



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

**ESTUDIO COMPARATIVO DE GROUTS PARA MAMPOSTERÍA
PREDOSIFICADOS DISPONIBLES EN GUATEMALA, DE
ACUERDO A LA NORMA ASTM C-476-08**

Eddy Antonio Bonilla Hernández

Asesorado por el Ing. Jorge Luis Ortiz Mendoza

Guatemala, octubre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO COMPARATIVO DE GROUTS PARA MAMPOSTERÍA
PREDOSIFICADOS DISPONIBLES EN GUATEMALA, DE ACUERDO A LA
NORMA ASTM C-476-08**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

EDDY ANTONIO BONILLA HERNANDEZ

ASESORADO POR EL ING. JORGE LUIS ORTIZ MENDOZA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordoñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ESTUDIO COMPARATIVO DE GROUTS PARA MAMPOSTERÍA
PREDOSIFICADOS DISPONIBLES EN GUATEMALA, DE ACUERDO A LA
NORMA ASTM C-476-08,**

tema que se me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el día 17 de noviembre de 2008.


Eddy Antonio Bonilla Hernández

AGRADECIMIENTOS A:

La Tricentennial Universidad de San Carlos de Guatemala, a su Facultad de Ingeniería, por haberme formado como profesional a través de sus insustituibles enseñanzas.

Las empresas Cementos Progreso, S.A. y Grupo Forte, S.A., por brindarme su apoyo y asesoría para poder desarrollar mi proyecto de graduación.

Mi asesor Jorge Luis Ortiz Mendoza, por brindarme la oportunidad de supervisar mi trabajo de graduación.

Finalmente, a todas aquellas personas que hicieron posible la publicación de este documento, pero muy especialmente a mis padres y primo Estuardo.

DEDICATORIA A:

AL CONSTRUCTOR DEL UNIVERSO

DIOS, NUESTRO CREADOR, por haberme dado la fortaleza y perseverancia necesaria para superar los grandes obstáculos que en el camino se me presentaron y sin El no se hubiera tenido la capacidad para superarlos.

MIS PADRES

CARLOS BONILLA Y ANITA DE BONILLA, perdón por todos los desvelos, enojos y penas generadas por mi manera de pensar; por eso pido al Creador bendiciones por su paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional, ya que sin ustedes mi formación tanto personal como profesional no sería una realidad.

MI COMPAÑERA DE HOGAR

ERICKA DE LA ROSA, infinitas gracias por tu amor y tolerancia, ruego a Dios que siempre te ilumine y bendiga para que sigas siendo la excelente mujer, madre y esposa como lo eres hasta ahora.

MI HIJOS

DAVID ALEJANDRO (que Dios te guie y bendiga donde quiera que te encuentres), ERICKA VANESSA y LUIS ANGEL, que mi logro sea un ejemplo a

imitar en sus vidas y que el Creador les de la sabiduría necesaria para concluir sus metas.

MI HERMANA

ASTRID JEANET, gracias por convertirte en mi segunda madre, que Dios ilumine tu vida y que tu esfuerzo para conmigo te lo triplique en bendiciones.

MI FAMILIA

En especial a mi abuelito Alfonso Hernández (D.E.P.) y mi tío Augusto Bonilla (D.E.P.) que desde el cielo vean que logre mi meta tan anhelada. A mis tios José Luis, Marta Rosa, Juan José y muy especialmente mi tía Mery, gracias por sus consejos y sugerencias. A mis “peques” Andrea Alejandra y Carlos Daniel, con mucho amor y cariño. A mis primos en especial a Estuardo, Cindy y sobrinos con un especial agradecimiento por su apoyo recibido. A mi cuñado Adolfo Reynoso, gracias por todo lo que has hecho por mí.

Guatemala 14 de agosto de 2009.

Ingeniero

Francisco Javier Quiñonez de la Cruz

Coordinador Área de Materiales

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Quiñonez de la Cruz:

Por este medio me permito informarle que he revisado el trabajo de Graduación titulado "Estudio comparativo de grouts para mampostería predosificados disponibles en Guatemala, de acuerdo a la Norma ASTM C-476-08", desarrollado por el estudiante universitario Eddy Antonio Bonilla Hernández con carné 1990-12578 quien contó con mi asesoría.

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

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente



ING. JORGE LUIS ORTIZ MENDOZA
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO 4734

Ing. Jorge Luis Ortiz Mendoza

Colegiado 4734

Asesor Trabajo de Graduación

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 10 de septiembre de 2 009

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Señor Director:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación “**Estudio comparativo de grouts para mampostería predosificados disponibles en Guatemala, de acuerdo a la norma ASTM C-476-08**”, realizado por el estudiante universitario **Eddy Antonio Bonilla Hernández**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Jorge Luis Ortiz Mendoza.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **Bonilla Hernández**, cumple con los objetivos para los cuales fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

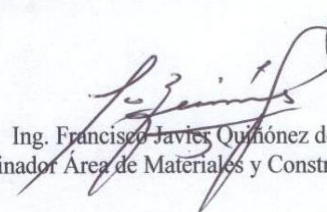
Agradezco a usted la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC


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

Cc archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Jorge Luis Ortiz Mendoza y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Eddy Antonio Bonilla Hernández, titulado ESTUDIO COMPARATIVO DE GROUTS PARA MAMPOSTERÍA PREDOSIFICADOS DISPONIBLES EN GUATEMALA, DE ACUERDO A LA NORMA ASTN C-476-08, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Mgter. Ing. Sydney Alexander Samuels-Milson

Guatemala, octubre 2009

/bbdeb.

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Posgrado Maestría en Sistemas Mención Construcción y Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Física. Centros: de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

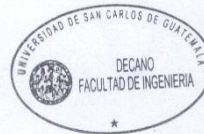
Ref. DTG.371.2009

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: **ESTUDIO COMPARATIVO DE GROUTS PARA MAMPOSTERÍA PREDOSIFICADOS DISPONIBLES EN GUATEMALA, DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-476-08**, presentado por el estudiante universitario **Eddy Antonio Bonilla Hernández**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, octubre de 2009



/gdech

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. MAMPOSTERÍA	1
1.1. Definición	1
1.2. Tipos	1
1.2.1. Según el material	1
1.2.2. Según su arquitectura	1
1.2.3. Según su empleo en el edificio	1
1.2.3.1. Mampostería simple	1
1.2.3.2. Mampostería reforzada o estructural	2
1.2.3.3. Mampostería confinada	2
1.3. Mampostería reforzada	2
1.3.1. Consideraciones arquitectónicas	3
1.3.2. Consideraciones económicas	4
1.4. Elementos de la mampostería	4
1.4.1. Unidades	4
1.4.2. Morteros	4

1.4.3. Grout (lechada de relleno)	5
1.4.4. Refuerzo	5
1.4.5. Cimientos	5
1.4.6. Muros	6
1.4.7. Entrepisos	6
1.4.8. Losas	6
1.5. Características	7
1.5.1. Ventajas del sistema de mampostería reforzada	7
1.5.2. Desventajas del sistema de mampostería reforzada	8
1.6. Normas y ensayos aplicables	9
2. GROUT	11
2.1. Definición	11
2.2. Tipos	12
2.3. Producción	12
2.4. Características	14
2.5. Normativa aplicable	15
3. GROUT PARA MAMPOSTERÍA	17
3.1. Definición	17
3.2. Tipos	17
3.2.1. Grout fino (lechada fina)	17
3.2.2. Grout grueso (lechada gruesa)	18
3.3. Producción	18
3.4. Materiales	19

3.4.1. Cemento	20
3.4.2. Aditivos	20
3.4.3. Agregados	20
3.5. Características	21
3.5.1. Resistencia a compresión	22
3.5.2. Fluidez	22
3.5.3. Consistencia	23
3.5.4. Adherencia	25
3.5.5. Retención de agua	25
3.6. Normativa aplicable	
4. DESARROLLO EXPERIMENTAL	27
4.1. Definición muestra de estudio	27
4.1.1. Grouts para mampostería predosificados disponibles en Guatemala	28
4.1.2. Normativa aplicable	28
4.2. Caracterización de grouts	29
4.2.1. Información muestras	29
4.2.2. Caracterización materiales	32
4.2.2.1. Agregado	32
4.2.3. Mezclas	33
4.2.3.1. Estado fresco	35
4.2.3.2. Estado endurecido	36

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
5.1. Dosificación	39
5.2. Materiales	39
5.2.1. Agregado (fracción gruesa)	39
5.2.1.1. Peso específico	39
5.2.1.2. Peso unitario	39
5.2.1.3. Porcentaje de vacíos	40
5.2.1.4. Porcentaje de absorción	40
5.2.1.5. Granulometría (tamaño máximo de agregado)	40
5.3. Evaluación de mezclas de grout	40
5.3.1. Estado fresco	40
5.3.1.1. Relación agua/cemento	40
5.3.1.2. Temperatura	40
5.3.1.3. Consistencia	41
5.3.1.4. Masa unitaria	41
5.3.1.5. Contenido de aire	41
5.3.2. Estado endurecido	42
5.3.2.1. Resistencia a compresión	42
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
BIBLIOGRAFÍA	49
APÉNDICES	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Arreglo de unidades de mampostería y colocación de refuerzo	3
2. Construcción con mampostería no reforzada	7
3. Aplicación de grout en construcción	11
4. Aplicación de grout epóxico en anclaje equipo	13
5. Aplicación de grout epóxico en anclaje equipo	15
6. Elaboración de probetas resistencia a compresión grout	22
7. Diferentes grados de consistencia en mezclas para mampostería	23
8. Ensayos consistencia grout fino	24
9. Ensayos consistencia grout grueso	24
10. Equipo de ensayo retención de agua	25
11. Dosificación materiales MG1	31
12. Dosificación materiales MG2	31
13. Material retenido tamiz No. 4	32
14. Dosificación mezclas	34
15. Masa unitaria mezclas	35
16. Resultados resistencia a compresión	37

TABLAS

I. Elementos de la mampostería reforzada	2
II. Factores que afectan la resistencia a compresión de la mampostería	9
III. Granulometrías recomendadas de agregado fino para morteros, concretos y grout	18
IV. Granulometría agregados para diferentes tipos de grouts	19
V. Tipos de aditivos químicos (ASTM C-494)	20

VI.	Diferencias entre morteros y grout para mampostería	21
VII.	Resultados encuesta disponibilidad de grout mercado nacional	27
VIII.	Normas aplicables	28
IX.	Descripción muestras evaluadas	30
X.	Resultados caracterización agregados	33
XI.	Dosificación mezclas grouts	34
XII.	Resultados caracterización grouts	35
XIII.	Resultados resistencia a compresión	36
XIV.	Resultados correlación	38

LISTA DE SÍMBOLOS

A_b	Área bruta.
AC	
I	<i>American Concrete Institute</i> (Instituto Americano del Concreto).
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
A-MG1	Agregado muestra 1.
A-MG4	Agregado muestra 4.
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i> (Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los materiales).
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
MG1	Grout pre-dosificado empresa 1
MG4	Grout pre-dosificado empresa 4
°C	Grados <i>Celsius</i> .

ISO	Organización Internacional para la Estandarización.
kg	Kilogramos.
σ	Esfuerzo.
%	Porcentaje.

GLOSARIO

Absorción	Es la cantidad de agua que penetra en los poros de la unidad o espécimen, expresada en unidades de masa/volumen (Aa) o como un % de la masa (peso) seca de la unidad o espécimen (Aa%).
AGIES	Siglas Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
ASTM	Siglas en inglés de la Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los materiales (<i>American Society for Testing and Materials</i>).
Carga máxima	Es la carga máxima a compresión que resiste una unidad o espécimen individualmente.
COGUANOR	Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas.
Contenido de humedad	Cantidad de agua presente en una unidad o espécimen en el momento de evaluarlo, expresado, por lo general, como un porcentaje del peso del espécimen secado al horno.

Contracción	Reducción en el volumen de una masa (unidad de mampostería, mortero o concreto), debida a una reacción química o a su secado.
Control de calidad	Acciones que toma un productor o un constructor para asegurar un control sobre lo que se está ejecutando y lo que se está suministrando, para asegurar que se están cumpliendo con las especificaciones y normas de aplicación y con las prácticas correctas de ejecución.
Densidad	Relación entre el volumen bruto y la masa (peso) de una unidad o espécimen.
Fraguado	Reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de una mezcla de cemento y agua, la cual puede ser un concreto o mortero.
Grout	El grout es un material fluido, autonivelante o eventualmente de consistencia plástica que se utiliza para rellenar completamente espacios estrechos, principalmente como relleno entre un anclaje y la perforación, y entre una placa base de una máquina o estructura y la fundación sobre la que se apoya. Otras aplicaciones típicas son en estructuras de hormigón postensado, para grouting de cables tensados en sus ductos y para efectuar inyecciones de mortero.

Grout para mampostería	Mezcla de material cementante con o sin agregados o aditivos, a la cual se le adiciona una cantidad suficiente de agua para lograr una consistencia fluida o de bombeo sin segregación de los materiales constituyentes.
Mortero	Mezcla constituida por material cementante, agregado fino, agua, con o sin aditivos empleada para obras de albañilería, como material de pega, revestimiento de paredes, etc.
Norma	Documento de aplicación voluntaria aprobado por un organismo de normalización reconocido que contiene especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico.
Relación a/c	Es el resultado de dividir la masa del agua entre la masa del cemento utilizados en un concreto o mortero.
Resistencia a compresión	Es la carga máxima a compresión que resiste una unidad o espécimen, dividida por el área de la sección

transversal que la soporta, pudiendo ser esta el área bruta o el área neta.

Textura

Regularidad de la superficie de una unidad o chapa determinada por la dosificación de los materiales y del proceso de fabricación.

Trabajabilidad

Característica de una mezcla o mortero en cuanto a la facilidad que presenta para ser colocado.

RESUMEN

La mampostería sigue siendo el sistema constructivo más utilizado en nuestro medio, en proyectos como vivienda residencial, muros de contención, muros divisorios o combinados con estructuras de otros materiales (acero, concreto), siendo sus principales componentes cementos, morteros, unidades de mampostería, grout, aditivos y acero de refuerzo. En todo proyecto de mampostería hay que cuidar aspectos importantes, como el control de calidad de los materiales a utilizar, contar con mano de obra con cierta experiencia y en el diseño se deben de considerar aspectos de modulación y distribución de los muros (carga y de relleno) así como el funcionamiento del conjunto de la estructura, de manera que se comporte adecuadamente ante requerimientos de cargas verticales y horizontales.

El uso de unidades de mampostería de concreto (blocks) ofrece ventajas técnicas y económicas (modulación, resistencia a compresión, características térmicas y acústicas, rapidez y economía en la construcción) pueden ser perforadas o no, las unidades perforadas permiten usar grout (mezcla de material cementicio y agua, con o sin agregados) para rellenarlas y lograr continuidad en la estructura, para su control de calidad existen normas de la *American Society for Testing and Materials (ASTM)* que especifican los procedimientos y métodos de ensayo, en la mayoría de países de América Latina y algunos de África y Asia se utilizan como referencia estas normas.

En el presente estudio se evaluaron en el laboratorio en estado fresco y endurecido grouts de mampostería predosificados disponibles en Guatemala, para lo cual se contó con el apoyo del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

OBJETIVOS

General:

- Evaluar grouts para mampostería predosificados en estado fresco y endurecido de acuerdo a la norma ASTM C-476 “Especificación Estándar de Grouts para Mampostería”.

Específicos:

1. Generar información sobre los diferentes tipos de grouts usados en la construcción.
2. Obtener muestras de grout para mampostería predosificados disponibles en Guatemala.
3. Clasificar los materiales utilizados en el estudio de acuerdo a las normas ASTM aplicables.
4. Evaluar grouts para mampostería predosificados en estado fresco y endurecido de acuerdo a las normas ASTM aplicables.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala el control de calidad en la mampostería es muy reducido debido a la variabilidad en la mano de obra, materiales y procesos utilizados, el conjunto mortero-unidad de mampostería-grout-acero cobra especial relevancia en virtud que es con base a su comportamiento que se toman o se obtienen los principales criterios de diseño.

En el presente trabajo se identificaron y evaluaron grout pre dosificados disponibles en Guatemala con base a procedimientos y especificaciones de las normas ASTM aplicables, trabajo realizado en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El capítulo uno incluye aspectos teóricos sobre la mampostería, como su definición, tipos, clasificación, ensayos de laboratorio y otros. En el capítulo dos se presentan conceptos sobre grout entre esta definición, tipos, características y la normativa aplicable.

Dentro del capítulo tres se discuten aspectos relativos a grout para mampostería (lechada de relleno) de manera particular, como su definición, tipos, materiales, características y normativa aplicable.

El capítulo cuatro incluye el desarrollo experimental, presentándose la metodología utilizada y los resultados obtenidos en tablas y gráficas. Por último, el capítulo cinco contiene el análisis de los resultados. Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

1. MAMPOSTERÍA

1.1. Definición

Se entiende por mampostería el sistema constructivo por medio del cual unidades formadas o moldeadas, por lo general lo suficientemente pequeñas para que una sola persona los manipule, se adhieren con mortero para formar paredes o muros. (1)

Como mampostería se entiende la elaboración de estructuras mediante la disposición ordenada de unidades de mampostería, cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con las del elemento que se va a construir (muro, bóveda, etc.), y cuyo peso y tamaño dependen del sistema de manejo que se vaya a emplear (manual, equipo mecánico, equipo motorizado, etc.). (2)

1.2. Tipos

1.2.1. Según el material

- Todo concreto
- Combinada con otros materiales

1.2.2. Según su arquitectura

- Sencilla
- Con acabados
- Unidades con acabados

1.2.3. Según su empleo en el edificio

1.2.3.1. Mampostería simple

Es el tipo de mampostería estructural sin refuerzo, los esfuerzos dominantes son de compresión los cuales deben contrarrestar los esfuerzos de

tensión producidos por las fuerzas horizontales. Los muros deben soportar tan solo su propio peso y servir como división (partición) entre dos espacios.

1.2.3.2. Mampostería reforzada o estructural

Es la mampostería con refuerzo embebido en celdas rellenas, conformando un sistema monolítico, también tiene refuerzo horizontal cada cierto número de hiladas. El refuerzo se usa para resistir la totalidad de las fuerzas de tensión y ocasionalmente, para resistir los esfuerzos de compresión y cortante que no pueda resistir la mampostería simple. Los muros que la conforman deben soportar tanto su propio peso como las cargas horizontales y verticales actuantes sobre sus planos.

Tabla I Elementos de la mampostería reforzada

Elementos de la mampostería reforzada		
Muros de mampostería	Unidades de perforación vertical	Unidades de arcilla
		Unidades de concreto
	Mortero de pega	Convencional
		Premezclado
Refuerzo del muro	Grout	Mezclado en obra
		Planta
	Acero de refuerzo	Vertical (celdas)
		Horizontal (juntas)
		Conectores (intersecciones)

1.2.3.3. Mampostería confinada

Es la mampostería con elementos de concreto reforzado (vigas y columnas de amarre), en su perímetro, vaciados después de construir el muro de mampostería simple.

1.3. Mampostería reforzada

Se fundamenta en el uso de unidades de mampostería con perforación vertical, pegadas por medio de mortero reforzado internamente con acero de refuerzo, cumpliendo con las especificaciones de análisis, diseño y construcción apropiadas. Este sistema permite rellenar todas sus celdas con grout o bien solo las que llevan refuerzo. La construcción se realiza de acuerdo a los procedimientos comunes en mampostería, aunque los muros pueden ser prefabricados.

Figura 1 Arreglo de unidades de mampostería y colocación de refuerzo



Fuente: fotografía Eddy Bonilla, Formularios Standard, 2005

1.3.1. Consideraciones arquitectónicas

- Seleccionar desde el diseño el tipo de unidades a utilizar, modulando los muros según sus dimensiones, para obtener así la altura libre entre pisos, distribución de espacios y espesor de muros.

- Evaluar la posibilidad de obtener acabados en los muros interiores y exteriores aprovechando las ventajas que ofrece la mampostería estructural a la vez conservando la función estructural del muro.
- Proyectar dimensiones de los vanos en función que sean múltiplos de la modulación.
- Establecer la disponibilidad de los materiales definidos en el diseño arquitectónico.

1.3.2. Consideraciones económicas

No deberán de realizarse consideraciones de carácter económico especiales, en virtud de que sigue el mismo procedimiento de la mampostería tradicional, aunque deberán de considerarse las condiciones específicas del medio y el precio de la mano de obra en particular.

1.4. Elementos de la mampostería

1.4.1. Unidades

Elementos que, en conjunto, se utilizan para elaborar una mampostería. Puede ser de diversos materiales piedra, barro, arcilla cocida, concreto, vidrio, etc. Por lo general tienen forma de prisma rectangular.

1.4.2. Morteros

El mortero de pega es el elemento que une las unidades de mampostería a través de las juntas verticales y horizontales, en virtud de su capacidad de adherencia. Debe tener una buena plasticidad y consistencia para poder colocarlo de la manera adecuada y suficiente capacidad de retención de agua para que las unidades de mampostería no le roben la humedad y se pueda desarrollar la resistencia de la interface mortero-unidad, mediando la correcta hidratación del cemento del mortero.

1.4.3. Grout (lechada de relleno)

Es una mezcla fluida de concreto para llenar cavidades, sin sufrir segregación de sus componentes, además deberán de tener alta plasticidad para permitir el vaciado y alto asentamiento.

1.4.4. Refuerzo

Se requiere en múltiples casos y para diversidad de condiciones, por lo cual debe ser definido por el diseñador, tanto el tipo como la cantidad. Por lo general se colocan dos tipos de refuerzo:

- de funcionamiento: hace posible el funcionamiento del sistema como tal (conexiones entre muros o en los elementos de bloque sin traba, etc.)
- de sollicitación: tiene la función estructural de absorber los esfuerzos de tracción, compresión y cortante, entre otras.

Los distintos tipos de refuerzo deben estar embebidos en mortero, para que éste pueda transmitir los esfuerzos entre las unidades de mampostería y el refuerzo y viceversa; y para protegerlo de las condiciones atmosféricas agresivas.

1.4.5. Cimientos

Es una parte fundamental de la construcción en mampostería estructural, aquí las cargas llegan a la cimentación en forma uniformemente distribuida a lo largo de los muros. Esta característica genera la necesidad de tomar estas cargas mediante unas pocas alternativas de cimentación.

- Cimentación o zapatas corridas, de dimensión uniforme a todo lo largo de cada muro.
- Cimientos continuos, placas de cimentación que ocupan toda el área proyectada de la edificación, normalmente recomendados

cuando la capacidad portante del terreno es muy baja, cuando su compresibilidad es muy alta.

1.4.6. Muros

Elementos estructurales de longitud o altura considerable con relación a su espesor, elaborado únicamente con mampostería.

1.4.7. Entrepisos

Las funciones o aportes estructurales de las placas aéreas de entrepiso son principalmente:

- Soportar cargas verticales y conducir las hacia los muros de apoyo.
- Repartir las fuerzas horizontales (de viento, de sismo o de asentamiento), entre los muros de apoyo, según las características de la placa, así :
 - Si es muy rígida, horizontalmente, las reparte en proporción a la rigidez de los muros.
 - Si la placa es flexible, horizontalmente, las reparte en proporción a las áreas cargadas de cada muro de apoyo.

1.4.8. Losas

El sistema estructural de cubierta es de importancia especial en la mampostería estructural, desde el punto de vista de aporte a la estructura, la cubierta puede ser:

- Placa
- Vigas de amarre

Figura 2 Construcción con mampostería no reforzada



Fuente: fotografía Eddy Bonilla, Construcción aulas Colegio Evelyn Roogers, 2006

1.5. Características

Cuando se trata de mampostería y sobre todo cuando la estructura está ya en servicio, el conjunto cemento-mortero-unidades de mampostería es el que define su comportamiento bajo las condiciones del diseño y ante requerimientos de cargas particulares, sus características favorables y las limitantes, deben ser tenidas en cuenta tanto por el diseñador como por el constructor.

1.5.1. Ventajas del sistema de mampostería reforzada

- Bajo costo de construcción, disminución de desperdicios de material de muros y acabados en virtud de la modulación del sistema, alta generación de empleo.
- Alta velocidad de construcción, se evita la colocación de obra falsa en virtud de que el refuerzo va colocado en la unidad de mampostería, permite utilizar entrepisos total o parcialmente prefabricados

- Se pueden aprovechar las perforaciones para instalación de ductos y cableado.
- Por las características físicas de las unidades brindan propiedades acústicas y térmicas.

1.5.2. Desventajas del sistema de mampostería reforzada

- Es necesario un riguroso control sobre materiales, mano de obra y proceso constructivo, se deben de conocer bien las características de las unidades de mampostería utilizadas.
- Se requiere suficiente y balanceada cantidad y longitud de muros en las dos direcciones ortogonales del edificio, no se pueden modificar de manera indiscriminada los muros de carga en virtud de su función estructural.
- En general se prefiere proyectar distancias cortas entre muros adyacentes, para diseñar placas de entrepiso económicas, de rápida y sencilla ejecución.
- No es conveniente su combinación con otros sistemas estructurales.
- Por las características del grout utilizado en las celdas, se dificulta la modificación, perforación o que se clave en ellos.

Tabla II Factores que afectan la resistencia a compresión de la mampostería

Factores que afectan la resistencia a compresión de la mampostería f'm		
Características unidades	Características morteros	Características prismas
Resistencia	Resistencia	Colocación
Absorción	Espesor	Proceso de elaboración
Humedad	Relaciona/c	Dirección de carga
Relación altura-espesor	Características de deformación	Adherencia
Geometría	Retención de agua	

Fuente: National Ready Mixed Concrete Association. ¿Que, por que y como? Grout (lechadas de relleno). USA 1998.2.

1.6. Normas y ensayos aplicables

Las normas establecen un criterio objetivo que debe tener un producto, proceso, sistema, persona o servicio; definen la seguridad, durabilidad, habilidad, fiabilidad, mantenimiento e intercambiabilidad. En ellas se unifican criterios respecto a determinadas materias y para la utilización de un lenguaje común en un campo de actividad concreto, es un pacto entre los fabricantes, los proveedores, los trabajadores, los consumidores, los usuarios y el gobierno donde se acuerdan las características técnicas que deberá reunir una persona, un producto, un proceso, un sistema, o un servicio. La mayoría de países tienen normativa propia, donde se indican los procedimientos y especificaciones para cada caso, la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) es el organismo regulador en este tema, también la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) ha publicado algunas normas relativas al grout para mampostería, generalmente basadas en las normas de la *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Fomentar la cultura de la seguridad, exigiendo que los materiales para construcción cumplan con las normas vigentes en nuestro país implica un gran esfuerzo, ya que se trata de romper esquemas que como consumidores hemos tenido a lo largo de nuestra

vida. En los proyectos de mampostería se deben realizar ensayos a los siguientes elementos y materiales:

- unidad de mampostería (bloques)
- muretes de mampostería
- mortero de pega
- mortero de relleno (grouting)
- acero de refuerzo
- elementos prefabricados para placas aéreas

2. GROUT

2.1. Definición

Es una mezcla fluida de concreto para llenar cavidades, sin sufrir segregación de sus componentes, además deberán de tener alta plasticidad para permitir el vaciado y alto asentamiento. (1)

Es un material fluido, autonivelante o eventualmente de consistencia plástica que se utiliza para rellenar completamente espacios estrechos, principalmente como relleno entre un anclaje y la perforación, y entre una placa base de una máquina o estructura y la fundación sobre la que se apoya. Otras aplicaciones típicas son en estructuras de hormigón postensado, para grouting de cables tensados en sus ductos y para efectuar inyecciones de mortero. (2)

Figura 3 Aplicación de grout para uniones de pedestales



Fuente: fotografía Eddy Bonilla, Novex Roosevelt, 2005

2.2. Tipos

El grout se identifica de acuerdo al uso que tenga en particular, se pueden mencionar las siguientes aplicaciones:

- Adherente para los cables de pretensado
- Barrenado de pilotes
- Para mampostería
- Para prefabricados
- Estructuras de concreto postensado
- Inyecciones de mortero

Al endurecer, el grout debe ser capaz de transmitir uniformemente los esfuerzos de la máquina o estructura hacia la fundación, permitiendo el óptimo funcionamiento de todo el conjunto. Una vez en servicio, experimenta tensiones estáticas y dinámicas, que pueden ser uniaxiales, biaxiales o triaxiales.

2.3. Producción

De acuerdo al tipo y cantidad de grout que se necesite se puede mezclar en obra, o bien se puede conseguir premezclado o predosificado en seco, algunos requieren la combinación de varios productos antes de su aplicación. Se llama grouting a la operación de aplicación del grout en su sitio, es un eslabón fundamental en la operación de una máquina, equipo o estructura, puesto que su misión es hacer de puente entre el elemento productivo y su fundación, permitiendo el óptimo funcionamiento de todo el conjunto.

Los materiales utilizados en su elaboración son mezclas de cemento hidráulico, agregados finos, agua y diversos aditivos químicos y adiciones

minerales, también los materiales epóxicos se utilizan desde hace varios años para confeccionar grout de gran calidad y rápida puesta en servicio, presentando las siguientes características:

- Grouts cementicios se presentan en forma de mezcla seca a la que se le agrega el agua en obra. Son de rápido endurecimiento, alta fluidez sin segregación o exudación y exentos de retracción una vez colocados en su sitio, por lo que se les utiliza en todo tipo de rellenos en general.
- Grouts epóxicos se presentan en tres componentes (dos líquidos y uno en polvo), presentan cualidades adicionales respecto a los cementicios, ya que otorgan resistencias mecánicas mayores a muy corto plazo y una alta resistencia química.

Figura 4 Aplicación de grout epóxico en cimentación



Fuente: fotografía Eddy Bonilla, Novex Roosevelt, 2005

2.4. Características

El grout es un material fluido, autonivelante o eventualmente de consistencia plástica que se utiliza para rellenar completamente espacios estrechos, principalmente como relleno entre un anclaje y la perforación, y entre una placa base de una máquina o estructura y la fundación sobre la que se apoya, la consistencia del grout puede cambiar en virtud de las condiciones climáticas en el lugar del proyecto.

Existen dos procedimientos generales en uso para colocar el grout: a baja altura y en altura, para cumplir su función debe satisfacer los siguientes requerimientos:

- Buena fluidez para facilitar la colocación y asegurar un llenado completo y una máxima área de contacto o superficie de apoyo.
- Libre de retracciones bajo placas o en las perforaciones.
- Exudación y expansión controladas, lo que asegura la adherencia y el traspaso de cargas.
- Baja inclusión de aire.
- Altas resistencias mecánicas. Una máquina en operación puede generar cargas de compresión, impacto, tracción, torsión y cizalle.
- Resistencia térmica.
- Resistencia ante sustancias agresivas.
- Rápida puesta en servicio.
- Facilidad de aplicación.
- Rápido desarrollo de resistencias.

La selección cuidadosa del grout más apropiado para cada aplicación en particular es de mucha importancia. Puesto que el costo del grouting suele ser una muy pequeña proporción del costo total de instalación de los equipos y estructuras, se justifica plenamente el uso de productos de la más alta calidad y moderna tecnología.

Figura 5 Aplicación de grout epóxico en anclaje de equipo



Fuente: Construcción de Silos de almacenaje en Planta Demagusa, Chimaltenango, Guatemala, 2002

2.5. Normativa aplicable

Las normas son documentos que contienen especificaciones técnicas elaboradas por consenso de las partes interesadas: fabricantes, gobierno, usuarios y consumidores; centros de investigación y laboratorios; asociaciones y colegios profesionales; agentes sociales, etc., están basados en los resultados de la experiencia y el desarrollo tecnológico. Fomentar la cultura de la seguridad, exigiendo que los materiales para construcción cumplan con las normas vigentes en nuestro país implica un gran esfuerzo, ya que se trata de romper esquemas que como consumidores hemos tenido a lo largo de nuestra vida. Para la industria de la construcción existe un gran número de normas enfocadas principalmente a los productos, a los métodos de prueba en laboratorio y para la coordinación modular.

El boom de la construcción después de la II Guerra Mundial impulsó el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales en esta actividad, permitiendo el

uso de la mampostería reforzada relleno de los espacios de las unidades con grout en nuevas aplicaciones, para esto fue necesario elaborar las normas que permitieran evaluar las ventajas de este sistema constructivo. Los grouts de aplicaciones especiales frecuentemente requieren modificaciones a los ensayos normalizados, lo cual debe de discutirse al inicio del proyecto y anotarlo en las especificaciones del mismo. Los productos de mala calidad, productos comprados en el mercado informal y que no estén certificados; pueden ser los principales culpables de la poca confiabilidad en términos de seguridad de nuestras edificaciones privadas y públicas.

3. GROUT PARA MAMPOSTERÍA

3.1. Definición

Mezcla de material cementante con o sin agregados o aditivos, a la cual se le adiciona una cantidad suficiente de agua para lograr una consistencia fluida o de bombeo sin segregación de los materiales constituyentes. (1)

Mezcla de material cementicio (cementante) y agua, con y sin agregados, dosificada para obtener una consistencia que permita su colocación sin que se produzca la segregación de sus ingredientes. (3)

3.2. Tipos

El grout se utiliza para llenar espacios o cavidades y garantizar la continuidad de los elementos de la construcción, algunas veces actúa con capacidad estructural. La clasificación más utilizada se basa en el tamaño del agregado que se pueda utilizar y las condiciones de los proyectos (normales o congestionados de acero de refuerzo).

3.2.1. Grout fino (lechada fina)

Se usa cuando se tiene un espacio de 0.64 cm ($\frac{1}{4}$ " o más entre el acero de refuerzo y la unidad de mampostería, utiliza únicamente agregado fino.

Tabla III Granulometrías recomendadas de agregado fino para morteros, concretos y grout

Especificación de granulometría agregado fino (% que pasa)			
Tamiz No.	Morteros	Concretos	Grout
3/8"	100	100	100
4	100	100	100
8	95 - 100	95 - 100	80 - 100
16	70-100	70-100	50-85
30	40-75	40-75	25-60
50	10-35	20-40	10-30
100	2-15	10-25	2-10
200	0-0	0-10	--

Fuente: Salamanca Correa Rodrigo. La tecnología de los morteros. 2002.

3.2.2. Grout grueso (lechada gruesa)

Se usa cuando se tiene un espacio de 1.3 cm (1/2") o más entre el acero de refuerzo y la unidad de mampostería, utiliza agregado fino y adicionalmente agregado grueso hasta un tamaño máximo nominal de 0.99 (3/8").

3.3. Producción

De acuerdo al tipo y cantidad de grout que se necesite, se puede mezclar en obra o bien se puede conseguir premezclado en seco o pre dosificado, los usos del producto pueden ser:

- Fundición de pines de refuerzo vertical.
- Fundición de soleras.
- Fundición de vigas formadas con block.

La necesidad inherente de calidad en materiales premezclados, impulsó el desarrollo de bolsas preparadas que tuvieran el peso, dosificación correcta y calidad en los agregados, que en obra es complicado controlar. Algunas de las ventajas que ofrecen los productos premezclados en seco o pre dosificados en planta son:

- Control de bodega.
- Mejor calidad de agregados (no contaminados).
- Peso exacto.
- Fácil transporte.
- Limpieza en obra.
- Control del rendimiento de la bolsa.
- Ahorro en tiempo de mano de obra.
- Granulometría adecuada de los agregados.

Tabla IV Granulometría agregados para diferentes tipos de grouts

Granulometría agregados para grouts (% que pasa)		
Tamaño de tamiz	Grout fino	Grout grueso
1/2 "	100	100
3/8	85-100	90-100
4	10-30	20-55
8	0-10	5-30
16	0-5	5-10
30	0-0	0-5

Fuente: Salamanca Correa Rodrigo. La tecnología de los morteros. 2002.

3.4. Materiales

El grout para mampostería es una mezcla de materiales cementicios, agregados (fino y gravilla), aditivos y suficiente agua para que fluya fácilmente, sin segregaciones, dentro de los huecos o cavidades de los bloques.

3.4.1. Cemento

La elección del cemento más adecuado en cada caso tiene gran influencia técnica y económica en las mezclas. Ante una gran variedad de cementos disponibles es preciso distinguir en términos de la resistencia mecánica desarrollada y la durabilidad que presentan con el tiempo ante los diversos agentes agresivos. Se pueden usar los tipos de Cemento Portlánd que cumplen con lo especificado en las normas ASTM C-150 o C-595.

3.4.2. Aditivos

Debido a que el grout se encoge a medida que endurece por la pérdida inicial de agua y por la hidratación del cemento, se hace necesario el uso de aditivos para compensar esta situación, también en climas fríos se puede considerar el uso de un acelerante. Cuando se utilizan aditivos y/o adiciones, se aprobarán previamente por parte de la dirección de obra y en cualquier caso se garantizará que no afectan de forma negativa a la durabilidad de los materiales componentes ni a cualquier otra propiedad.

Tabla V Tipos de aditivos químicos (ASTM C-494)

Tipo	Descripción
A	Aditivos reductores de agua
B	Aditivos retardantes
C	Aditivos acelerantes
D	Aditivos reductores de agua y retardantes
E	Aditivos reductores de agua y acelerantes
F	Aditivos reductores de agua de alto rango
G	Aditivos reductores de agua de alto rango y retardantes

Fuente: Sánchez de Guzmán Diego. Tecnología del concreto y del mortero, 2001.

3.4.3. Agregados

Los agregados cumplirán de forma general las especificaciones contenidas en las normas aplicables en relación a las características físicas,

químicas y mecánicas. El tamaño máximo irá en función de las dimensiones de los huecos a rellenar y del recubrimiento necesario de las armaduras, no siendo aconsejable el uso de tamaños superiores a 2.0 cm aconsejándose de forma general los tamaños de 1.0 y 1.2 cm.

3.5. Características

La mezcla se adhiere a las unidades de mampostería y al acero de refuerzo para favorecer el funcionamiento estructural del muro, aumenta la resistencia del muro y ayuda a la transmisión de esfuerzos, además mejora algunas de sus propiedades como el aislamiento acústico y térmico y la resistencia al fuego del muro. Puede ser prescrito por resistencia o por dosificación (en peso o en volumen) y debe contener sólo el agua suficiente para obtener la resistencia especificada y la adecuada docilidad. Muchas veces se confunden los términos mortero y grout pero tienen diferencias bien claras.

Tabla VI Diferencias entre morteros y grout para mampostería

Diferencias entre las mezclas de morteros y grout para mampostería		
Característica	Mortero	Grout
Agregado fino	Es esencial para su elaboración	Debe tenerlo en un porcentaje que no sobrepase la cantidad de cemento
Consistencia	Fluidez 105-115 % mesa de flujo	Necesaria para su fácil colocación
Función/servicio	Generar adherencia entre elementos	Servir de relleno dentro de las unidades de mampostería

Fuente: Rochelle Jaffe. La Mezcla en Mampostería. Entendiendo el mortero y la mampostería. 2004.

3.5.1. Resistencia a compresión

Debe medirse a los 28 días de edad en probetas moldeadas con las unidades de mampostería que se utilizarán en el proyecto (ASTM C-1019), el valor del $f'_{c_{grout}}$ debe ser compatible con la resistencia a compresión de la mampostería f'_m , se recomienda un rango entre 1.5 y 2.0 (Manual del Ingeniero Civil, Tomo II, Cuarta Edición)

Figura 6 Elaboración de probetas resistencia a compresión grout en obra



Fuente: Ángel San Bartolomé. Estudio experimental de cuatro alternativas para impedir la falla por deslizamiento en los muros de albañilería armada. 2000.

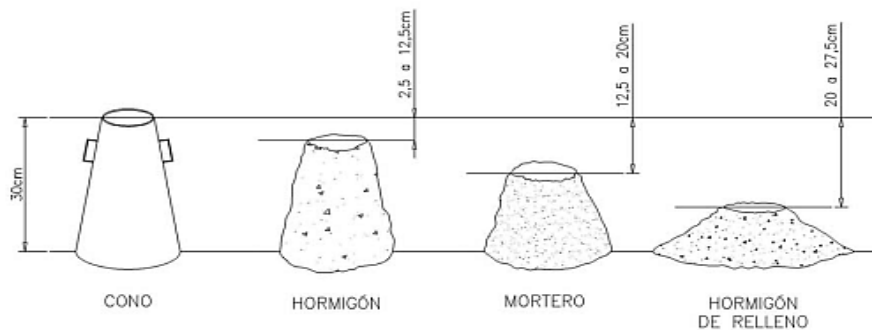
3.5.2. Fluidez

Debe tener las características de una emulsión para que penetre en todas las cavidades del muro. Los factores que determinan la trabajabilidad son la altura para el vertido de la lechada, absorción de las unidades y las condiciones climáticas.

3.5.3. Consistencia

Debe tener una elevada trabajabilidad, dependiendo del tamaño del agregado utilizado, debe ser tal que asegure que los huecos se llenen completamente, cuando el grout se coloca.

Figura 7 Diferentes grados de consistencia en mezclas para mampostería

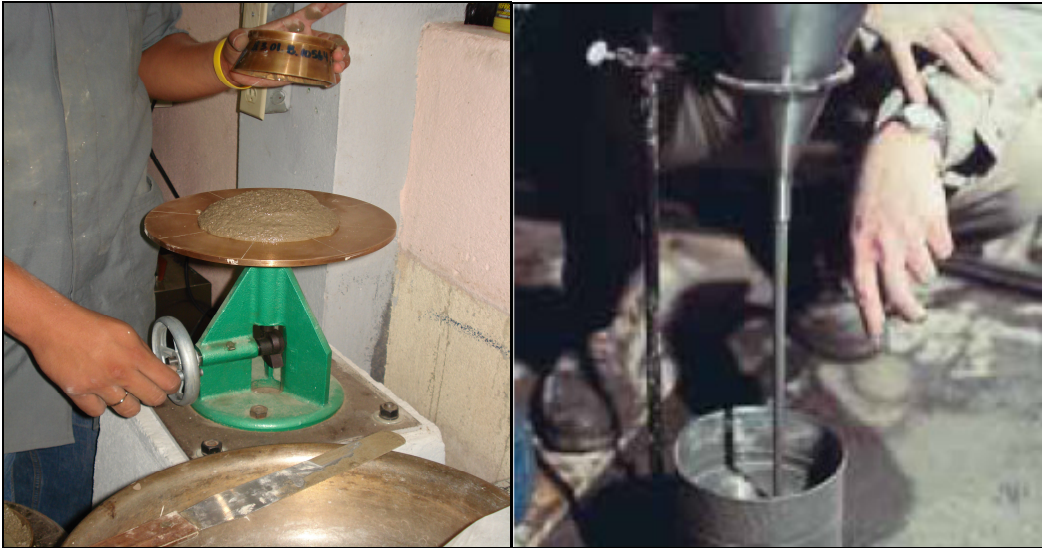


Fuente: National Ready Mixed Concrete Association. ¿Que, por que y como? Grout. 1998.

El método de ensayo depende del tamaño del agregado que se utiliza en la mezcla:

- Grout fino: la consistencia se determina mejor con el cono de fluidez (ASTM C-939), si este da un resultado mayor de 35 segundos se puede medir con la mesa de flujo con la variación de 5 golpes en 3 segundos.
- Grout grueso: evaluarlo con el cono de Abrams (ASTM C-143) con asentamientos entre 20-28 cm.

Figura 8 Ensayos consistencia grout fino



Fuentes: fotografía Eddy Bonilla y Estudio experimental de cuatro Alternativas para impedir la falla por deslizamiento en muros de albañilería armada. Perú. 2003.

Figura 9 Ensayo consistencia grout grueso



Fuente: Estudio experimental de cuatro Alternativas para impedir la falla por deslizamiento en muros de albañilería armada. Perú. 2003.

3.5.4. Adherencia

Debe permitir la unión mecánica entre el relleno y las unidades de mampostería, la cual crece al reducirse la relación a/c.

3.5.5. Retención de agua

Es una medida de la habilidad del grout para mantener su plasticidad cuando quede en contacto con una superficie absorbente (como una unidad de mampostería), se utiliza el mismo procedimiento que para morteros de mampostería. La retención de agua incide en la velocidad de endurecimiento y la resistencia a la compresión ya que afecta la hidratación del cemento, adquiere mayor importancia en el caso de que las unidades utilizadas presenten una alta absorción (deben de tener un contenido de humedad adecuado, húmedas no mojadas), puede ser mejorada mediante la adición de aditivos plastificantes y agentes incorporadores de aire.

Figura 10 Equipo de ensayo retención de agua



Fuente: fotografía Eddy Bonilla, Laboratorio Cementos Progreso, 2009

3.6. Normativa aplicable

En Guatemala la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) y la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) han publicado normativa sobre el uso de grout en construcción, principalmente como lechada de relleno. En 1980 la *American Society for Testing and Materials* (ASTM) revisó la norma ASTM C-476 dirigida a regular lo relativo al grout para mampostería reforzada y sin reforzar, en 1984 fue publicada la norma ASTM C-1019, a continuación se presentan normas de la ASTM:

- ASTM C 185-99 Método estándar para contenido de aire de morteros de cemento hidráulico.
- ASTM C-404 Especificación Estándar Para Agregados de Grouts para Mampostería.
- ASTM C-476 Especificación Estándar de Grouts para Mampostería.
- ASTM C-939 Método de Ensayo de Flujo de Grout Predosificado (método del cono).
- ASTM C 940-R03 Método de Ensayo de expansión y sangrado de mezclas de grout para agregado de concreto pre colocado en laboratorio.
- ASTM C 941-02 Método de Ensayo de retención de agua de mezclas de grout para agregado de concreto pre colocado en laboratorio.
- ASTM C-942 Método de Ensayo Estándar de Resistencia a Compresión de Grout Predosificado (en laboratorio).
- ASTM C-1019 Muestreo y Ensayo de Grouts de Mampostería.

4. DESARROLLO EXPERIMENTAL

4.1. Definición muestra de estudio

Se evaluaron grouts para mampostería pre dosificados disponibles en el mercado nacional, para esto se seleccionaron 6 de las principales empresas que comercializan y elaboran productos para la construcción, se elaboró una boleta de campo con el objeto obtener información sobre el tipo de mezclas pre dosificadas que manejan, principalmente lo relativo a grouts para mampostería (lechada de relleno), las muestras fueron facilitadas por las empresas visitadas.

Tabla VII Resultados encuesta disponibilidad de grout mercado nacional

Muestra estudio			
Empresa consultada	Productos pre dosificados y/o premezclados en seco		
	Morteros	Concretos	Grout
1	X	X	X
2	X	X	
3	X	X	
4	X	X	X
5	X		
6	X	X	

4.1.1. Grout para mampostería predosificados disponibles en Guatemala

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la mayoría de empresas manejan morteros y concretos, la disponibilidad de grout es reducida pues únicamente se obtuvieron dos muestras, las que fueron facilitadas por las fabricantes, se trasladaron al Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC para su análisis, se identificaron de la siguiente manera:

- **MG1** (mezcla grout empresa 1)
- **MG4** (mezcla grout empresa 4)

4.1.2. Normativa aplicable

De acuerdo a los objetivos del presente estudio se siguieron los procedimientos y especificaciones de la norma ASTM C-476, a continuación se presentan las normas de uso regular para agregados y mezclas de concreto aplicables.

Tabla VIII Normas aplicables

Norma	Aplicación
ASTM C-33	Especificación estándar para agregados para concretos.
ASTM C-39	Método estándar de ensayo resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto.
ASTM C-143	Método de ensayo estándar para asentamiento de concreto de cemento hidráulico.
ASTM C-192	Práctica estándar para elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio.
ASTM C-231	Método de ensayo estándar para contenido de aire en mezclas de concreto fresco por el método de presión.
ASTM C-1064	Método estándar de ensayo para temperatura de mezclas de concreto de Cemento Pórtland frescas.

4.2. Caracterización de grouts

Los ensayos se realizaron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC, en la Sección de Agregados y Concretos donde se cuenta con el equipo y personal calificado.

4.2.1. Información muestras

Los materiales se presentan premezclados en seco (combinados), con base al contenido del saco se definen los siguientes criterios para cada muestra:

- Fracción gruesa (retenido tamiz No. 4)
- Fracción fina (pasa tamiz No. 4)

A continuación se presenta la información o recomendaciones del fabricante impresa en el saco del producto.

Tabla IX Descripción muestras evaluadas

Descripción muestras evaluadas												
Muestra	Tipo de grout		Especificaciones fabricante					Contenido saco (%)				Observaciones
			Peso (kg)	f _c (kg/cm ²)	Agua recomendada (l)	Contenido de aire (%)	Fracción gruesa (% retenido tamiz No. 4)			Fracción fina (% pasa tamiz No. 4)		
							Tamiz 1/2	Tamiz 3/8	Tamiz No. 4		Total	
MG1	X		50.0	140.0	8.0	< 3.0	0.20	2.90	47.50	50.70	49.30	Materiales premezclados en seco
MG4	X		40.0	--	--	--	0	0.04	43.50	43.60	56.40	

Figura 11 Dosificación materiales MG1

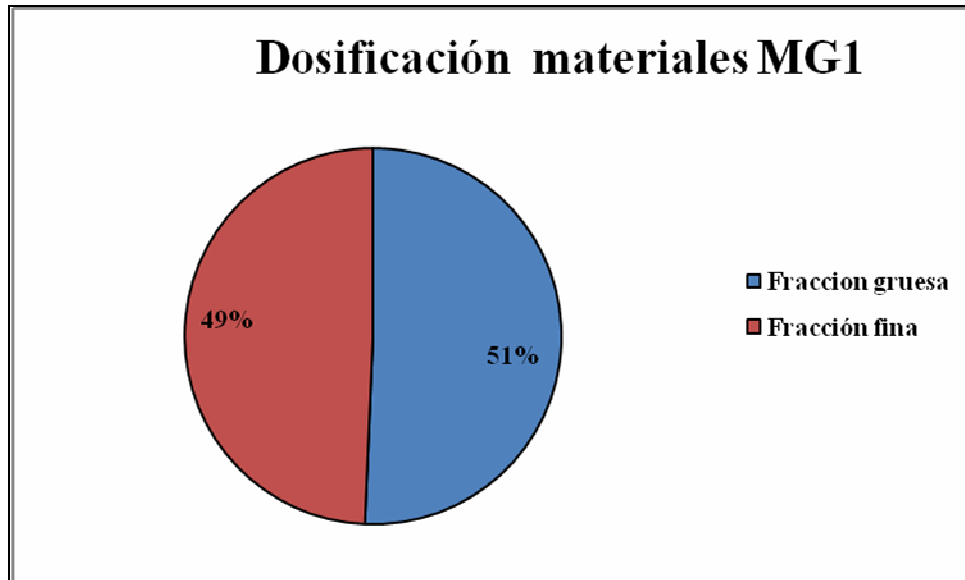


Figura 12 Dosificación materiales MG2

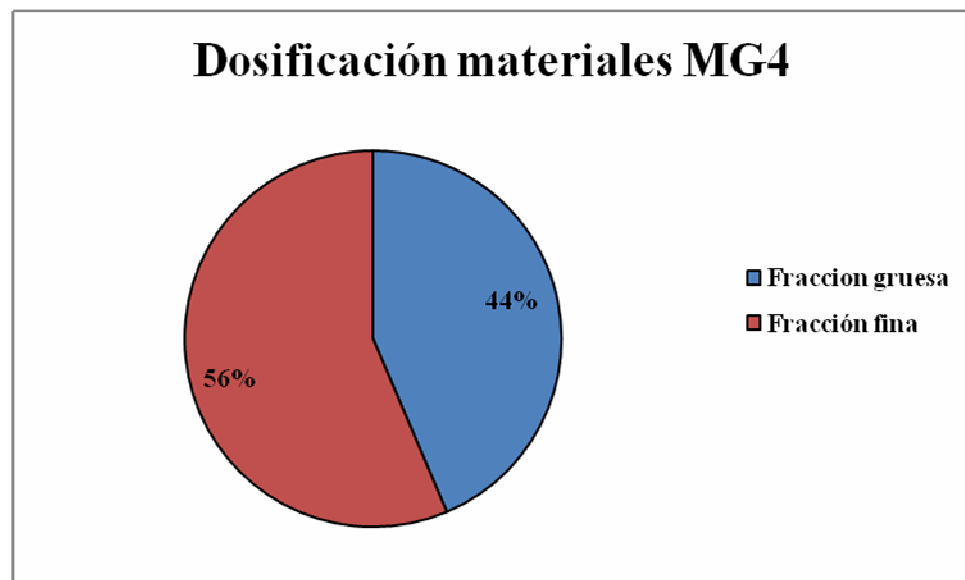
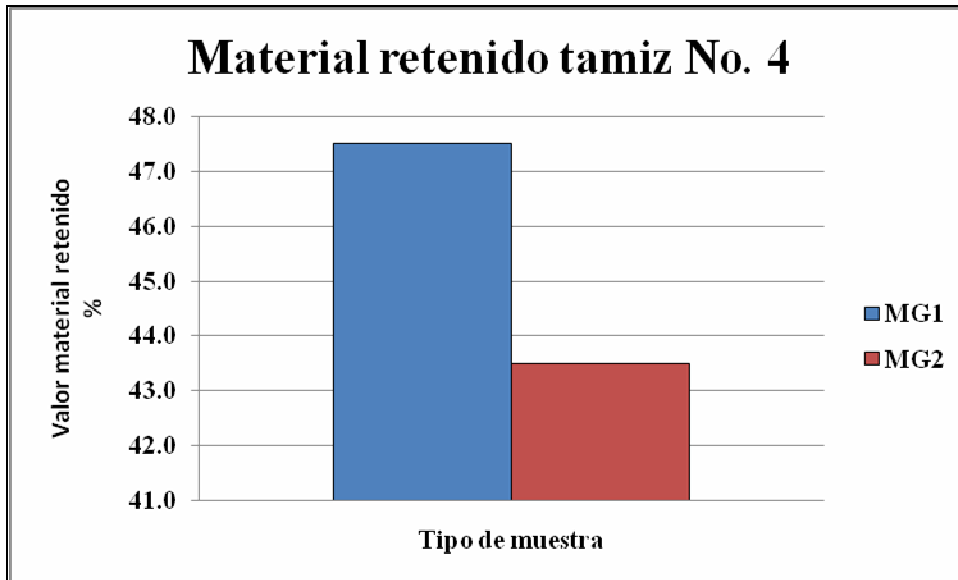


Figura 13 Material retenido tamiz No. 4



4.2.2. Caracterización materiales

Los materiales vienen premezclados en seco, no se identifica el tipo de cemento utilizado en cada muestra, no presentan ningún grado de hidratación.

4.2.2.1. Agregado

El agregado es diferente para cada muestra, el contenido se pasó por el tamiz No. 4 para separar la fracción gruesa y fina, luego se caracterizó la fracción gruesa (retenido tamiz No. 4), se identificaron de la siguiente manera:

- **A-MG1** (agregado mezcla grout empresa 1)
- **A-MG4** (agregado mezcla grout empresa 4)

Tabla X Resultados caracterización agregados

Caracterización agregados		
Parámetro evaluado	Tipo de muestra	
	A-MG1	A-MG4
Peso específico (g/cm³)	2.55	2.69
Peso unitario compactado (kg/m³)	1514.3	1515.7
Peso unitario suelto (kg/m³)	1374.3	1398.60
% de vacíos	40.6	43.4
% de absorción	0.83	0.34
Tamaño máximo agregado (cm)	1.0 (³/₈")	0.64 (¹/₄")
Granulometría	Según diseño	Según diseño

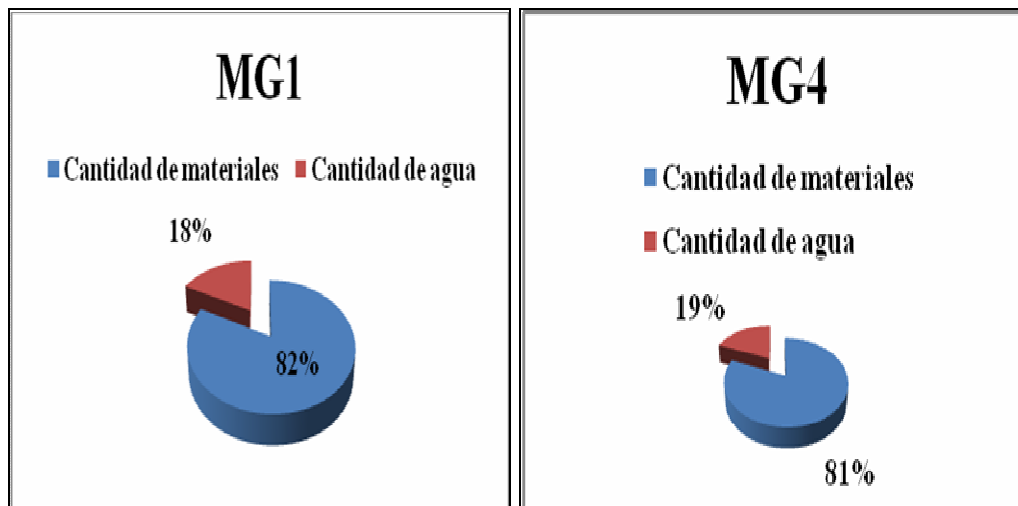
4.2.3. Mezclas

Todas las mezclas fueron elaboradas a mano (procedimiento y manejo igual) a efecto de que esto no fuera variable, se evaluó la trabajabilidad (entre 8-10") de acuerdo a lo indicado por el fabricante, se elaboraron especímenes cilíndricos para evaluar la resistencia a compresión de cada grout.

Tabla XI Dosificación mezclas grouts

Dosificación mezclas grouts		
Parámetro evaluado	Tipo de mezcla	
	MG1	MG4
Cantidad material premezclado en seco (kg)	75.0	60.0
Agua (l)	16.0	14.0
Relación agua/material	0.21	0.23

Figura 14 Dosificación mezclas

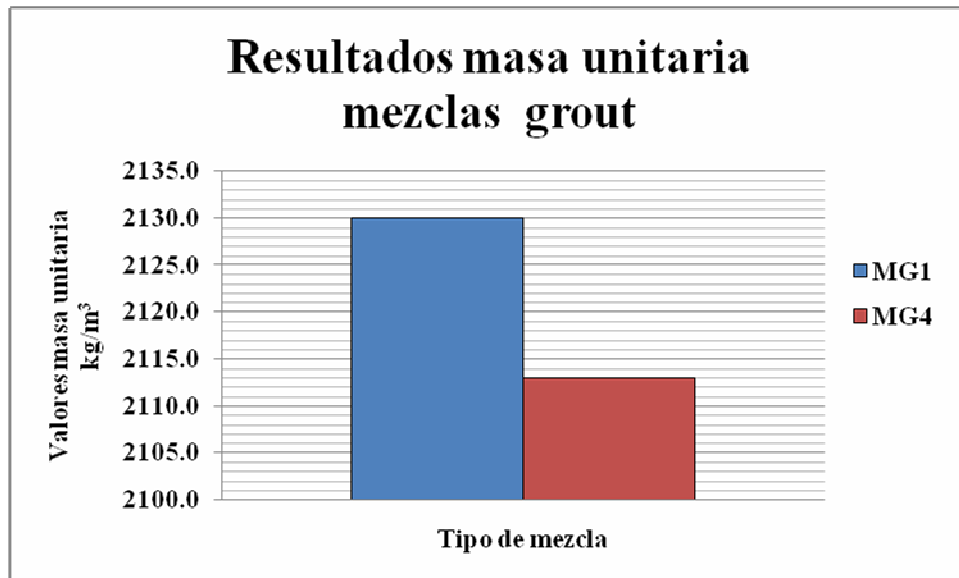


4.2.3.1. Estado fresco

Tabla XII Resultados caracterización grouts

Caracterización grouts			
Parámetro evaluado		Tipo de mezcla	
		MG1	MG4
Temperatura °C	Ambiente	21.5	21.5
	Mezcla grout	24.0	23.5
Asentamiento (cm)		25.4	24.1
Contenido de aire %		3	4
Masa unitaria kg/m ³		2130.0	2112.9

Figura 15 Masa unitaria mezclas



4.2.3.2. Estado endurecido

La elaboración, curado y ensayo de las muestras fueron iguales, a efecto de que esto no fuera variable, las probetas para resistencia a compresión se elaboraron con moldes cilíndricos y se ensayaron a 1, 7 y 28 días.

Tabla XIII Resultados resistencia a compresión

Resultados resistencia a compresión MPa (kg/cm ²)									
Tipo de mezcla	Edad (días)								
	1			7			28		
	Esfuerzo MPa (kg/cm ²)	Promedio MPa (kg/cm ²)	σ	Esfuerzo MPa (kg/cm ²)	Promedio MPa (kg/cm ²)	σ	Esfuerzo MPa (kg/cm ²)	Promedio MPa (kg/cm ²)	σ
MG1	9.5 (96.6)	8.6 (87.4)	0.78	18.5 (188.2)	18.1 (185.0)	0.31	22.6 (230.4)	23.4 (238.3)	0.46
	8.2 (83.2)			18.1 (184.7)			23.5 (239.4)		
	8.1 (82.5)			17.9 (182.2)			23.2 (232.7)		
MG4	5.9 (59.8)	6.2 (63.2)	0.36	13.4 (136.8)	13.7 (140.0)	0.36	18.7 (190.4)	18.8 (192.2)	0.15
	6.6 (67.6)			13.6 (139.0)			19.0 (193.3)		
	6.1 (62.2)			14.1 (144.2)			18.9 (192.8)		

Figura 16 Resultados resistencia a compresión

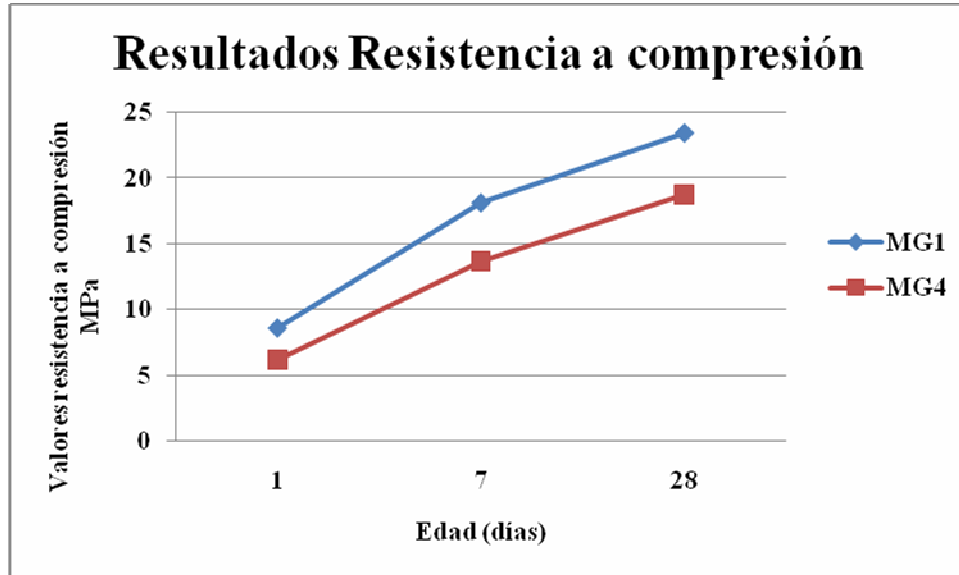


Figura 17 Resistencia a compresión MG1

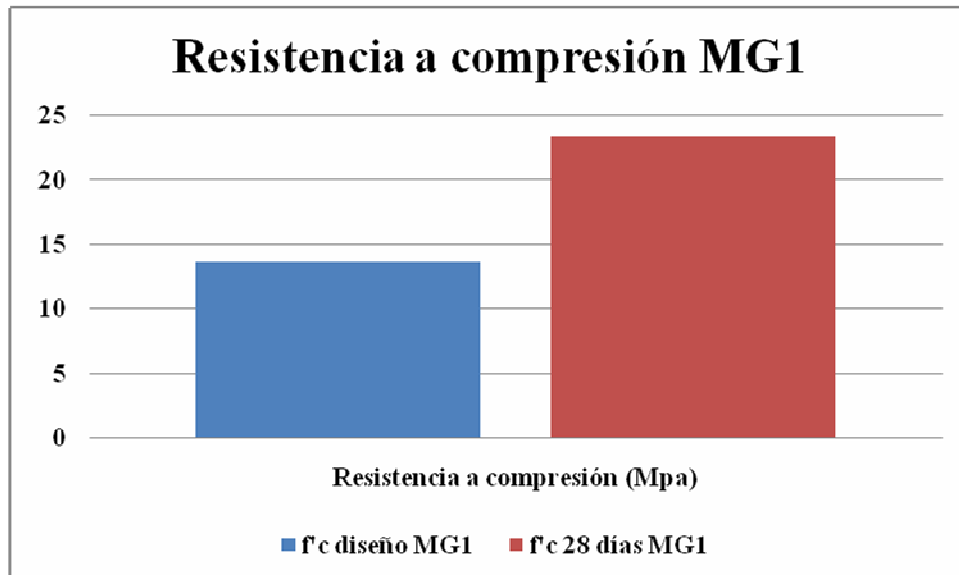


Tabla XIV Resultados correlación

Tipo de mezcla	Coefficiente de variación
MG1	$y = 0.470x + 11.04$ $R^2 = 0.792$
MG4	$y = 0.408x + 8.001$ $R^2 = 0.833$

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Dosificación

Entre las ventajas de las mezclas premezcladas en seco, se tienen calidad uniforme y controlada, fluidez y trabajabilidad óptima, facilidad de manejo, mínimo desperdicio y trabajo limpio.

El contenido de agregados (fino y/o grueso) define las muestras evaluadas, de acuerdo a los resultados obtenidos **MG1 y MG4** son grout finos (tamaño máximo del agregado 1.3 cm ($\frac{3}{8}$ ")), el contenido de material que pasa tamiz No. 4 (fracción gruesa) es **MG1** (50.7 %) > **MG4** (43.6 %).

5.2. Materiales

Se consideran adecuados para su uso en mezclas de grout para mampostería, el cemento no presenta señales de hidratación.

5.2.1. Agregado (fracción gruesa)

5.2.1.1. Peso específico

De acuerdo a los resultados obtenidos, **A-MG1** (2.55) < **A-MG4** (2.69), lo que significa mayor carga muerta en la estructura, menor rendimiento de las mezclas, pero también mayor resistencia mecánica.

5.2.1.2. Peso unitario

Depende del tamaño, granulometría, forma y textura de los agregados, de acuerdo a los resultados obtenidos para el peso unitario compactado (valor útil en el diseño de mezclas) **A-MG1** (1514.3 kg/m³) < **A-MG4** (1515.7 kg/m³). El peso unitario suelto (valor útil para el manejo de agregados) **A-MG1** (1374.3 kg/m³) < **A-MG4** (1398.6 kg/m³).

5.2.1.3. Porcentaje de vacíos

De acuerdo a los resultados obtenidos, **A-MG1** (40.6) < **A-MG4** (43.4), condición que hay que considerar al momento de utilizar los productos.

5.2.1.4. Porcentaje de absorción

De acuerdo a los resultados obtenidos, **A-MG1** (0.83) > **A-MG4** (0.34), condición que hay que considerar al momento de utilizar los productos.

5.2.1.5. Granulometría (tamaño máximo del agregado)

De acuerdo al diseño del fabricante, las granulometrías se consideran adecuadas para su uso en mezclas de grouts para mampostería, el tamaño máximo del agregado es para **MG1** (1.0 cm ($\frac{3}{8}$ ")) y **MG4** 0.6 cm ($\frac{1}{4}$ ") respectivamente, de acuerdo al diseño particular de cada producto.

5.3. Evaluación de mezclas de grout

5.3.1. Estado fresco

5.3.1.1. Relación agua/cemento

La relación a/c deberá ser considerada en la mezcla para alcanzar la resistencia deseada, el agua que se utiliza en exceso deberá ser absorbido por las unidades de mampostería utilizadas en cada obra, como no se cuenta con el valor del contenido de cemento se utilizó la relación agua/materiales premezclados en seco. De acuerdo con los resultados obtenidos **MG1** (21.0 %) < **MG4** (23.0 %), se consideran adecuadas para el estudio.

5.3.1.2. Temperatura

La temperatura depende del aporte calorífico de cada uno de sus componentes, grouts con temperaturas mayores requieren más agua de

mezclado para determinado asentamiento. De acuerdo con los resultados obtenidos **MG1** (24.0°C) > **MG4** (23.5 °C), influyen el tipo de cemento y las condiciones ambientales al momento de la mezcla.

5.3.1.3. Consistencia

El valor de la trabajabilidad, depende de las dimensiones del elemento, tipo de armado y medio de puesta en obra, se necesita una fluidez adecuada para que pueda distribuirse uniformemente en los muros sin segregarse. De acuerdo con los resultados obtenidos **MG1** (25.4 cm) > **MG4** (23.5 cm) están dentro del rango fijado 20.3-25.4 cm (8-10”), por lo que se consideran adecuados para el estudio.

5.3.1.4. Masa unitaria

Su valor depende de los agregados, su granulometría y proporciones dentro de las mezclas, en menor escala la relación a/c. De acuerdo a los resultados obtenidos, **MG1** (2130.0 kg/m³) > **MG4** (2112.9 kg/m³).

5.3.1.5. Contenido de aire

Durante los procesos de dosificación y mezclado se introduce un volumen de aire variable en cantidad, forma y tamaño de las burbujas, este puede ser liberado por medio de una adecuada compactación. Se relaciona con la porosidad de cada tipo de agregado, tener en cuenta que el contenido de aire reduce la resistencia del grout pero ayuda a su manejo y colocación. Se evaluó por medio del método de presión, de acuerdo a los resultados obtenidos, **MG1** (3.0 %) < **MG4** (4.0 %) cumplen con las especificaciones de la norma ASTM C-231.

5.3.2. Estado endurecido

5.3.2.1. Resistencia a compresión

La resistencia del grout debe ser compatible con las resistencias de los materiales de los muros, la resistencia de la mampostería estará restringida, principalmente por la resistencia de los bloques. De acuerdo a los resultados obtenidos para las dos mezclas, $f'c$ 1 día < $f'c$ 7 días < $f'c$ 28 días, **MG1** tiene valores mayores en todas las edades, **MG1 (8.6, 18.1 y 23.4 MPa) > MG4 (6.2, 13.7 y 18.8 MPa)** respectivamente. Para las dos mezclas los valores de $f'c$ a 28 días se consideran altos en relación a la resistencia de la mampostería, para **MG1** $f'c$ 28 días = 1.7 $f'c$ de diseño, lo que puede afectar el comportamiento de la estructura.

CONCLUSIONES

1. Para comprender el comportamiento de la mampostería es necesario conocer los materiales utilizados, principalmente del conjunto cemento-mortero-unidad de mampostería.
2. La resistencia de la mampostería depende del conjunto de los materiales utilizados, la resistencia a compresión del grout debe ser mayor que la de la unidad de mampostería ($f'_{cgrout} = 1.4 f'_{c block}$ utilizado).
3. Los proveedores de grouts deben de facilitar información técnica sobre sus productos a los interesados, las especificaciones deberán estar basadas en la resistencia a compresión y la consistencia. Solo **MG1** ofrece especificaciones impresas en sus sacos.
4. La consistencia utilizada en las mezclas se considera adecuada para grouts para mampostería (permite la colocación y facilita alcanzar los valores de resistencia considerados).
5. Las mezclas evaluadas tiene casi el mismo valor de peso unitario, hay que darle la consistencia adecuada a cada mezcla que permita su manejo adecuado.
6. La granulometría de las muestras analizadas depende del criterio del fabricante (diseño), **MG1** y **MG4** tienen igual tamaño máximo de agregado grueso. De acuerdo al tamaño y granulometría de los

materiales de cada mezcla, los grouts (premezclados en seco) evaluados son del tipo grout fino.

7. De acuerdo a lo indicado por el fabricante, **MG1** alcanza el valor especificado para el contenido de aire (3.0 %) y sobrepasa el $f'c$ de diseño en un 70 %.
8. Los valores de resistencia a compresión obtenidos para las dos mezclas, se consideran altos en relación a la resistencia de la mampostería.

RECOMENDACIONES

1. Impulsar otros estudios en mampostería dado que es el sistema constructivo que más se utiliza en Guatemala.
2. El uso de materiales pre-dosificados y premezclados en seco ayuda a reducir los costos dentro de los proyectos de ingeniería civil, aunque deben de conocerse sus características para su uso.
3. Para alcanzar la resistencia adecuada a las mezclas es necesario un adecuado control de calidad sobre el personal y la dosificación, mezclado, manejo y curado de los materiales.
4. Cuando se utiliza grout grueso es necesario darle un proceso de vibrado a las mezclas por algún medio adecuado que facilite su colocación.
5. Cuando se evalúe la resistencia a compresión, se deben de obtener las muestras fundidas en las unidades de mampostería a utilizar en el proyecto.
6. En la práctica se debe evaluar la resistencia a compresión por medio de probetas fundidas con las unidades de mampostería que se utilicen en el cada proyecto.
7. El tipo de grout que se utilice, debe seleccionarse en base a las características de los materiales y el diseño considerados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sánchez de Guzmán Diego. **Tecnología del concreto y del mortero.** Colombia Bhandar editores 2001.
2. *National Ready Mixed Concrete Association.* **¿Qué, por qué y cómo? Grout (lechadas de relleno).** USA 1998.
3. Salamanca Correa Rodrigo. **La tecnología de los morteros.** Universidad Nacional de Colombia. 2002.
4. *ASTM Book of standars.*
5. COGUANOR. **Normas relacionadas con la industria de la construcción.**
6. Asociación Guatemalteca de Ingenieros Sísmicos y Estructurales AGIES. **Requisitos especiales para vivienda y otras construcciones menores NR 4.** Guatemala 2000.
7. Fichas técnicas grouts evaluados.

BIBLIOGRAFÍA

1. *American Concrete Institute Committee R116. **Cement and concrete terminology. ACI Manual of concrete practices. Part 1.***
2. Asociación Guatemalteca de Ingenieros Sísmicos y Estructurales AGIES. **Requisitos especiales para vivienda y otras construcciones menores NR 4.** Guatemala 2000.
3. *ASTM Book of standars.*
4. COGUANOR. **Normas relacionadas con la industria de la construcción.**
5. Fichas técnicas grouts predosificados disponibles en Guatemala.
6. *National Ready Mixed Concrete Association. **¿Qué, por qué y cómo? Grout (lechadas de relleno).*** USA 1998.
7. Rochelle, Jaffe. **La Mezcla en Mampostería. Entendiendo el mortero y la mampostería.** 2004.
8. Salamanca Correa, Rodrigo. **La tecnología de los morteros.** Universidad Nacional de Colombia. 2002.
9. San Bartolomé, Ángel, y otros. **Estudio experimental de cuatro alternativas para impedir la falla por deslizamiento en los muros de albañilería armada.** Pontificia Universidad Católica del Perú. 2000.

10. Sánchez de Guzmán, Diego. **Tecnología del concreto y del mortero.**
Colombia Bhandar Editores 2001.
11. Valdivieso Vidala, Luis y Valarezo, Marlon. **Curvas de diseño para grout obtenidas experimentalmente en el laboratorio.**
Universidad Técnica Particular de Loja, 2005

APÉNDICES

1. Boleta de campo

TRABAJO DE GRADUACIÓN

“ESTUDIO COMPARATIVO DE GROUTS PARA MAMPOSTERÍA PREDOSIFICADOS DISPONIBLES EN GUATEMALA, DE ACUERDO A LA NORMA ASTM C-476-08”

BOLETA DE CAMPO No. ____

ANÁLISIS OFERTA DE GROUT PREDOSIFICADO

1. Generales

- 1.1. Nombre de la empresa
- 1.2. Dirección
- 1.3. Nombre de la persona entrevistada
- 1.4. Puesto en la empresa
- 1.5. Fecha

2. Productos elaborados

- | | | | |
|----------|--------------------------------------|----|----|
| 2.1. | Prefabricados de concreto | SI | NO |
| 2.2. | Concreto premezclado | SI | NO |
| 2.3. | Mezclas pre dosificadas/premezcladas | SI | NO |
| 2.3.1. | Morteros | | |
| 2.3.1.1. | Tipos | | |
| 2.3.2. | Concretos | SI | NO |
| 2.3.3. | Grouts | SI | NO |
| 2.3.3.1. | Tipos | | |

2. Informe de laboratorio



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



Nº 007713

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

NORMA ASTM C-39

INFORME No. S. C. - 636

O.T. No. 24966

HOJA 1/1

INTERESADO: Eddy Antonio Bonilla Hernández Carné No. 1990 - 12578

ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION

PROYECTO: Trabajo de Graduación: "Estudio comparativo de los grouts para mampostería pre-dosificados disponibles en Guatemala, de acuerdo a la Norma ASTM C-476-08"

DIRECCION: 2a. Calle 2-5 zona 12 Colonia Guajitos

FECHA: 09 de julio de 2009.

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
1	125-07	08/06/09	1	Control de Calidad	4,015	10,990	59,77	850,14
2	126-07	08/06/09	1	Control de Calidad	3,99	10,937	67,60	961,47
3	127-07	08/06/09	1	Control de Calidad	4,010	10,990	62,16	884,15
4	128-07	08/06/09	7	Control de Calidad	4,080	11,067	136,76	1945,10
5	129-07	08/06/09	7	Control de Calidad	4,078	11,070	139,03	1977,44
6	130-07	08/06/09	7	Control de Calidad	4,050	10,960	144,24	2051,52
7	131-07	08/06/09	28	Control de Calidad	4,083	11,083	190,41	2708,26
8	132-07	08/06/09	28	Control de Calidad	4,062	11,067	193,34	2749,96
9	133-07	08/06/09	28	Control de Calidad	4,060	11,083	192,76	2741,70

OBSERVACIONES : El interesado proporciona:

- Material en Proporción Premezclada.
- Manufacturado Grupo Forte.

Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanez Mejicanos Jofe
Jefa Sección de Concretos

Nuevos Teléfonos:
Centro de Investigaciones de Ingeniería
Tels. (502) 2418-8000 ext. 86221 y 86209
Directos: (502) 2418-9115 - 2418-9121

m.c.

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

NORMA ASTM C-39
INFORME No. S. C. - 635
HOJA 1/1

O.T. No. 24966

INTERESADO: Eddy Antonio Bonilla Hernández Carné No. 1990 - 12578
ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION
PROYECTO: Trabajo de Graduación: "Estudio comparativo de los grouts para mampostería predosificados disponibles en Guatemala, de acuerdo a la Norma ASTM C-476-08"
DIRECCION: 2a. Calle 2-5 zona 12 Colonia Guajitos
FECHA: 09 de julio de 2009.

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DÍAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
1	116-07	08/06/09	1	Control de Calidad	4,220	10,937	96,57	1373,53
2	117-07	08/06/09	1	Control de Calidad	4,235	11,020	83,23	1183,73
3	118-07	08/06/09	1	Control de Calidad	4,250	10,910	82,49	1173,21
4	119-07	08/06/09	7	Control de Calidad	4,260	10,940	188,20	2676,74
5	120-07	08/06/09	7	Control de Calidad	4,270	10,973	184,66	2626,40
6	121-07	08/06/09	7	Control de Calidad	4,270	10,977	182,15	2590,71
7	122-07	08/06/09	28	Control de Calidad	4,255	11,083	230,37	3276,66
8	123-07	08/06/09	28	Control de Calidad	4,268	10,983	239,38	3404,70
9	124-07	08/06/09	28	Control de Calidad	4,236	11,083	232,73	3310,10

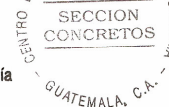
OBSERVACIONES : El interesado proporciona:
• Material en Proporción Premezclada.
• Manufacturado Mixto Listo.

Vo.Bo.



Inga. Telma Marcela Cano Morales
Directora CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Villanueva
Jefa Sección de Concretos



Nuevos Teléfonos:
Centro de Investigaciones de Ingeniería
Tels. (502) 2418-8000 ext. 86221 y 86209
Directos: (502) 2418-9115 - 2418-9121

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO																																																																																																																																																																																																								
INTERESADO: Eddy Antonio Bonilla Hernández Carné 1990 - 12578	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">INFORME No.</td> <td colspan="3">S.C. - 498</td> </tr> <tr> <td>Muestra:</td> <td>Fecha:</td> <td>O.T. No.</td> <td>Lab.</td> </tr> <tr> <td>Agregado Grueso 3/8"</td> <td>09/07/2009</td> <td>24966</td> <td>Concretos</td> </tr> </table> <p>PROYECTO: Trabajo de Graduación: "Estudio comparativo de los grouts para manpostera prefabricados disponibles en Guatemala, de acuerdo a la Norma ASTM C-476-08"</p>	INFORME No.	S.C. - 498			Muestra:	Fecha:	O.T. No.	Lab.	Agregado Grueso 3/8"	09/07/2009	24966	Concretos																																																																																																																																																																																												
INFORME No.	S.C. - 498																																																																																																																																																																																																								
Muestra:	Fecha:	O.T. No.	Lab.																																																																																																																																																																																																						
Agregado Grueso 3/8"	09/07/2009	24966	Concretos																																																																																																																																																																																																						
CARACTERISTICAS FISICAS: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso Especifico</td><td style="text-align: right;">2,55</td></tr> <tr><td>Peso Unitario (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1514,29</td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1374,29</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Vacios</td><td style="text-align: right;">40,61</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Absorcion</td><td style="text-align: right;">0,83</td></tr> <tr><td>% tamiz 200</td><td style="text-align: right;">-----</td></tr> <tr><td>% Desgaste por Sulfato de Sodio</td><td style="text-align: right;">-----</td></tr> <tr><td>% Desgaste por Abrasión</td><td style="text-align: right;">-----</td></tr> <tr><td>% Particulas Planas y alargadas</td><td style="text-align: right;">-----</td></tr> </table>	Peso Especifico	2,55	Peso Unitario (kg/m ³)	1514,29	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1374,29	Porcentaje de Vacios	40,61	Porcentaje de Absorcion	0,83	% tamiz 200	-----	% Desgaste por Sulfato de Sodio	-----	% Desgaste por Abrasión	-----	% Particulas Planas y alargadas	-----	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">No.50</td> <td style="width: 10%;">No.16</td> <td style="width: 10%;">No.8</td> <td style="width: 10%;">No.4</td> <td style="width: 10%;">3/8"</td> <td style="width: 10%;">1/2"</td> <td style="width: 10%;">3/4"</td> <td style="width: 10%;">1"</td> <td style="width: 10%;">1 1/2"</td> <td style="width: 10%;">2"</td> <td style="width: 10%;">2 1/2"</td> <td style="width: 10%;">3"</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">100</td> <td colspan="12" style="text-align: center;">% QUE PASA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">90</td> <td colspan="12" style="text-align: center;">LIMITES ASTM C-33</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">80</td> <td colspan="12" style="text-align: center;">TABLA #6 (190 a 9.5 mm)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">70</td> <td colspan="12" style="text-align: center;">GRAFICA DEL MATERIAL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">60</td> <td colspan="12"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">50</td> <td colspan="12"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">40</td> <td colspan="12"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">30</td> <td colspan="12"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td colspan="12"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10</td> <td colspan="12"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td colspan="12"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">300</td> <td style="text-align: center;">1,18</td> <td style="text-align: center;">2,36</td> <td style="text-align: center;">4,75</td> <td style="text-align: center;">9,5</td> <td style="text-align: center;">12,5</td> <td style="text-align: center;">19</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">37,5</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">63</td> <td style="text-align: center;">75</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="13" style="text-align: center;">Tamaño en Milímetros</td> </tr> </table>		No.50	No.16	No.8	No.4	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	100	% QUE PASA												90	LIMITES ASTM C-33												80	TABLA #6 (190 a 9.5 mm)												70	GRAFICA DEL MATERIAL												60													50													40													30													20													10													0													300	1,18	2,36	4,75	9,5	12,5	19	25	37,5	50	63	75		Tamaño en Milímetros												
Peso Especifico	2,55																																																																																																																																																																																																								
Peso Unitario (kg/m ³)	1514,29																																																																																																																																																																																																								
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1374,29																																																																																																																																																																																																								
Porcentaje de Vacios	40,61																																																																																																																																																																																																								
Porcentaje de Absorcion	0,83																																																																																																																																																																																																								
% tamiz 200	-----																																																																																																																																																																																																								
% Desgaste por Sulfato de Sodio	-----																																																																																																																																																																																																								
% Desgaste por Abrasión	-----																																																																																																																																																																																																								
% Particulas Planas y alargadas	-----																																																																																																																																																																																																								
	No.50	No.16	No.8	No.4	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"																																																																																																																																																																																													
100	% QUE PASA																																																																																																																																																																																																								
90	LIMITES ASTM C-33																																																																																																																																																																																																								
80	TABLA #6 (190 a 9.5 mm)																																																																																																																																																																																																								
70	GRAFICA DEL MATERIAL																																																																																																																																																																																																								
60																																																																																																																																																																																																									
50																																																																																																																																																																																																									
40																																																																																																																																																																																																									
30																																																																																																																																																																																																									
20																																																																																																																																																																																																									
10																																																																																																																																																																																																									
0																																																																																																																																																																																																									
300	1,18	2,36	4,75	9,5	12,5	19	25	37,5	50	63	75																																																																																																																																																																																														
Tamaño en Milímetros																																																																																																																																																																																																									
OBSERVACIONES: *Muestra proporcionada por el interesado.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Tamiz No.</td> <td style="width: 10%;">3/4"</td> <td style="width: 10%;">1/2"</td> <td style="width: 10%;">3/8"</td> <td style="width: 10%;">No.4</td> <td style="width: 10%;">No.8</td> <td style="width: 10%;">No.16</td> </tr> <tr> <td>% Que pasa</td> <td style="text-align: center;">100,00</td> <td style="text-align: center;">99,61</td> <td style="text-align: center;">94,06</td> <td style="text-align: center;">3,69</td> <td style="text-align: center;">-----</td> <td style="text-align: center;">-----</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">  SECCION DE CONCRETOS DIRECCION CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA GUATEMALA, G.U. </p> <p> Vo.Bo. Inga. Telma Maripela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC </p> <p style="text-align: right;"> Nuevos Teléfonos: Inga. Dilma Yanet Mejicanos (J) - Jefa Sección Concretos Centro de Investigaciones de Ingeniería Tels. (502) 2418-8000 ext. 8621 y 86209 Directos: (502) 2418-9115 - 2418-9121 m.c. </p>	Tamiz No.	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16	% Que pasa	100,00	99,61	94,06	3,69	-----	-----																																																																																																																																																																																										
Tamiz No.	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16																																																																																																																																																																																																			
% Que pasa	100,00	99,61	94,06	3,69	-----	-----																																																																																																																																																																																																			

AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA



INFORME No.

S. C. - 497

PROYECTO: Trabajo de Graduación: "Estudio comparativo de los grouts para mampostería pre-dosificados disponibles en Guatemala, de acuerdo a la Norma ASTM C-476-08"

INTERESADO:

Eddy Antonio Bonilla Hernández
Carné 1990 - 12578

Muestra:

Agregado Grueso 1/4"

Fecha:

09/07/2009

O.T. No.

24966

Lab.

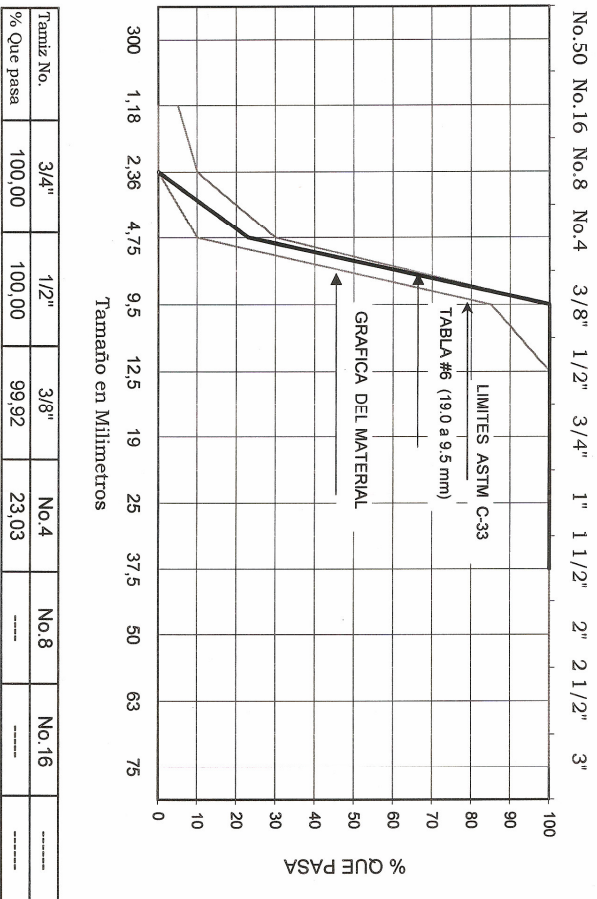
Concretos

CARACTERISTICAS FISICAS:

Peso Especifico	2,69
Peso Unitario (kg/m ³)	1518,71
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1398,57
Porcentaje de Vacios	43,44
Porcentaje de Absorcion	0,34
% tamiz 200	-----
% Desgaste por Sulfato de Sodio	-----
% Desgaste por Abrasion	-----
% Particulas Planas y alargadas	-----

OBSERVACIONES:

*Muestra proporcionada por el interesado.



Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Nuevos Teléfonos:
Centro de Investigaciones de Ingeniería
Tels: (502) 2418-000 ext. 8821 y 88209
Direccos: (502) 2418-9115 - 2418-9121

Inga. Dikha Xanet Mejicanos Jol
Jefa Sección Concretos

