. **Gráfica distribución granulométrica, arena limosa café con presencia de pómez, empresa 1**



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

Tabla X. **Resultados de análisis granulométrico de arena pómez color gris, empresa 1**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
MUESTRA TOTAL			
Peso Bruto Seco	<u>727,19</u>	gr.	O.T.
Tara	<u>324,30</u>	gr.	
Peso neto Seco	<u>402,89</u>	gr.	

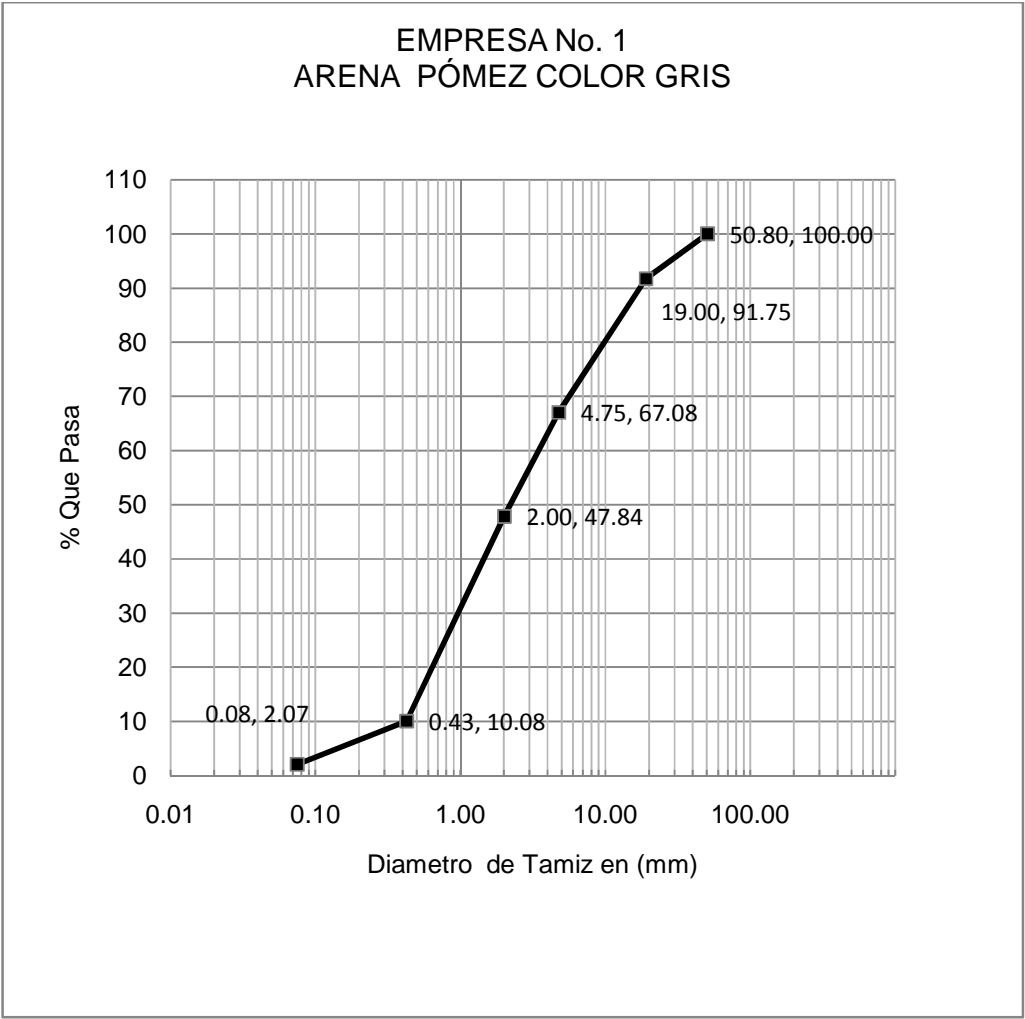
Tamiz	Abertura mm	peso neto	Porcentaje
2"	50,80	394,55	100,00
3/4"	19,00	361,32	91,75
#4	4,75	261,90	67,08
#10	2,00	184,39	47,84
#40	0,43	32,27	10,08
#200	0,08	8,34	2,07

Grava	<u>32,93</u>	%	D ₁₀	<u>0,42</u>	mm.
Arena	<u>64,99</u>	%	D ₃₀	<u>1,26</u>	mm.
Finos	<u>2,09</u>	%	D ₆₀	<u>3,74</u>	mm.
			Cu = (D ₆₀ /D ₁₀)		8,87
			Cc = (D ₃₀) ² / (D ₁₀ * D ₆₀)		1,00

CLASIFICACIÓN	
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arena Pómez color gris
SISTEMA UNIFICADO	
SCU:	<u>SP</u>
SISTEMA P.R.A.:	<u>A-1-a</u>

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

Figura 24. **Gráfica distribución granulométrica, arena pómez color gris, empresa 1**



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

Tabla XI. **Datos de granulometría de arena limosa café con presencia de pómez, empresa 1**

DATOS DE GRANULOMETRÍA EMPRESA 1 (Arena limosa café con presencia de pómez)							
Tamices	Tamiz(mm)	%Inferior que pasa en norma	%Superior que pasa en norma	Peso Retenido	% retenido	% Ret. Acum	% que pasa
3./8	9,50		100	19,36	3,87	3,87	96,13
No.4	4,75	85	100	30,80	6,16	10,03	89,97
No.8	2,36			38,76	7,75	17,78	82,22
No.16	1,18	40	80	49,50	9,90	27,68	72,32
No.50	0,30	10	35	166,40	33,28	60,97	39,03
No.100	0,15	5	25	168,30	33,66	94,63	5,37
Fondo				26,87	5,37	100,00	0,00
				499,99	100,00		
MODULO DE FINURA =		3,85		Total=		385,04	

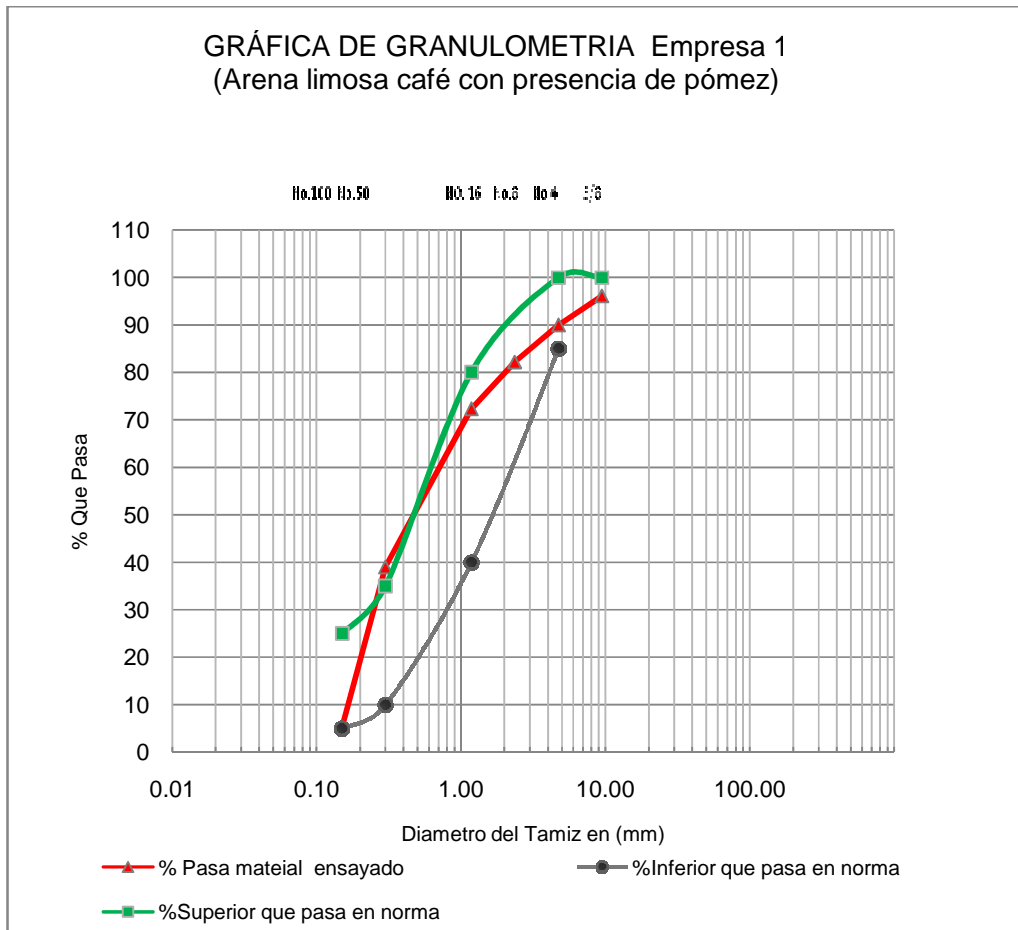
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Tabla XII. **Datos de granulometría de arena pómez color gris, empresa 1**

DATOS DE GRANULOMETRÍA EMPRESA 1 (Arena pómez color gris)							
Tamices	Tamiz(mm)	%Inferior que pasa en Norma	%Superior que pasa en Norma	Peso Retenido	% retenido	% Ret. Acum	% que pasa
3./8	9,50		100	26,58	5,31	5,31	94,69
No.4	4,75	85	100	60,19	12,03	17,35	82,65
No.8	2,36			81,46	16,29	33,64	66,36
No.16	1,18	40	80	106,99	21,39	55,03	44,97
No.50	0,30	10	35	135,24	27,04	82,07	17,93
No.100	0,15	5	25	8,65	1,73	83,80	16,20
Fondo				81,05	16,20	100,00	0,00
				500,16	100,00		
MODULO DE FINURA =		3,23		Total=		322,81	

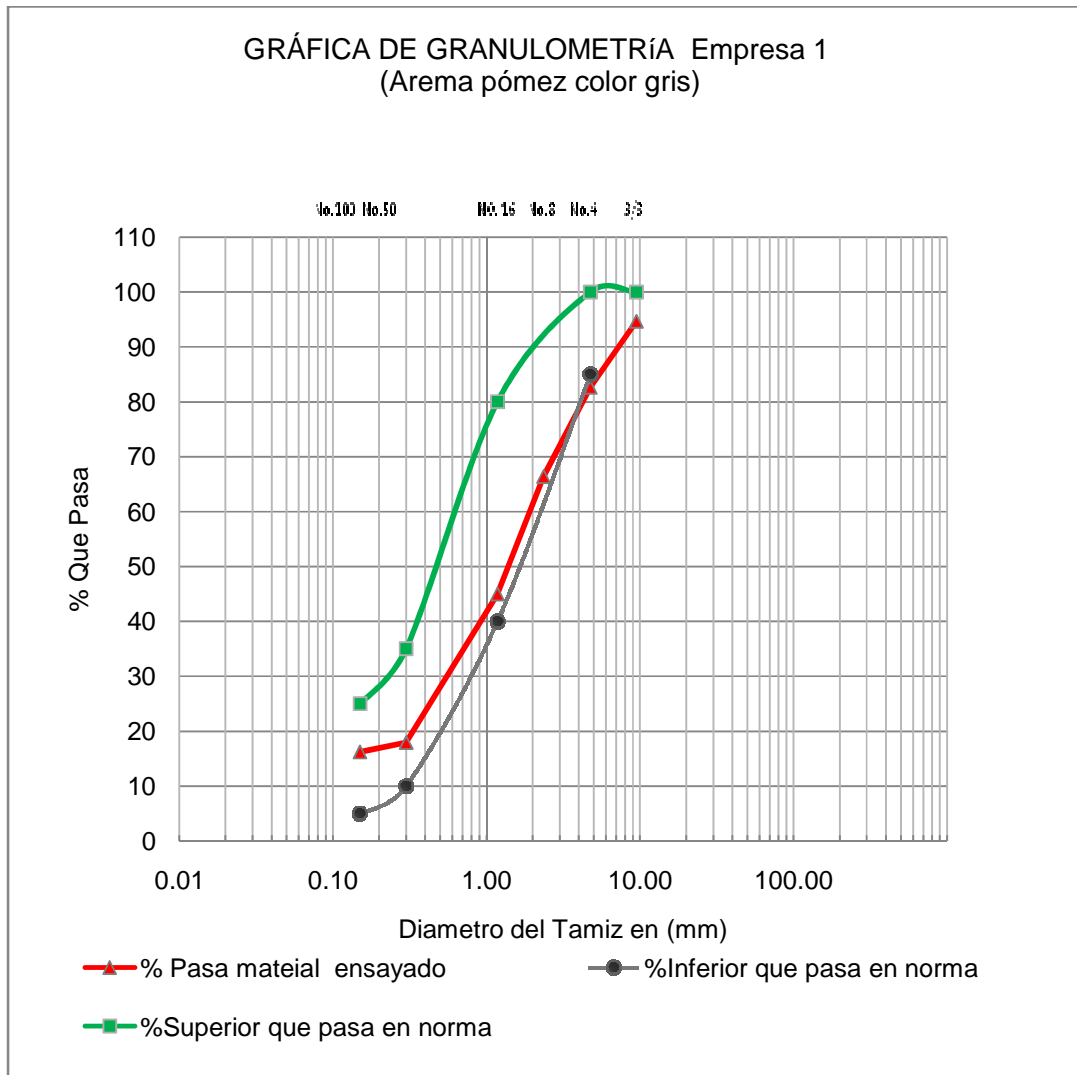
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Figura 25. **Gráfica de granulometría de arena limosa café con presencia de pómez, empresa 1**



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

Figura 26. Gráfica de granulometría de arena pómez, empresa 1



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

Tabla XIII. **Resultados de análisis granulométrico de fragmentos de piedra pómez y arena color beige, empresa 2**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
MUESTRA TOTAL			
Peso Bruto Seco	<u>773,80</u>	gr.	O.T.
Tara	<u>317,11</u>	gr.	<u>29 145</u>
Peso neto Seco	<u>456,69</u>	gr.	

Tamiz	Abertura mm	peso neto	Porcentaje
2"	50,80		100,00
3/4"	19,00	432,58	100,00
#4	4,75	383,81	89,32
#10	2,00	284,54	67,58
#40	0,43	66,75	19,89
#200	0,07	24,11	5,28

Grava	<u>10,61</u> %	
Arena	<u>84,11</u> %	D10 <u>0,19</u> mm.
Finos	<u>5,28</u> %	D30 <u>0,76</u> mm.
		D60 <u>1,39</u> mm.

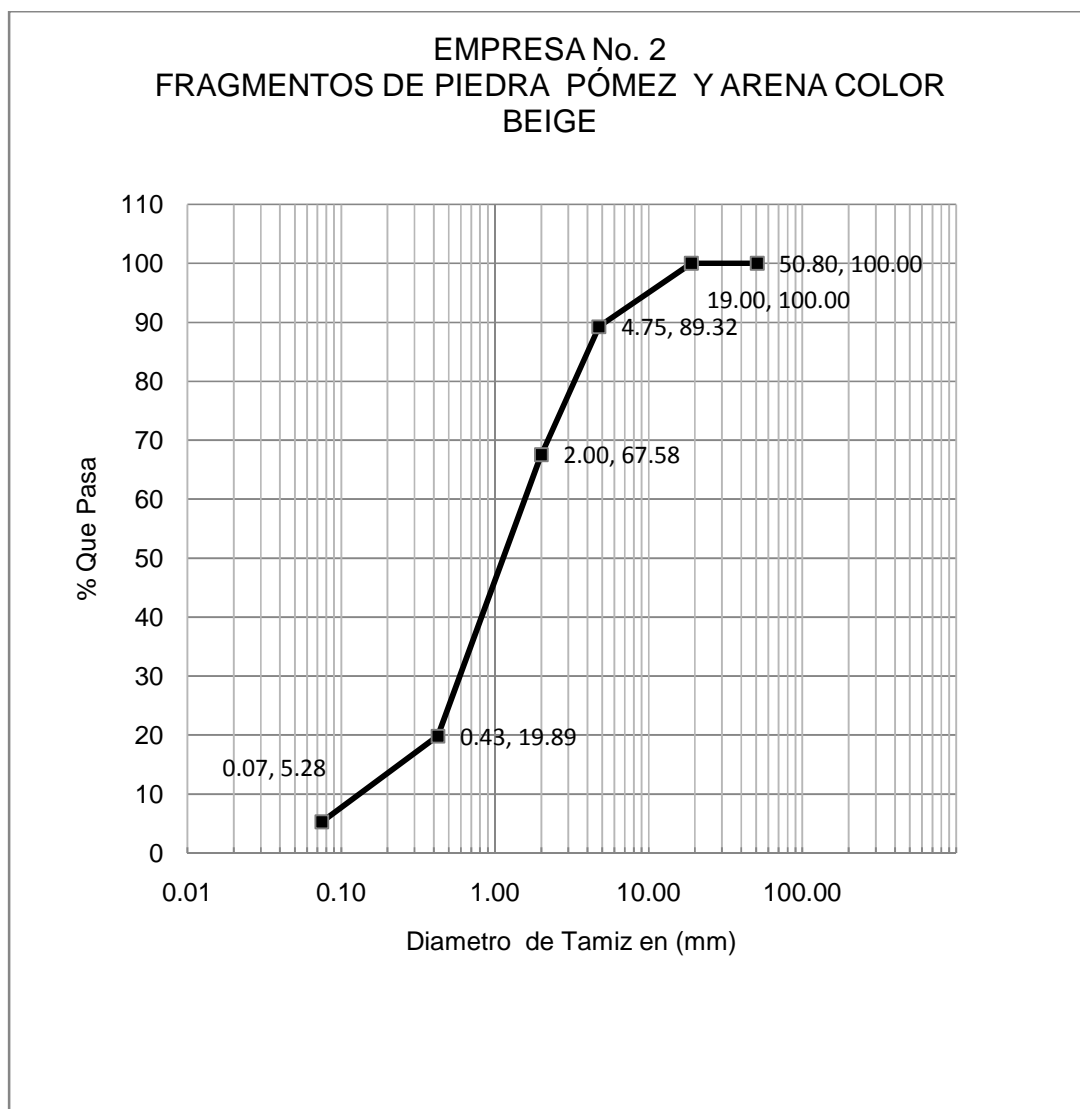
	Cu= (D60/D10)	7,39
	Cc=(D30) ² /(D10*D60)	2,21

CLASIFICACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Fragmentos de piedra pómez y arena color beige
SISTEMA UNIFICADO SCU:	<u>SP</u>
SISTEMA P.R.A.:	<u>A-1-a</u>

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

Figura 27. Gráfica de distribución granulométrica, fragmentos de piedra pómez y arena color beige, empresa 2



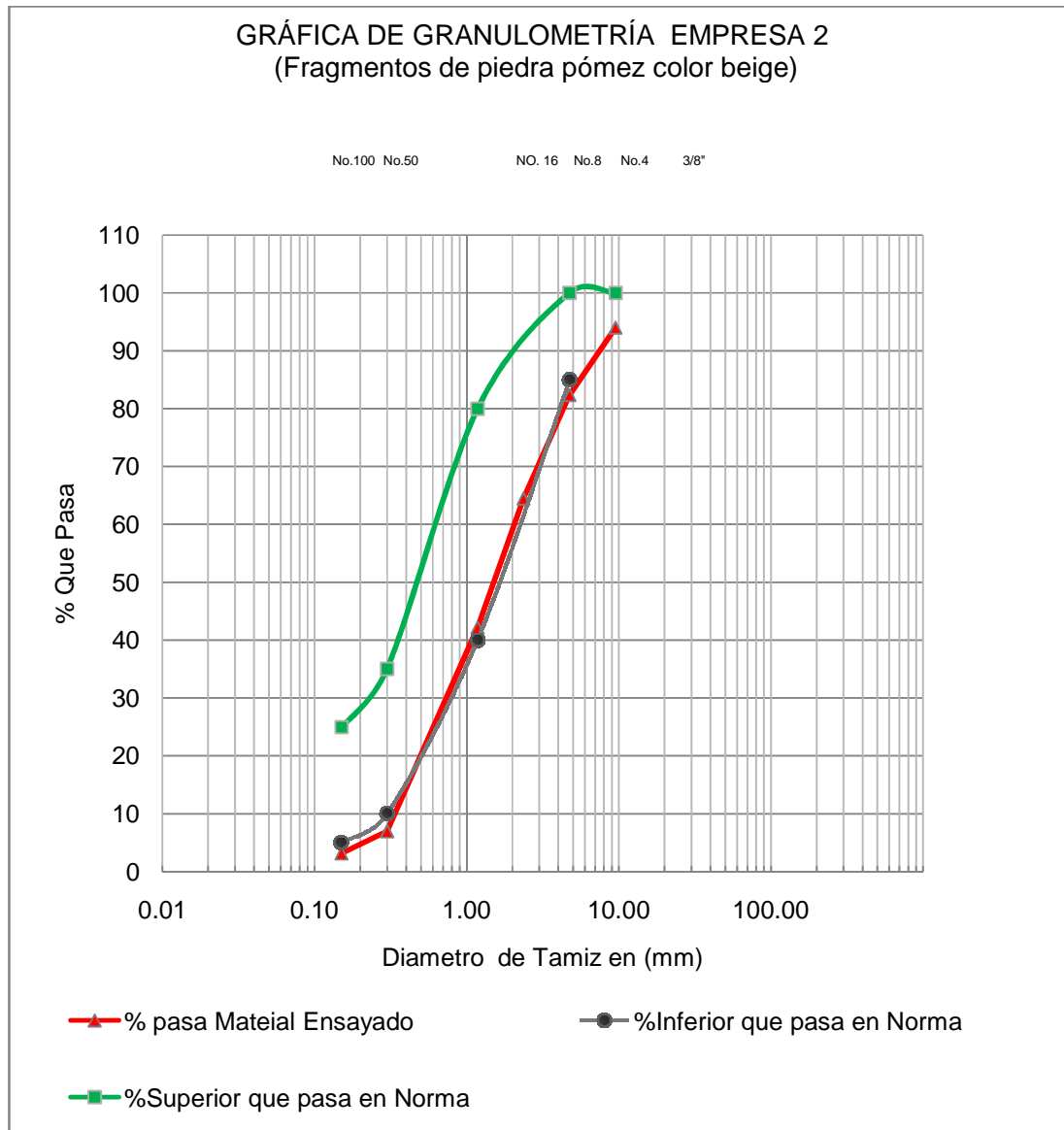
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Tabla XIV. **Datos de granulometría de fragmento de piedra pómez y arena color beige, empresa 2**

DATOS DE GRANULOMETRÍA EMPRESA 2 (Fragmentos de piedra pómez y arena color beige)							
Tamices	Tamiz(mm)	%Inferior que pasa en Norma	%Superior que pasa en Norma	Peso Retenido	% retenido	% Ret. Acum	% que pasa
3./8	9,50		100	29,80	5,97	5,97	94,03
No.4	4,75	85	100	58,20	11,66	17,63	82,37
No.8	2,36			89,30	17,89	35,52	64,48
No.16	1,18	40	80	111,50	22,34	57,85	42,15
No.50	0,30	10	35	175,80	35,22	93,07	6,93
No.100	0,15	5	25	19,00	3,81	96,88	3,13
Fondo				15,60	3,13	100,00	0,00
				499,20	100,00		
MODULO DE FINURA =			2,93	Total=		293,09	

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

Figura 28. Gráfica de granulometría, empresa 2



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

Tabla XV. **Resultado de análisis granulométrico de arena pómez limosa color gris, empresa 3**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
MUESTRA TOTAL			
Peso Bruto Seco		<u>1249,24</u> gr.	O.T.
Tara		<u>376,00</u> gr.	29 14
Peso neto Seco		<u>873,24</u> gr.	

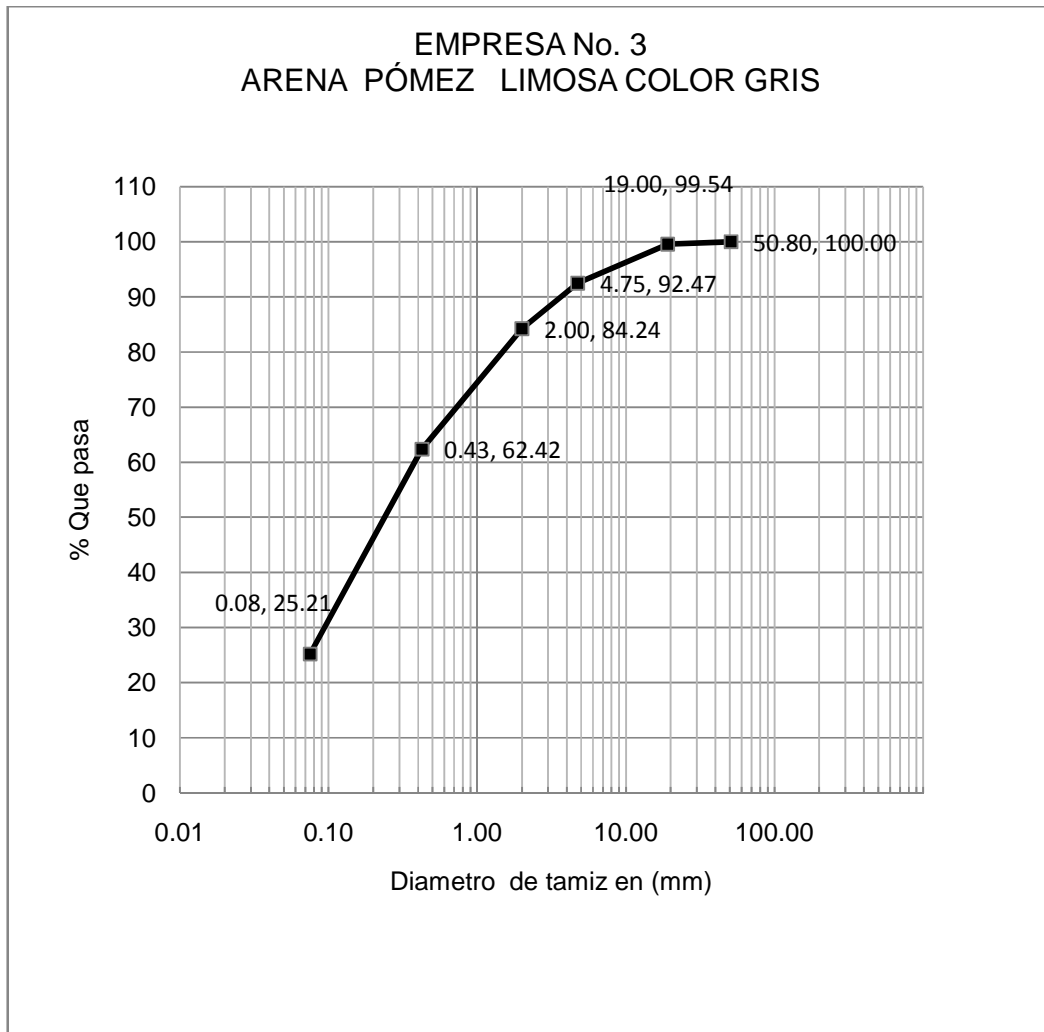
Tamiz	Abertura mm	peso neto	Porcentaje
2"	50,80	653,08	100,00
3/4"	19,00	649,08	99,54
#4	4,75	587,35	92,47
#10	2,00	515,49	84,24
#40	0,43	324,88	62,42
#200	0,08	220,16	25,21

Grava	<u>7,53</u> %	D10	<u>0,00</u> mm.
Arena	<u>67,25</u> %	D30	<u>0,12</u> mm.
Finos	<u>25,20</u> %	D60	<u>0,40</u> mm.
		Cu= (D60/D10)	0,00
		Cc=	0,00

CLASIFICACIÓN	
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arena pómez limosa color gris
SISTEMA UNIFICADO SCU:	<u>SM</u>
SISTEMA P.R.A.:	<u>A-2-4</u>

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

Figura 29. **Gráfica distribución granulométrica, arena pómez limosa color gris, empresa 3**



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

Tabla XVI. **Resultado de análisis granulométrico de arena pómez color gris, empresa 3**

MUESTRA TOTAL			
Peso Bruto Seco	<u>744,25</u>	gr.	
Tara	<u>318,39</u>	gr.	O.T. 29 145
Peso neto Seco	<u>425,86</u>	gr.	

Tamiz	Abertura mm	peso neto	Porcentaje
		405,59	100,00
3/4"	19,00	401,82	99,11
#4	4,76	355,00	88,12
#10	2,00	263,52	66,64
#40	0,42	67,61	20,64
#200	0,07	20,27	4,76

Grava	<u>11,88</u>	%	D10	<u>0,19</u> mm.
Arena	<u>83,36</u>	%	D30	<u>0,74</u> mm.
Finos	<u>4,76</u>	%	D60	<u>1,77</u> mm.

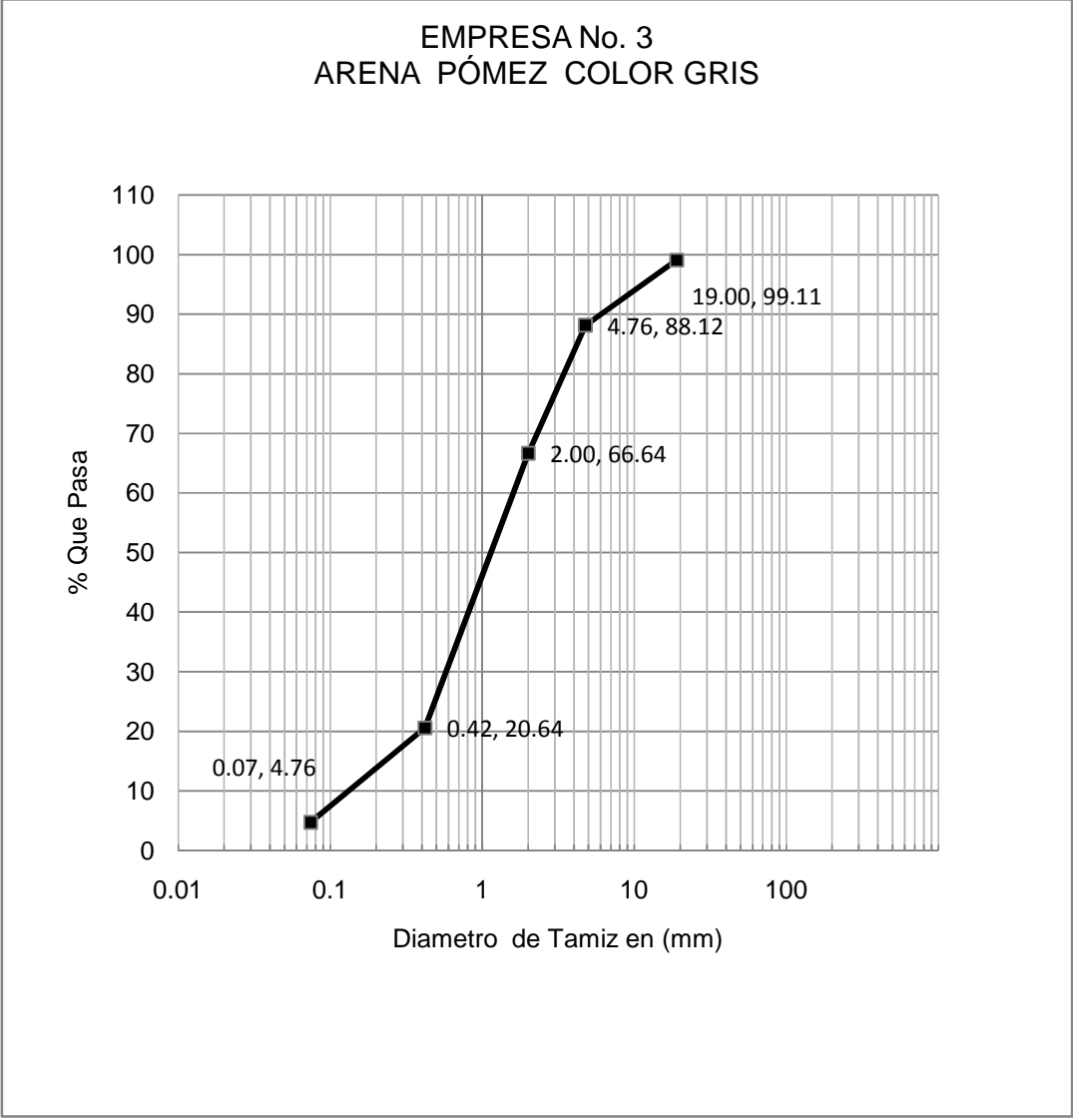
	Cu= (D60/D10)	9.42
	Cc=(D30) ² /(D10*D60)	1.65

CLASIFICACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arena pómez color gris
SISTEMA UNIFICADO SCU:	<u>SP</u>
SISTEMA P.R.A.:	<u>A-1-b</u>

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

Figura 30. Gráfica de granulometría, arena pómez color gris, empresa 3



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

Tabla XVII. **Datos de granulometría de arena limosa color gris, empresa**

3

DATOS DE GRANULOMETRÍA EMPRESA 3 (Arena pómez limosa color gris)							
Tamices	Tamiz(mm)	%Inferior que pasa en Norma	%Superior que pasa en Norma	Peso Retenido	% retenido	% Ret. Acum	% que pasa
3./8	9,50		100	19,20	3,84	3,84	96,16
No.4	4,75	85	100	22,90	4,58	8,42	91,58
No.8	2,36			29,10	5,82	14,25	85,75
No.16	1,18	40	80	39,50	7,90	22,15	77,85
No.50	0,30	10	35	119,10	23,83	45,98	54,02
No.100	0,15	5	25	81,70	16,35	62,32	37,68
Fondo				188,30	37,68	100,00	0,00
				499,80	100,00		
MODULO DE FINURA =			4,43	Total=			443,03

Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos

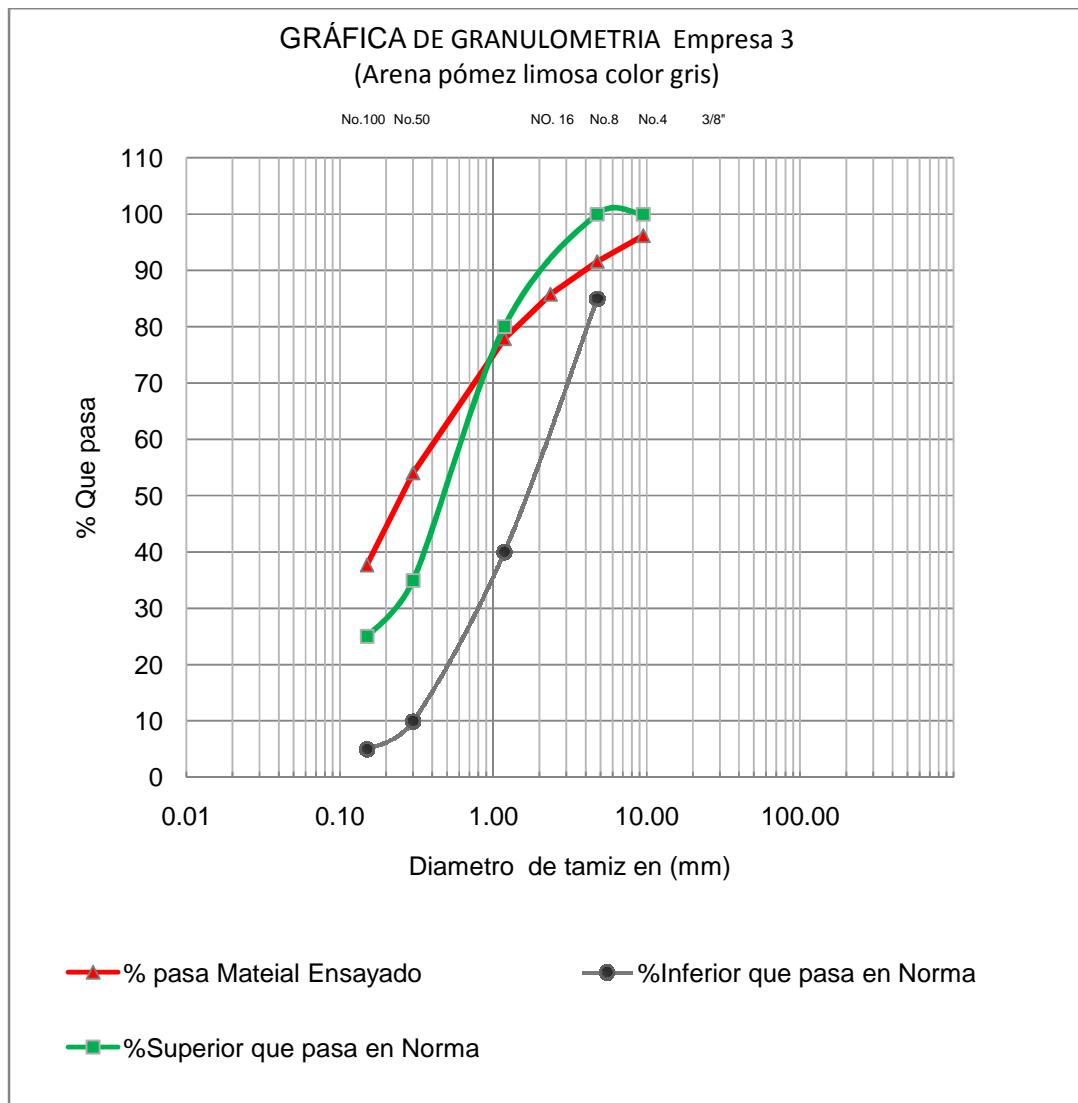
Tabla XVIII. **Datos de granulometría de arena pómez color gris, empresa**

3

DATOS DE GRANULOMETRÍA EMPRESA 3 (Arena pómez color gris)							
Tamices	Tamiz(mm)	%Inferior que pasa en Norma	%Superior que pasa en Norma	Peso Retenido	% retenido	% Ret. Acum	% que pasa
3./8	9,50		100	17,90	3,58	3,58	96,42
No.4	4,75	85	100	69,60	13,92	17,50	82,50
No.8	2,36			91,50	18,30	35,81	64,19
No.16	1,18	40	80	117,20	23,44	59,25	40,75
No.50	0,30	10	35	156,90	31,39	90,64	9,36
No.100	0,15	5	25	24,20	4,84	95,48	4,52
Fondo				22,60	4,52	100,00	0,00
				499,90	100,00		
MODULO DE FINURA =			2,98	Total=			297,74

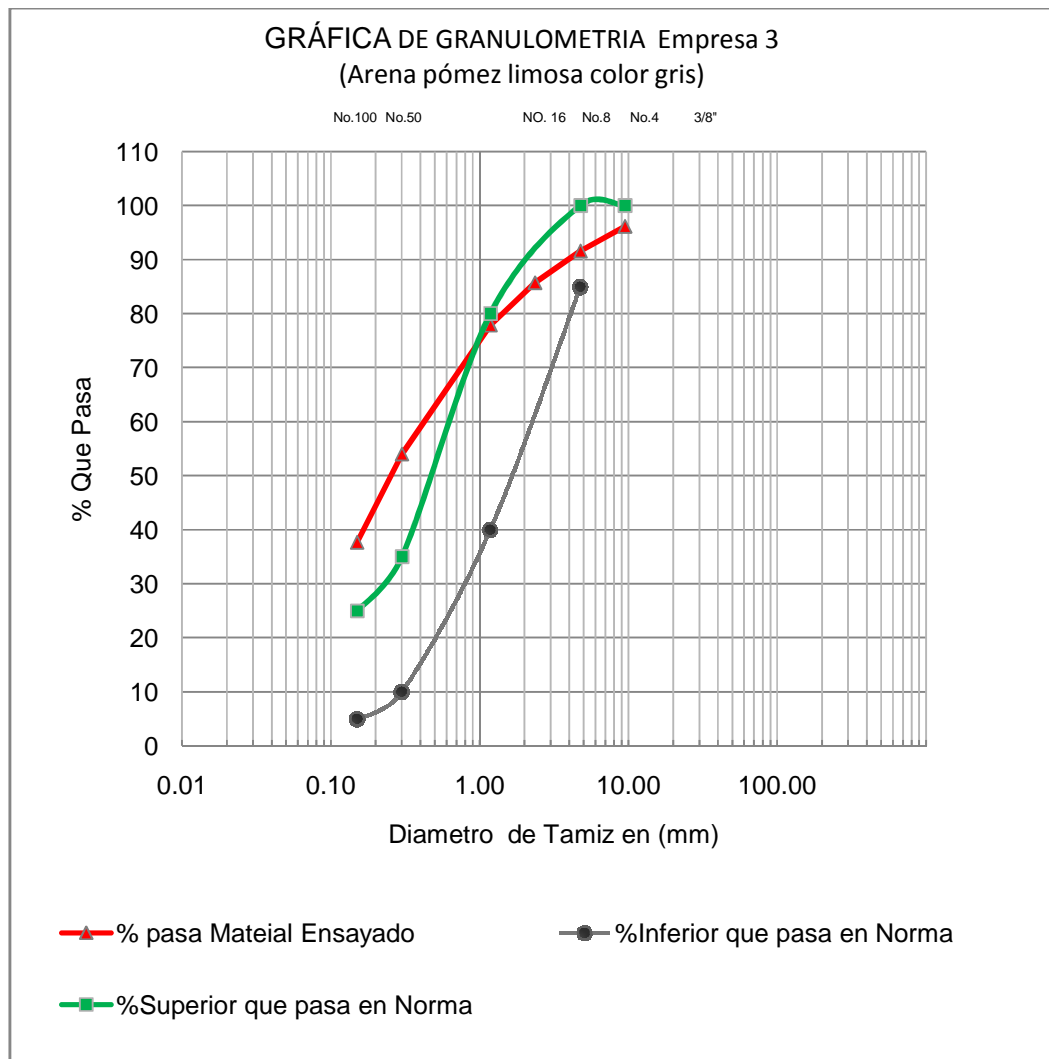
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Figura 31. **Gráfica de granulometría de arena pómez limosa color gris, empresa 3**



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

Figura 32. **Gráfica de granulometría de arena pómez color gris, empresa 3**



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

8.2. Ensayo de blocks

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

8.2.1. Marcado de blocks

Se nombraron a las tres empresas como empresa 1, 2 y 3. Y se procedió a marcar cada blocks con su respectiva clasificación, para poder llevar un control adecuado y ordenado del proceso.

Figura 33. **Marcado de blocks**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

8.2.2. Medidas principales de blocks

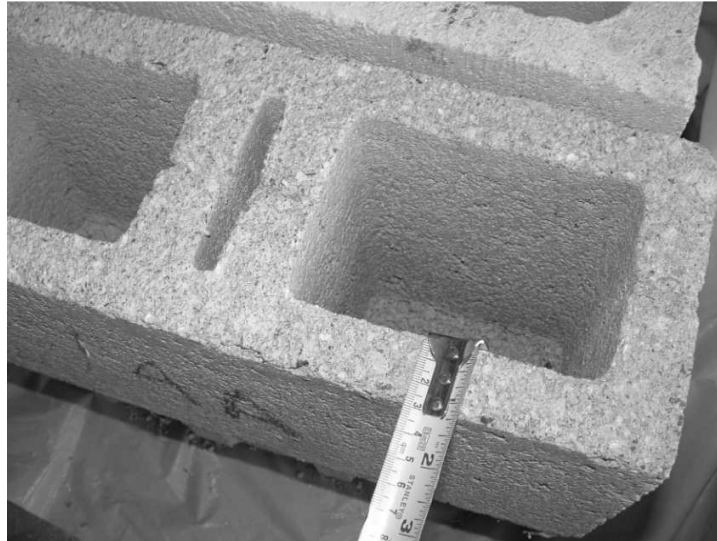
Se pesaron y midieron 10 blocks de cada una de las empresas tomando las medidas principales (largo, ancho y alto), así como los espesores de tabiques y paredes frontales como lo indica la figura 33 y 34. Sacando el promedio de cada empresa las cuales se registran en las tablas XIX, XX, XXI.

Figura 34. **Pesado de blocks**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 35. **Medición de tabiques del block**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 36. **Medición del alto del block**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 37. **Medición del largo del block**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 38. **Medición del ancho del block**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Tabla XIX. **Peso, medidas principales, espesor de paredes y tabiques, empresa 1**

EMPRESA N°.1												
ESPESOR DE PAREDES FRONTALES Y TABIQUES												
(mm)												
MEDIDAS PRINCIPALES (cms)												
No.	Peso (Kg)	H/Alto	e(Ancho)	L(Largo)	e	b	c	d	I	II	III	IV
1	10,9	19,9	14,9	40,1	36,0	35,0	35,0	35,0	33,0	3,3	3,3	32,0
2	11,4	19,8	15,0	40,2	35,0	35,0	35,0	35,0	33,0	3,4	3,4	32,0
3	11,0	19,9	14,9	40,1	35,0	35,0	35,0	34,0	33,0	3,3	3,3	32,0
4	11,8	20,1	15,1	40,2	35,0	37,0	36,0	32,0	35,0	3,5	3,5	32,0
5	12,0	20,0	15,1	40,1	37,0	38,0	38,0	34,0	34,0	3,4	3,4	33,0
6	11,9	19,8	15,0	40,2	35,0	35,0	35,0	45,0	33,0	3,4	3,4	32,0
7	11,8	19,8	15,0	40,1	35,0	35,0	35,0	34,0	33,0	3,3	3,3	33,0
8	11,2	19,8	15,1	40,2	35,0	37,0	35,0	32,0	35,0	3,5	3,5	32,0
9	10,4	20,0	14,9	40,2	35,0	37,0	35,0	25,0	31,0	3,2	3,2	32,0
10	10,8	20,0	15,0	40,0	35,0	35,0	35,0	34,0	33,0	3,3	3,3	32,0
Promedio	11,3	19,9	15,0	40,1	35,3	35,9	35,3	34,0	33,3	3,4	3,4	32,2

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

Tabla XX **Peso, medidas principales, espesor de paredes y tabiques, empresa 2**

EMPRESA No.2													
No.	Peso(Kg)	MEDIDAS PRINCIPALES (cms)				ESPESOR DE PAREDES FRONTALES Y TABIQUES (mm)							
		H(alto)	a(Ancho)	L(Largo)	a	b	c	d	I	II	III	IV	
1	9,4	20,1	15,1	40,0	29,0	32,0	31,0	32,0	29,0	28,0	30,0	29,0	30,0
2	9,4	19,8	15,0	40,0	30,0	32,0	32,0	32,0	28,0	28,0	30,0	29,0	30,0
3	9,2	19,8	14,9	40,0	30,0	32,0	30,0	30,0	29,0	29,0	38,0	28,0	30,0
4	9,2	19,8	15,1	39,9	29,0	32,0	32,0	32,0	29,0	29,0	29,0	28,0	30,0
5	9,9	20,0	15,0	39,9	29,0	32,0	32,0	32,0	29,0	29,0	30,0	28,0	30,0
6	9,0	20,1	14,9	40,0	31,0	33,0	30,0	30,0	29,0	28,0	29,0	29,0	30,0
7	9,8	19,8	15,0	40,0	31,0	31,0	30,0	30,0	28,0	28,0	28,0	28,0	30,0
8	9,8	19,6	15,0	40,0	32,0	33,0	30,0	30,0	29,0	29,0	29,0	29,0	30,0
9	10,0	19,4	15,0	39,9	30,0	34,0	30,0	30,0	29,0	29,0	29,0	27,0	28,0
10	9,6	19,9	15,0	40,0	31,0	32,0	30,0	30,0	29,0	28,0	28,0	26,0	30,0
Promedio	9,5	19,8	15,0	40,0	30,2	32,3	30,7	30,8	28,7	29,5	28,1	29,3	29,3

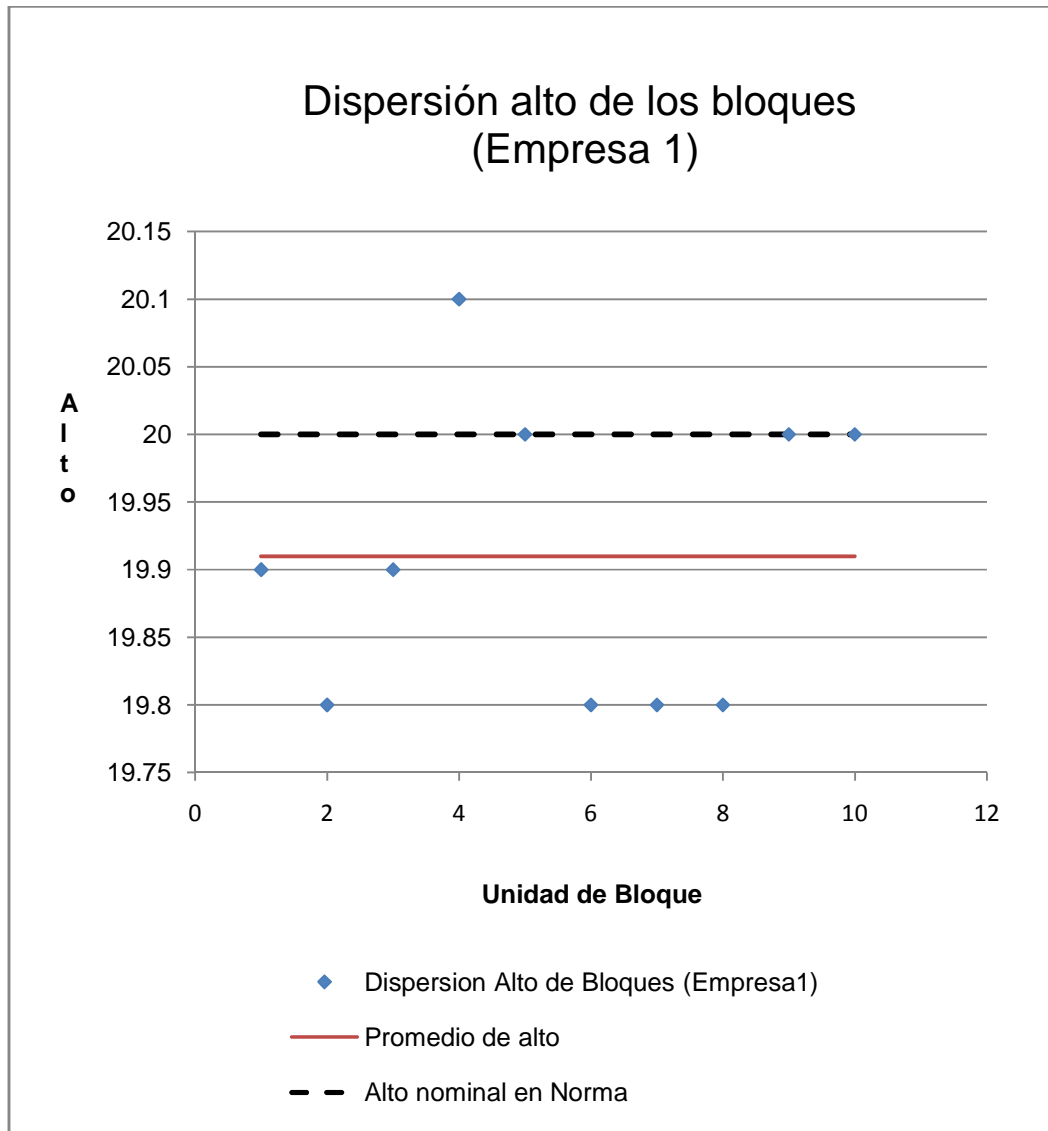
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Tabla XXI. **Peso, medidas principales, espesor de paredes y tabiques, empresa 3**

EMPRESA No.3													
No.	Peso(Kg)	MEDIDAS PRINCIPALES (cms)				ESPESOR DE PAREDES FRONTALES Y TABIQUES (mm)							
		H(Altca)	a(Ancho)	L(Largo)		a	b	c	d	I	II	III	IV
1	9,4	20,0	15,0	40,3	33,0	33,0	35,0	31,0	32,0	33,0	31,0	31,0	31,0
2	9,8	20,4	15,2	40,2	34,0	35,0	34,0	34,0	34,0	34,0	24,0	34,0	34,0
3	9,5	20,0	15,2	40,4	34,0	35,0	35,0	34,0	34,0	34,0	32,0	32,0	32,0
4	10,0	22,0	15,0	40,4	34,0	34,0	34,0	33,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0
5	20,0	20,0	15,0	40,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	32,0	32,0	32,0
5	9,4	20,0	15,0	40,0	34,0	37,0	34,0	33,0	33,0	34,0	31,0	31,0	31,0
7	10,0	20,2	15,1	40,3	34,0	35,0	35,0	34,0	34,0	34,0	33,0	33,0	33,0
8	10,0	20,0	15,2	40,2	33,0	35,0	35,0	35,0	31,0	32,0	31,0	32,0	32,0
9	10,0	20,2	15,2	40,0	33,0	35,0	35,0	32,0	31,0	32,0	32,0	32,0	32,0
10	10,0	20,2	15,2	40,2	34,0	37,0	34,0	34,0	33,0	33,0	32,0	33,0	33,0
Promedio	10,8	20,3	15,1	40,2	33,7	35,0	34,5	33,4	32,8	33,2	31,0	32,2	32,2

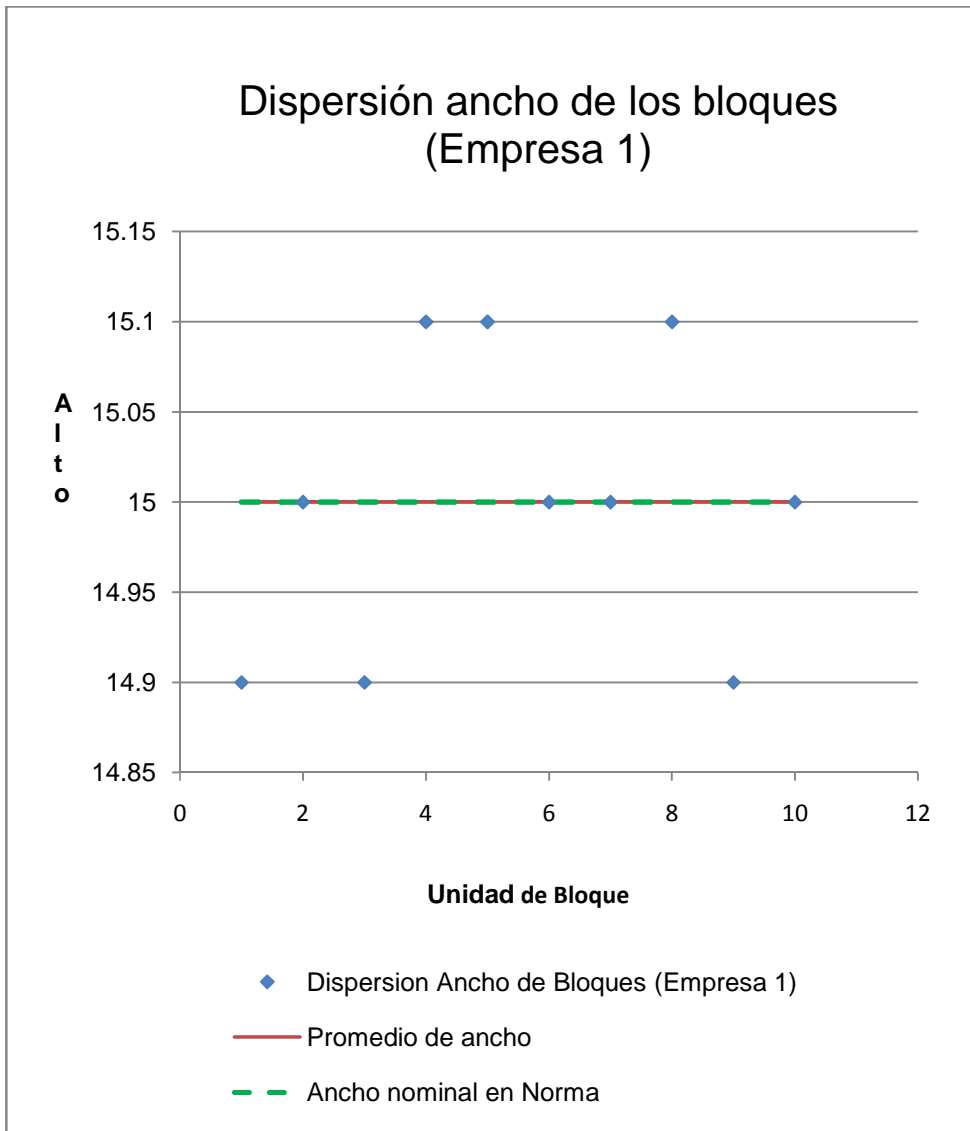
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Figura 39. **Dispersión alto de los blocks, empresa 1**



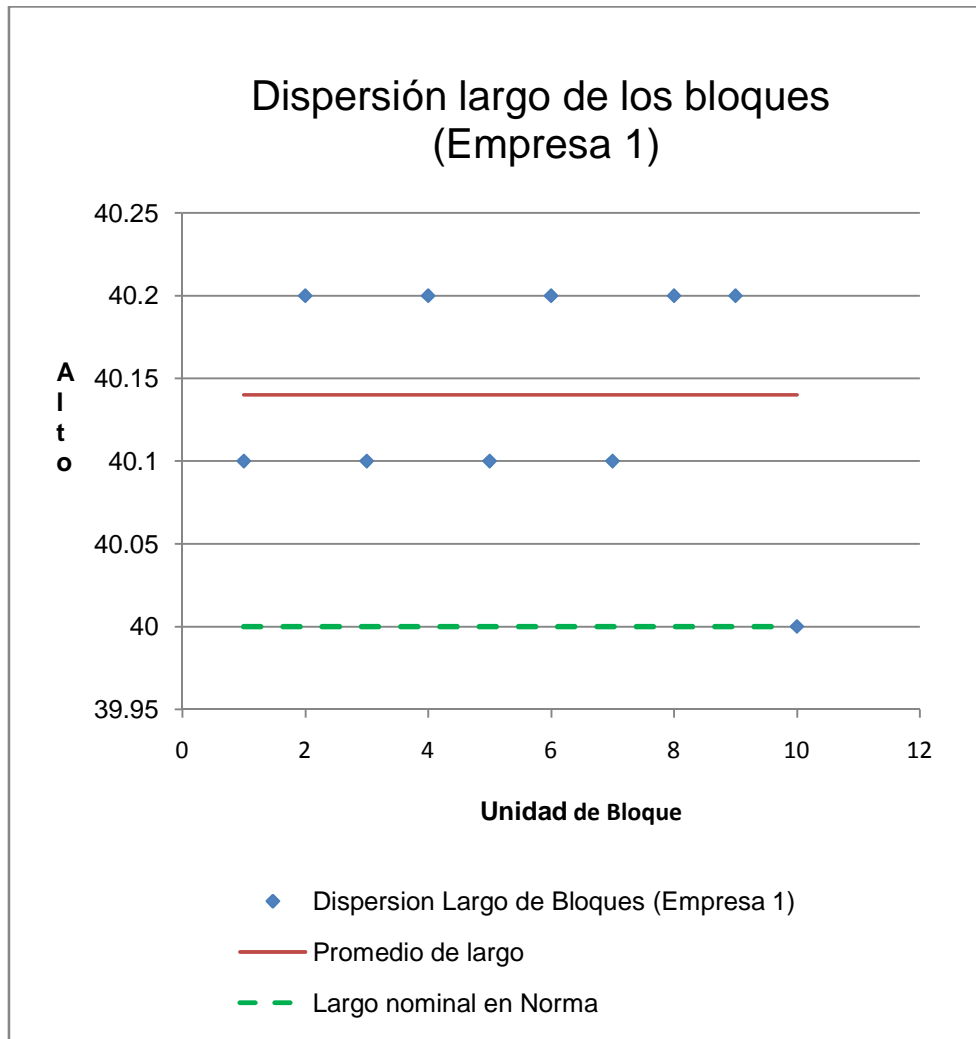
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Figura 40. **Dispersión ancho de los blocks, empresa 1**



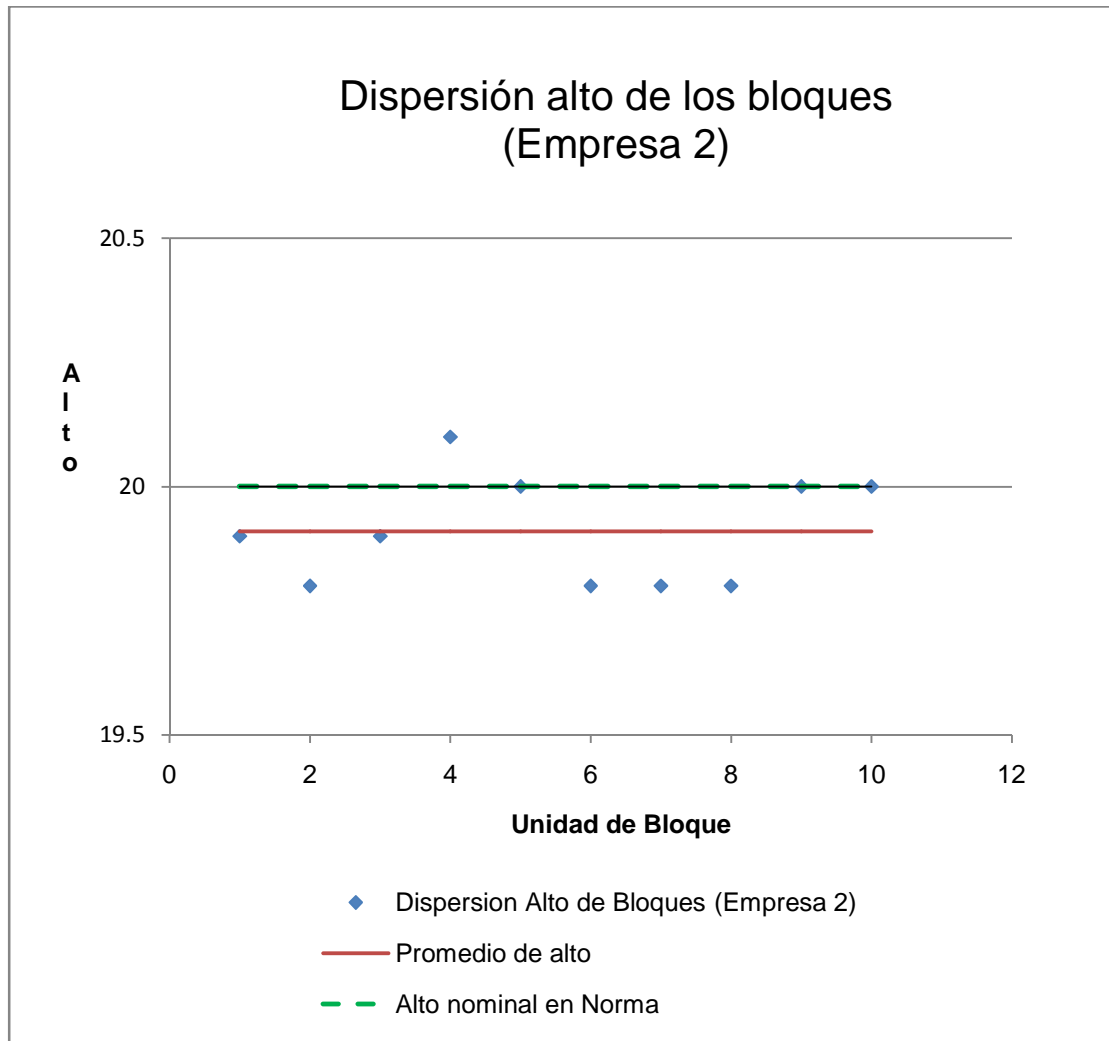
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Figura 41. **Dispersión largo de blocks, empresa 1**



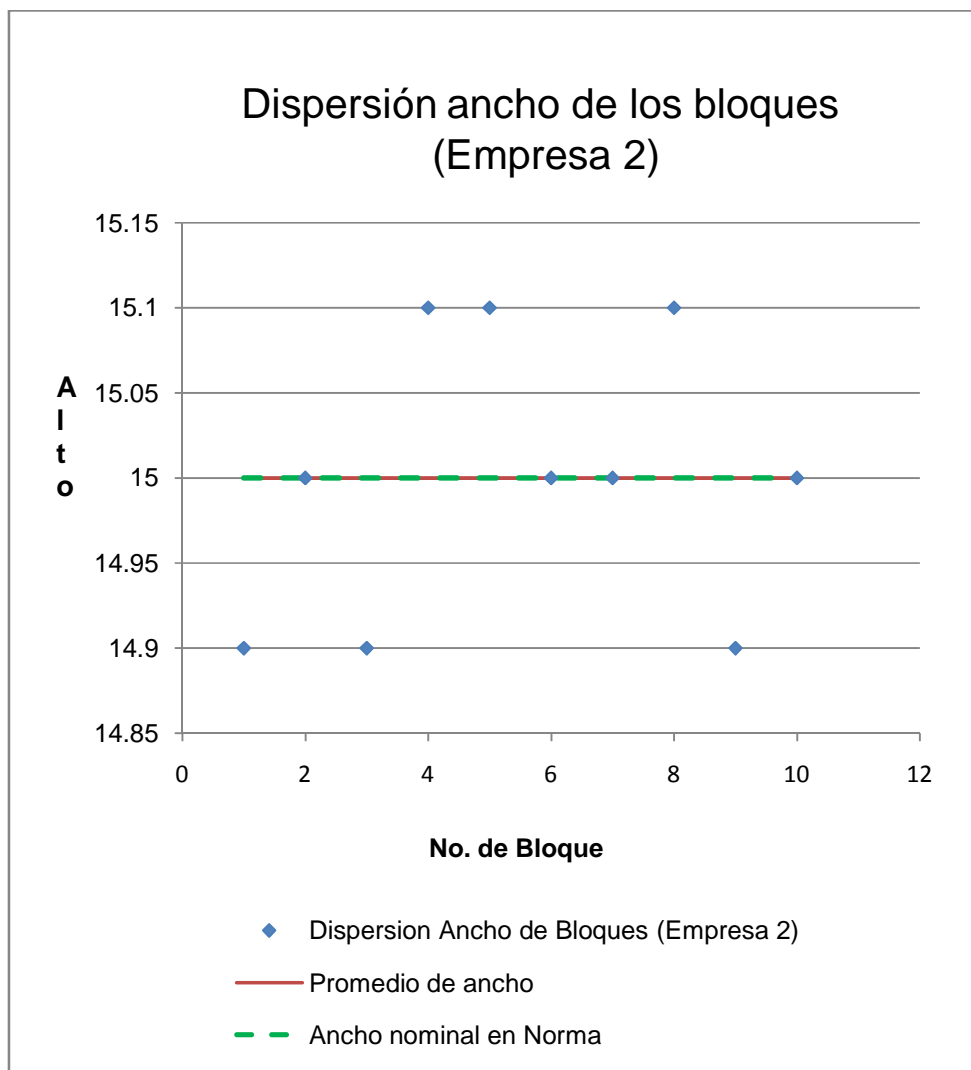
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Figura 42. **Dispersión alto de blocks, empresa 2**



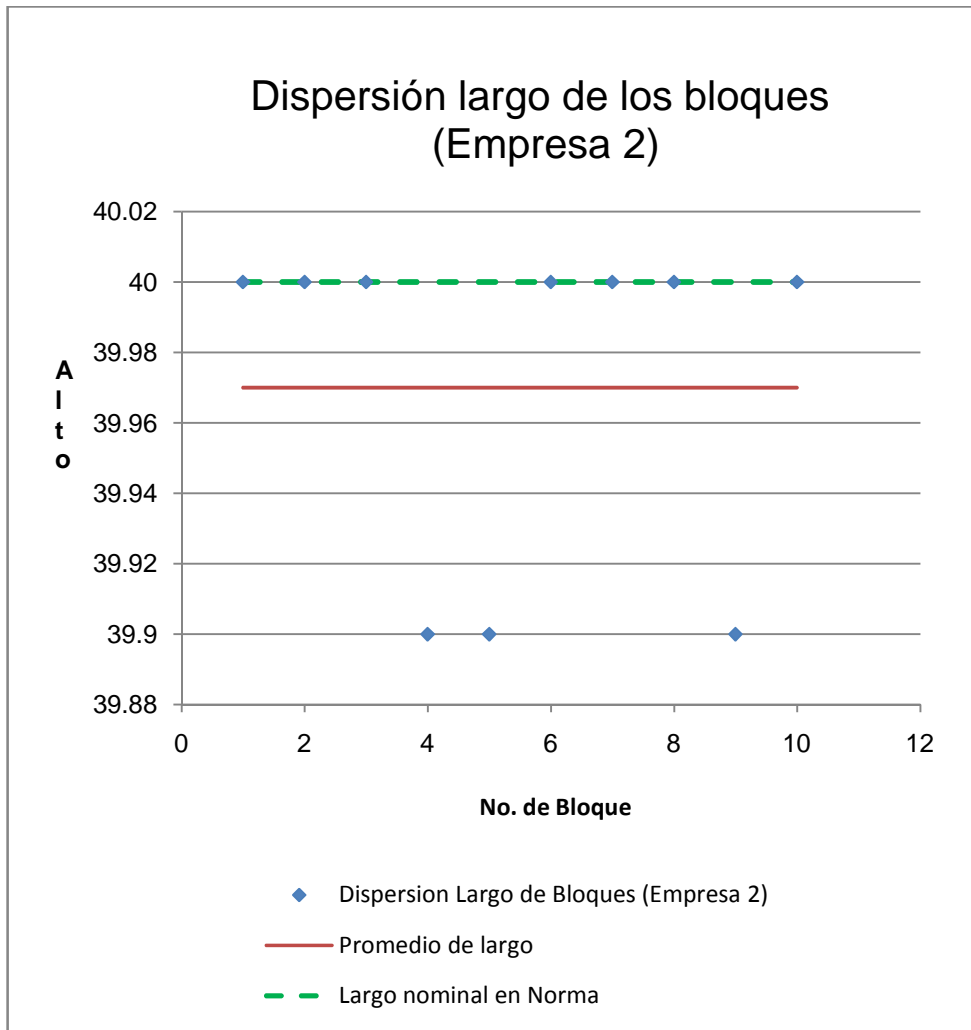
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos

Figura 43. **Dispersión ancho de blocks, empresa 2**



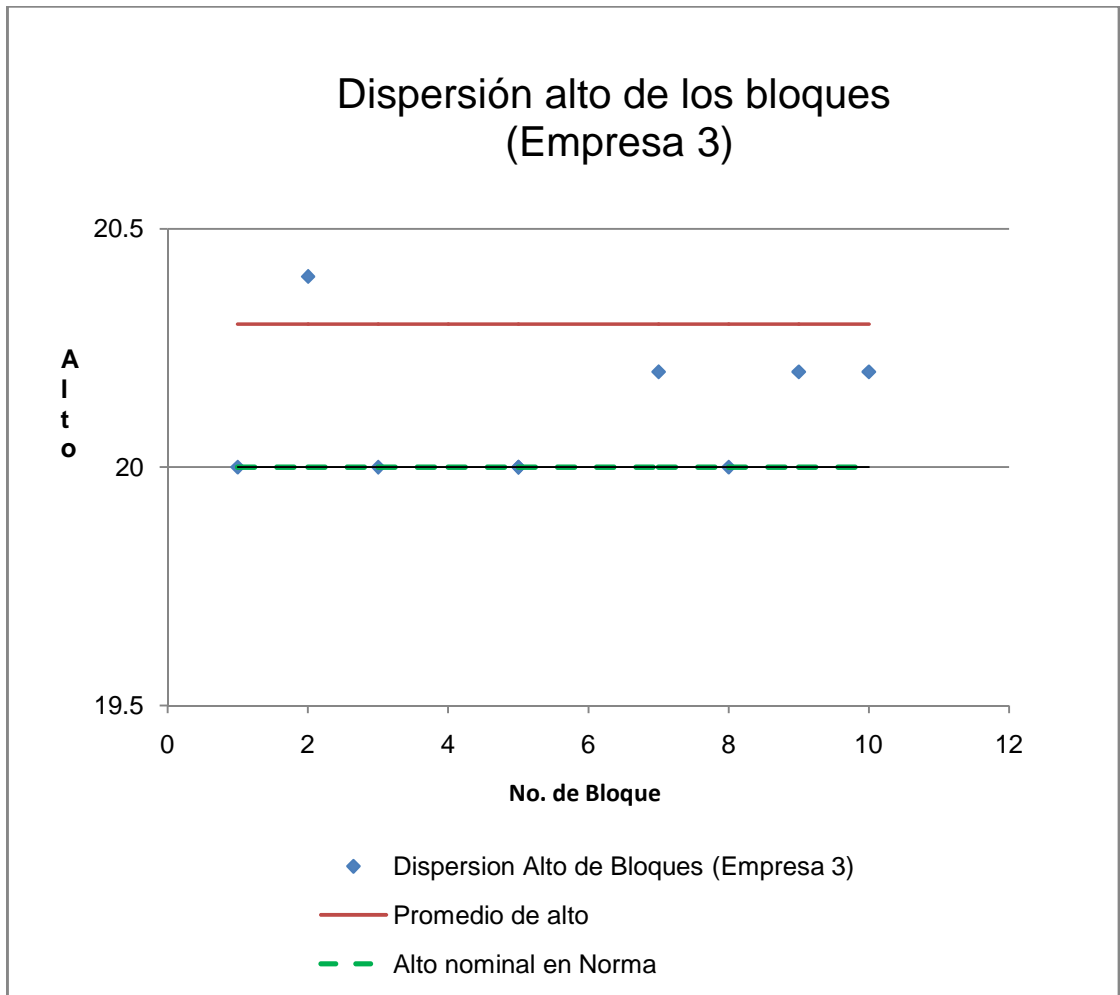
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Figura 44. **Dispersión largo de blocks, empresa 2**



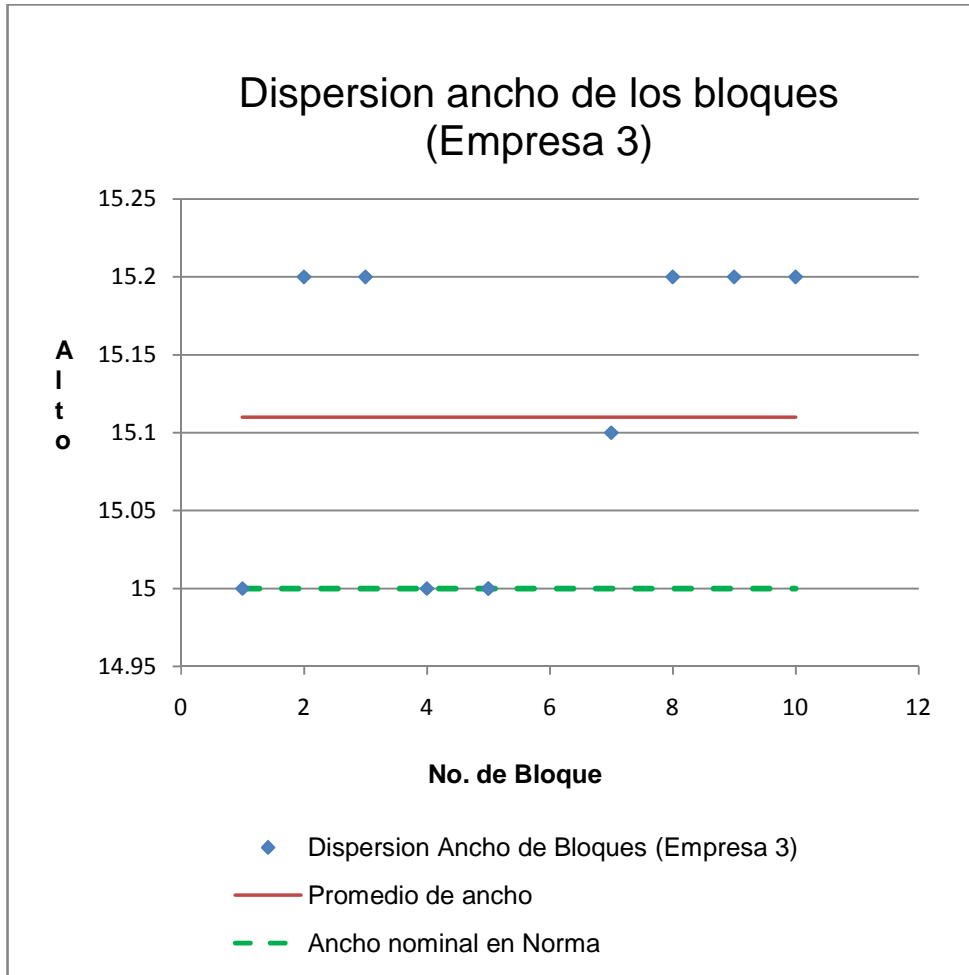
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Figura 45. **Dispersión alto de blocks, empresa 3**



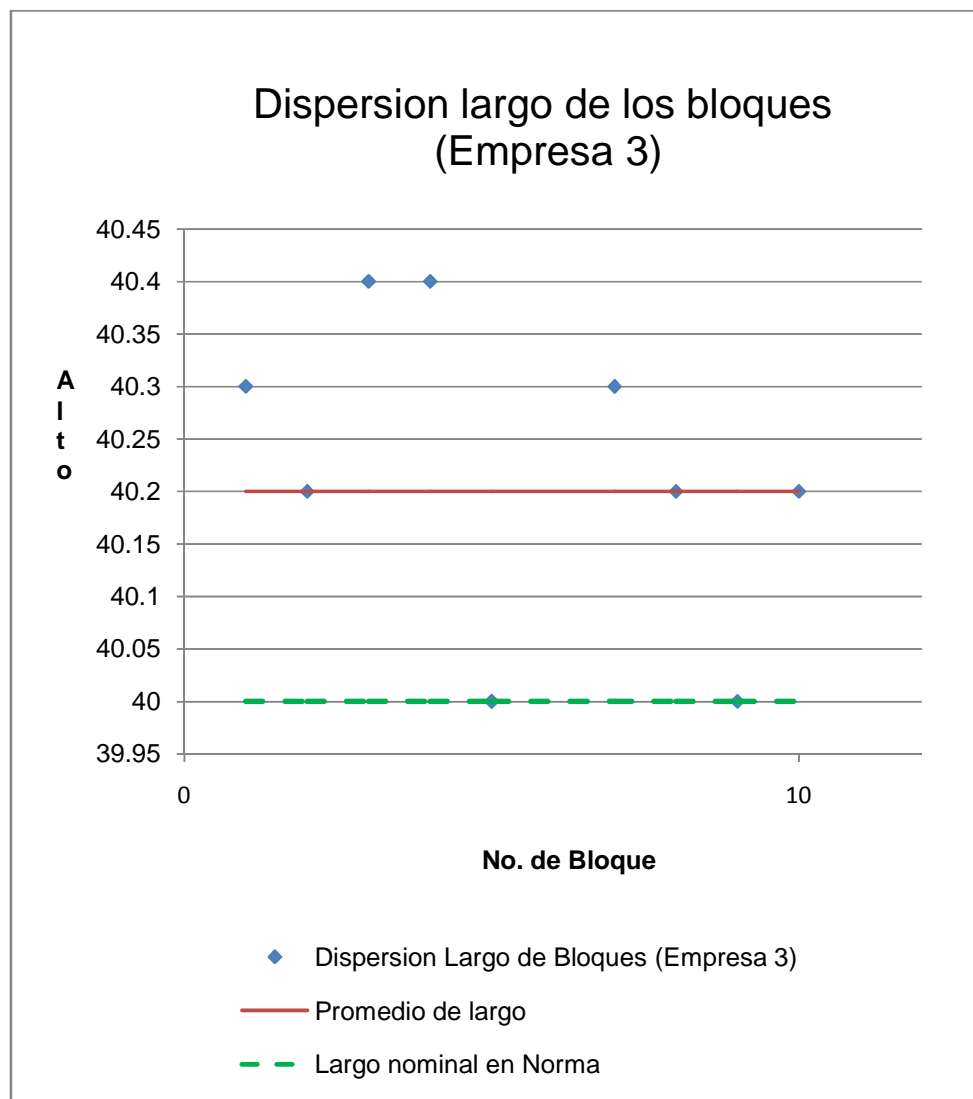
Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

Figura 46. **Dispersión ancho de blocks, empresa 3**



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

Figura 47. **Dispersión del largo de blocks, empresa 3**

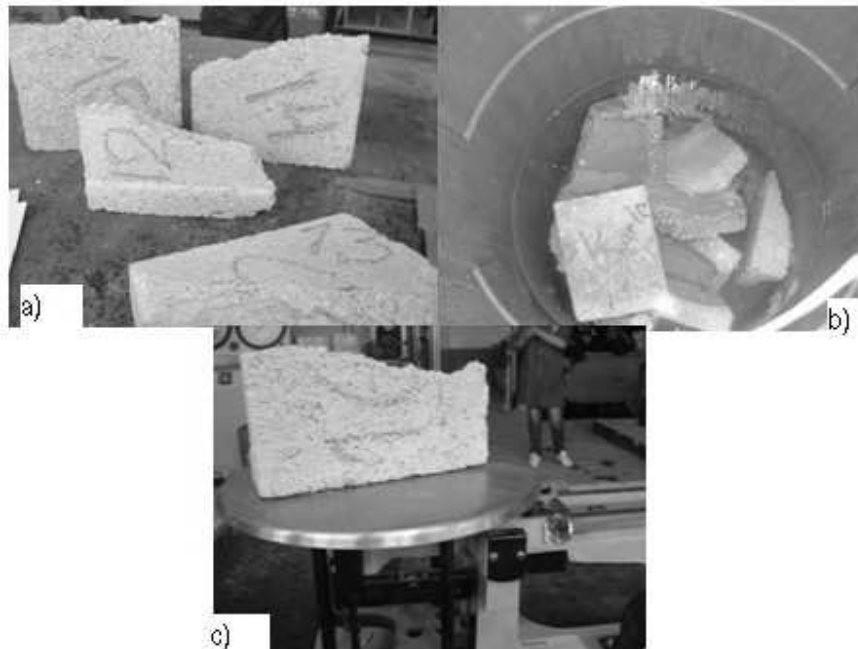


Fuente: elaboración propia, con base en resultado de ensayos.

8.2.3. Determinación de la absorción

Se tomaron pedazos de blocks de cada empresa y se sumergieron en agua durante 24 horas, para registrar la masa saturada de superficie seca (M₂), se dejaron drenar por 60 ± 5 segundos, removiéndoles el agua superficial visible.

Figura 48. Absorción de agua en blocks



- a) Marcado de piezas; b) Piezas sumergidas en agua durante 24 horas;
c) Pesado de piezas saturadas.

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Después de la saturación se procedió a secar las piezas en el horno a una temperatura de 110° C hasta que el peso de las piezas fuera constante, registrando la masa de los blocks secos al horno como (M₁).

Figura 49. **Determinación de la absorción**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Los datos obtenidos se encuentran en las tablas XXII, XXIII, XXIV.

Tabla XXII. **Porcentaje de absorción, empresa 1**

EMPRESA No.1			
No.	Peso Seco (M1) (gramos)	Peso Húmedo (M2) (gramos)	% Absorción
1	153,5	199,2	29,77199
3	283,5	379,3	33,79189
4	197,1	254,5	29,12227
6	253,4	333,8	31,72849
8	167,7	217,4	29,63626
10	298,5	386,6	29,51424
	Promedio		30,59

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

Tabla XXIII. **Porcentaje de absorción, empresa 2**

EMPRESA No.2			
No.	Peso Seco (M ₁) (gramos)	Peso Húmedo (M ₂) (gramos)	% Absorción
3	244,1	325,4	33,3060221
7	350,1	469,8	34,1902314
9	459,6	597,7	30,0478677
	Promedio		32,51

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

Tabla XXIV. **Porcentaje de absorción, empresa 3**

EMPRESA No.3			
No.	Peso Seco (M ₁) (gramos)	Peso Húmedo (M ₂) (gramos)	% Absorción
1	539,9	728,865	35
2	427,1	576,6	35,00351
7	252,9	341,2	34,91499
	Promedio		34,97

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

8.2.4. Ensayo de resistencia a la compresión

Se tomaron 10 blocks de cada empresa, a los 28 días, se ensayaron a compresión, con un sistema como se muestra en la figura 50.

Tomando lecturas de las carga a primera grieta, segunda grieta, y falla del blocks, las resistencias obtenidas se tabulan en las tablas XXV, XXVI, XXVII.

Figura 50. **Sistema montado para realizar ensayo de compresión a los blocks**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

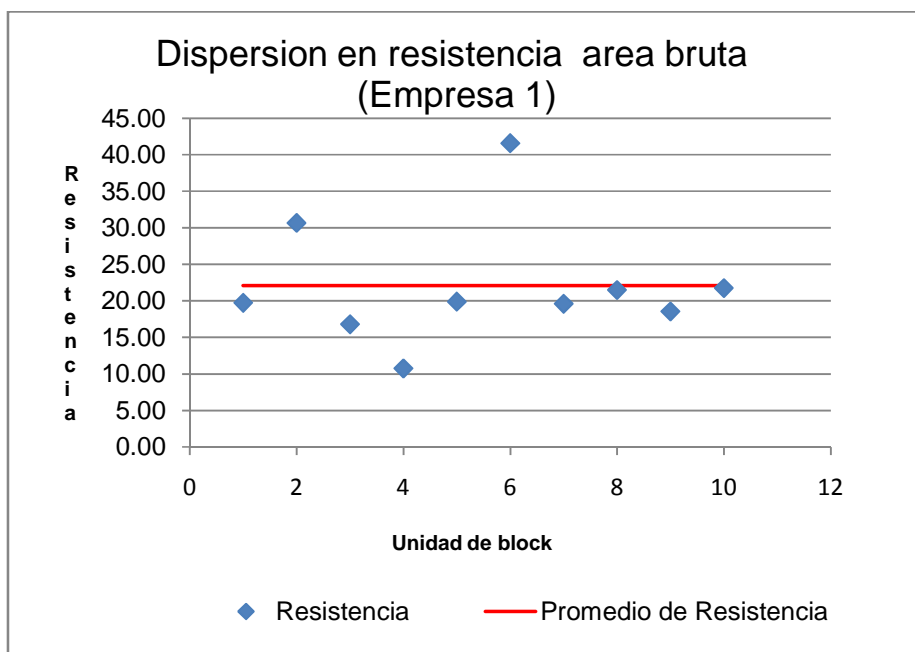
Empresa No.1

Figura 51. **Blocks ensayado de empresa 1**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 52. **Dispersión de resistencia en área bruta, empresa 1**



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

Tabla XXV. **Resultados de ensayos de compresión, empresa 1**

No.	Peso (Kgm)	F´m, Falla (Kgm/cms ²) área bruta	F´m, Falla (Kgm/cms ²) área neta
1	10,90	19,74	20,99
2	9,72	30,68	32,06
3	11,00	16,80	17,84
4	11,80	10,75	11,42
5	12,00	19,89	21,26
6	11,90	41,61	44,46
7	11,80	19,61	20,84
8	11,20	21,49	22,84
9	9,31	18,56	19,94
10	10,80	21,75	23,10
Promedio		22,09	22,84

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

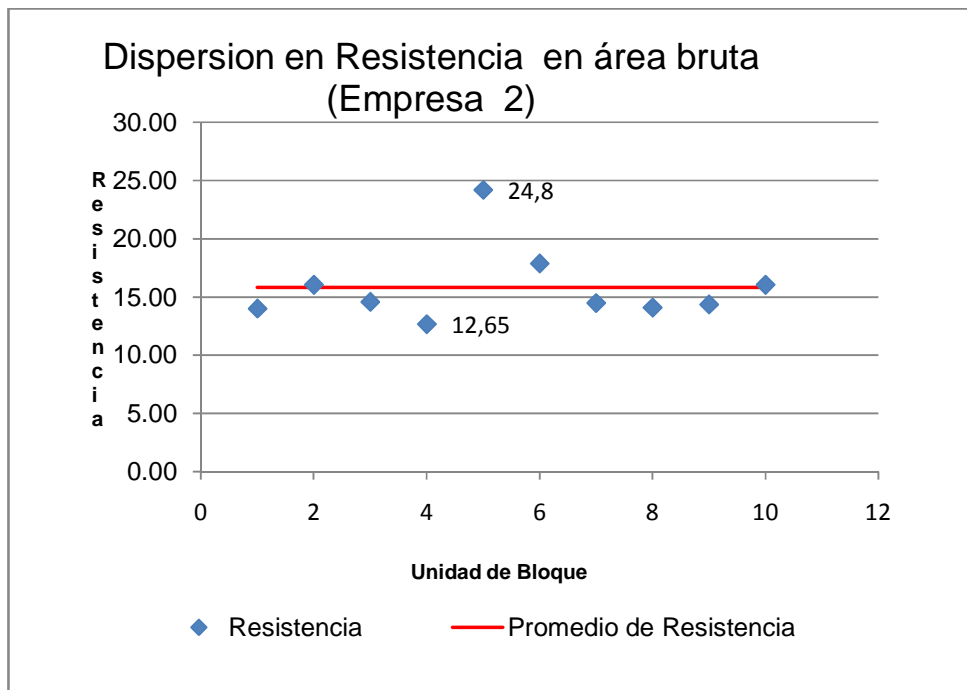
Empresa No. 2

Figura 53. **Blocks ensayado de empresa 2**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 54. **Dispersión de resistencia en área bruta, empresa 2**



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

Tabla XXVI. **Resultados de ensayos de compresión, empresa 2**

No.	Peso (Kg)	F´m, Fallan (Kgm/cms2) (Área Bruta)	F´m, Falla (Kgm/cms2) (área neta)
1	9,40	13,98	14,88
2	9,40	16,03	17,09
3	9,20	14,56	15,58
4	9,20	12,65	13,47
5	9,90	24,18	25,11
6	9,00	17,86	18,79
7	9,80	14,46	15,34
8	9,80	14,07	15,00
9	10,00	14,34	15,23
10	9,60	16,03	17,00
Promedio	9,53	15,82	16,75

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

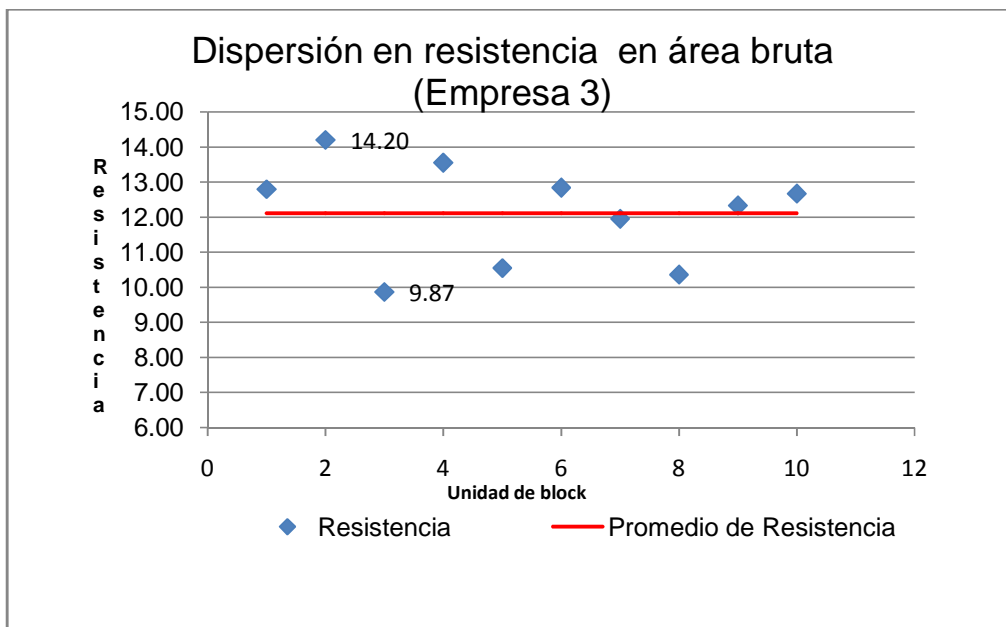
Empres No.3

Figura 55. **Blocks ensayado de empresa 3**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 56. **Dispersión de resistencia en área bruta, empresa 3**



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

Tabla XXVII. **Resultados de ensayo de compresión, empresa 3**

No.	Peso (Kg)	F´m, Falla (Kgm/cms ²) (Área Bruta)	F´m, Falla (Kgm/cms ²) (área neta)
1	9,40	12,80	13,82
2	9,80	14,20	15,37
3	9,60	9,87	10,91
4	10,00	13,55	14,67
5	20,00	10,55	11,49
6	9,40	12,84	13,88
7	10,00	11,95	13,03
8	10,00	10,36	11,22
9	10,00	12,34	13,35
10	10,00	12,67	13,79
Promedio	10,82	12,11	13,34

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

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se analizó cada empresa, a partir de los resultados obtenidos en los ensayos realizados en la presente guía, quedando de la siguiente manera.

9.1. Empresa No.1

En los resultados de las unidades de blocks ensayados a comprensión, se puede observar baja resistencia (tabla XXV), alta dispersión de resistencia del conjunto de blocks (figura 52), así como un alto porcentaje de absorción en promedio de 30,59% (ver tabla XXII), la norma indica una máximo de 20% de absorción en promedio, para poder determinar a qué se deben estos resultados se analizaron los resultados de ensayos de análisis granulométrico, de la geometría y el peso de los mismos.

En el análisis granulométrico (figura 25, tabla XI), la arena limosa café con presencia de pómez, se puede observar que el porcentaje de material que pasa en los tamices 3/8 al No.8 están dentro de los límites que especifica la norma, a partir de tamiz No. 16 la curva pierde características de una curva con buena distribución granulométrica, lo que indica que el porcentaje de limos está muy alto, por lo que debería de reducir su componente de limos. En el análisis granulométrico (figura 26, tabla XII), la arena pómez color gris, muestra una reducción de gruesos, por lo que debería aumentarse los gruesos.

Para la geometría de los blocks, la norma NTG-41054 indica que, se deben trabajar medidas nominales y medidas reales (tabla IV), los blocks de esta empresa, en promedio trabajan las medidas nominales. El espesor de

paredes frontales y tabiques, están en el límite que indica la norma (tabla V), para las medidas principales, alto, ancho y largo los blocks individuales tienen medidas con variación de $\pm 3\text{mm}$ que se encuentra dentro del rango que indica la norma, pero se puede observar en las gráficas (figura 39, 40, 41) que los blocks en conjunto tienen alta dispersión.

La empresa tiene un mal proceso de fabricación en cuanto a fraguado, curado, secado y almacenamiento, ya que se pudo observar la falta de estos procesos, obligando a los blocks a tener un secado prematuro, y poco tiempo para que haya una reacción química del concreto con el agua. Factores que influyen directamente en resistencia de los mismos, condición que se agrava con el alto % de absorción y la mala granulometría que presentan los materiales.

9.2. Empresa No.2

En los resultados de las unidades de blocks ensayados a compresión, se puede observar baja resistencia (tabla XXVI), alta dispersión de resistencia del conjunto de blocks (figura 54), así como un alto porcentaje de absorción en promedio de 32,51% (ver tabla XXIII), la norma indica una máximo de 20% de absorción en promedio, para poder determinar a qué se deben estos resultados se analizaron los resultados de ensayos de análisis granulométrico, de la geometría y el peso de los mismos.

En el análisis granulométrico (figura 28, tabla XIV), fragmento de piedra pómez y arena color beige, se puede observar que está en el límite inferior que permite la norma, pero la curva presenta una mala distribución granulométrica, donde se puede observar a partir del tamiz No.8 al fondo, donde indica que hay que mejorar la distribución granulométrica del material.

Para la geometría de los blocks, la norma NTG-41054 indica que, se deben trabajar medidas nominales y medidas reales (tabla IV), los blocks de esta empresa, en promedio trabajan las medidas nominales. El espesor de paredes frontales y tabiques, están en el límite que indica la norma (tabla V), para las medidas principales, alto, ancho y largo los boques individuales tienen medidas con variación de $\pm 3\text{mm}$ que se encuentra dentro del rango que indica la norma, pero se puede observar en las gráficas (figura 42, 43, 44) que los blocks en conjunto tienen alta dispersión.

La empresa tiene un mal proceso de fabricación en cuanto a fraguado, curado, secado y almacenamiento, ya que se pudo observar la falta de estos procesos, obligando a los blocks a tener un secado prematuro, y poco tiempo para que haya una reacción química del concreto con el agua. Factores que influyen directamente en resistencia de los mismos, condición que se agrava con el alto % de absorción y la mala granulometría que presentan los materiales.

9.3. Empresa No. 3

En los resultados de las unidades de blocks ensayados a comprensión, se puede observar baja resistencia (tabla XXVII), alta dispersión de resistencia del conjunto de blocks (figura 56), así como un alto porcentaje de absorción en promedio de 34,97% (ver tabla XXIV), la norma indica una máximo de 20% de absorción en promedio, para poder determinar a qué se deben estos resultados se analizaron los resultados de ensayos de análisis granulométrico, de la geometría y el peso de los mismos.

En el análisis granulométrico (figura 31, tabla XVII), la arena limosa café, se puede observar que el material tiene una mala distribución granulométrica.

En el análisis granulométrico (figura 32, tabla XVIII), la arena limosa color gris se observa que la curva granulométrica esta en el límite inferior que indica la norma, lo cual con una leve variación en el material se estaría fuera del rango permitido, por lo que debería mejorar la distribución granulométrica

Para la geometría de los blocks, la norma NTG-41054 indica que, se deben trabajar medidas nominales y medidas reales (tabla IV), los blocks de esta empresa, en promedio trabajan las medidas nominales. El espesor de paredes frontales y tabiques, están en el límite que indica la norma (tabla V), para las medidas principales, alto, ancho y largo los boques individuales tienen medidas con variación de $\pm 3\text{mm}$ que se encuentra dentro del rango que indica la norma, pero se puede observar en las gráficas (figura 45, 46, 47) que los blocks en conjunto tienen alta dispersión.

La empresa tiene un mal proceso de fabricación en cuanto a fraguado, curado, secado y almacenamiento, ya que se pudo observar la falta de estos procesos, obligando a los blocks a tener un secado prematuro, y poco tiempo para que haya una reacción química del concreto con el agua. Factores que influyen directamente en resistencia de los mismos, condición que se agrava con el alto % de absorción y la mala granulometría que presentan los materiales.

CONCLUSIONES

1. En el presente trabajo de investigación se realizó una guía técnica con lineamientos y procedimientos para la correcta elaboración de blocks de concreto artesanal (unidad de mamposte).
2. La elaboración de mampostes artesanales usualmente usados en Guatemala, se realizan con concretos livianos, a los cuales generalmente usan piedra pómez como agregado, esto da como resultado mampostes los cuales, pueden ser utilizados en la construcción de viviendas, no mayores de 50 m² de un nivel, con techos de lámina y uso no estructural con alta absorción de humedad.
3. Es importante tener una buena clasificación de los agregados en la elaboración de los mamposte ya que de ellos depende de una gran medida las características físicas como mecánicas del producto final.
4. Las proporciones requeridas de los materiales a utilizar en la elaboración del mamposte, resultan de un buen diseño de mezcla, el cual se elabora dependiendo de los requerimientos del producto final.
5. Se desarrolló esta guía dejando los lineamientos bajo las normas establecidas en Guatemala, de manera que el lector pueda adquirir conocimientos relacionados al tema y pueda aplicar lo aquí expuesto en el proceso de elaboración de blocks.

6. Con base a los resultados obtenidos, de los ensayos aplicados a las empresas artesanales, se puede inferir una falta de supervisión, en la elaboración de los mampostes. Esto puede obedecer a diversos factores tales como: preparación académica, reducción de costos, ubicación geográfica, falta de experiencia, entre otros.

RECOMENDACIONES

1. Al fabricar blocks de concreto liviano que cumplan con la norma, el fabricante se verá beneficiado, ya que se podrá vender un blocks que con facilidad pueda cumplir con la especificaciones de la noma NTG 41045, lo cual implica que el cliente o consumidor construirá edificaciones con un producto de mayor calidad, e incremento a la seguridad con lo que se puede mitigar los efectos o las pérdidas potenciales causadas por sismos, lo cuales pueden ser de consecuencia socioeconómicas altas, debido a la posible víctimas humanas.
2. Mantener una buena granulometría de los agregados utilizados y darle el tiempo que especifica la norma en cuanto a fraguado, curado y secado en la fabricación de blocks, para optimizar el rendimiento de la resistencia a compresión y cumplir con las normas de fabricación de blocks establecidas por COGUANOR.
3. Toda persona que trabaja o se desarrolla en el medio de los blocks debe asegurarse de estar al tanto de los últimos avances de la industria, todo lo que necesita es ponerse en contacto, o visitar el Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala, ICCG. A través de un convenio, ASTM - ICCG, le brinda la posibilidad de consultar las Normas ASTM, COGUANOR sin costo alguno, o sí las necesita, obtener un ejemplar a muy bajo costo.
4. Aplicar esta guía a toda persona, que se desarrolla en el medio de los blocks.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARRIETA FREYRE Javier, PEÑA HERRERA Enrique. *Fabricación de blocks de concreto con una mesa vibradora*. [en línea] <http://www.scribd.com/doc/24876405/Fabricación-bloques-de-cemento>. [Consulta: junio de 2012].
2. ASTM. *Normas C 140-03, C-90-99, C 331-89. Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units. USA: book of standars*. 25 p.
3. Comisión Guatemalteca de Normas. *Norma NTG 41054*. Guatemala: COGUANOR, 2011. 14 p.
4. _____. *Norma NGO 41-054, 41-055, 41-056, 41-008. Blocks huecos de concreto para paredes muros y tabique*. Guatemala: COGUANOR, 1985 20 p.
5. CORZO ÁVILA, Mario Rodolfo. *Notas de concreto armado*. Guatemala: Sabandija Retorcida, 2012. 226 p.
6. FLORIÁN RAMÍREZ, Elida Yesenia. *Recomendaciones para el diseño en mampostería de viviendas mínimas, menores a 50 m²*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 111 p.

7. LOU, Roberto. *Manual para la construcción de la Ceta RAM*, 1era. ed. Guatemala: Centro de Experimentación en Tecnología apropiada, Centro de Investigaciones de Ingeniería de San Carlos de Guatemala, 1981. 27 p.
8. MORALES RAMÍREZ, Evelyn Maribel. *Manual de apoyo docente para desarrollar ensayos de laboratorio, relacionados con materiales de construcción*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 127 p.
9. MORGAN SAGASTUME, Rolando. *Estudio de factibilidad para el incremento de la producción de blocks de concreto en una fábrica situada en el municipio de San Miguel Petapa, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación maestría en Ciencias. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, Estudios de Postgrado. 2006. 114 p.