

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.  
FACULTAD DE INGENIERÍA.



**EVALUACIÓN DE LOS MORTEROS PREMEZCLADOS  
PARA LEVANTADO EN GUATEMALA.**

TESIS

PRESENTADA A JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

POR:

RUBÉN BARAHONA GARRIDO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 1,999.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR.

Cumpliendo con las leyes y reglamentos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**EVALUACIÓN DE LOS MORTEROS PREMEZCLADOS  
PARA LEVANTADO EN GUATEMALA.**

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil con fecha 26 de mayo de 1,997.



Rubén Barahona Garrido.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA.



MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA:

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL PRIMERO	ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA
VOCAL SEGUNDO	ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ
VOCAL TERCERO	ING. JORGE BENJAMÍN GUTIERREZ QUINTANA
VOCAL CUARTO	BR. DIMAS ALFREDO CARRANZA BARRERA
VOCAL QUINTO	BR. JOSÉ ENRIQUE LÓPEZ BARRIOS.
SECRETARIO	ING. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRÍA MÉNDEZ
EXAMINADOR	ING. HUGO LEONEL MONTENEGRO FRANCO
EXAMINADOR	ING. JORAM MATÍAS GIL LAROJ
SECRETARIO	ING. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

Guatemala, 06 de Noviembre de 1,998.

Ingeniero.  
**Francisco Javier Quiñónez.**  
Escuela de Ingeniería Civil.  
Facultad de Ingeniería.

Ingeniero Quiñónez.

Por este medio me permito manifestarle que se ha terminado en forma satisfactoria el proyecto de tesis del estudiante *RUBEN BARAHONA GARRIDO* titulado:

**EVALUACION DE LOS MORTEROS PREMEZCLADOS  
PARA LEVANTADO EN GUATEMALA.**

Es un estudio que comprende una evaluación y verificación de las características físico-mecánicas de dichos productos frente a las normas que lo especifican y expone los diferentes beneficios que proporciona su uso en la construcción. Así mismo, hace recomendaciones para el mantenimiento de un control de calidad adecuado de estos morteros.

Considerando que el trabajo cumplió sus objetivos, me permito recomendarlo para su aprobación. Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,



**Ing. Emilio Beltranena Matheu.**  
Asesor de Tesis

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
SECRETARIA ADJUNTA  
Ciudad Universitaria, Zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala,  
04 de febrero de 1,999.

Ingeniero Sydney Alexander Samuels.  
Director de la Escuela  
de Ingeniería Civil,  
Facultad de Ingeniería.

Señor Director:

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de tesis  
EVALUACION DE LOS MORTEROS PREMEZCLADOS PARA LEVANTADO  
EN GUATEMALA, desarrollado por el estudiante universitario Rubén Barahona  
Garrido, quien contó con la asesoría del Ingeniero Emilio Beltranena Matheu.

Considero que el trabajo cumple con los objetivos para los cuales fue  
planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Francisco Javier Quiñonez  
Coordinador Area de Materiales.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Emilio Beltranena Matheu y del Coordinador del Area de Materiales Ing. Francisco Javier Quiñónez, del trabajo de tesis del estudiante Rubén Barahona Garrido, titulado EVALUACION DE LOS MORTEROS PREMEZCLADOS PARA LEVANTADO EN GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



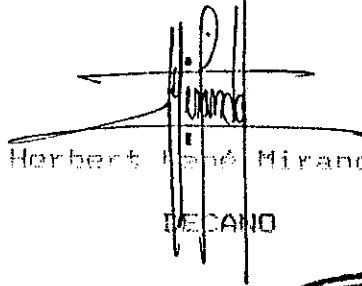
Guatemala, marzo de 1, 999



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tesis EVALUACION DE LOS MORTEROS PREMEZCLADOS PARA LEVANTADO EN GUATEMALA, del estudiante Rubén Barahona Garrido, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:



Ing. Herbert René Miranda Barrios

DECANO



Guatemala, marzo de 1,999

## **ACTO QUE DEDICO A :**

- MIS PADRES:** Rubén Barahona Carías y Dalila Hortensia Garrido de Barahona, por su entrega, amor, esfuerzo y sacrificio.
- MIS HERMANOS:** Josué, Tania, Milton, Maureen y Michelle, por su amor y cariño.
- MI ABUELA:** Refugio Carías, por su amor y fe en Dios.
- MIS FAMILIARES  
Y  
AMIGOS EN GENERAL.** A Dios gracias, por su cariño, afecto y amistad.



## **AGRADECIMIENTOS :**

**A Dios:** Por su eterno amor y grande misericordia.

**Al Ing. Emilio Beltranena Matheu:** Por el tiempo y asesoría brindada para la realización del presente trabajo.

**Al Ing. Anibal Rodas,  
Arq. Byron Lacs ,  
Ing. José Miguel Torrebiarte.** Por la confianza y aportes de material para el desarrollo del estudio.

**Al Centro de Investigaciones  
de Ingeniería CII.** En especial al Ing. Erick Rosales,  
Antonio Cano y Sergio Castañeda.

**Al Laboratorio de Concreto  
de Cementos Progreso S.A.** En especial al Sr. Mario Sierra, William Orlando Oliva, Rafael Grijalva, Heberto Alvarado, Mr. Richard Eneton, Srta. Mayda Hernández., Sr. Marcos Gómez y Horacio Chamalé.

## ÍNDICE.

	Página.
LISTADO DE ILUSTRACIONES .....	I
GLOSARIO .....	II
INTRODUCCIÓN .....	IV
OBJETIVOS .....	V
ANTECEDENTES .....	VI
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	VII
HIPÓTESIS .....	VIII
1. REVISIÓN DE LITERATURA .....	1
1.1 Morteros para unidades de mampostería	
1.1.1 Significado y funciones.....	2
1.1.2 Diferencias mortero - concreto .....	2
1.1.3 Propiedades de los morteros .....	3
1.1.3.1 Propiedades de los morteros en estado plástico	
1.1.3.1.1 Trabajabilidad .....	3
1.1.3.1.2 Fluidez (Flow) .....	4
1.1.3.1.3 Retención de Agua .....	4
1.1.3.2 Propiedades de los morteros en estado sólido	
1.1.3.2.1 Adherencia .....	5
1.1.3.2.2 Extensibilidad y flujo plástico .....	6
1.1.3.2.3 Resistencia a compresión .....	6
1.1.4 Composición y su efecto en las propiedades.	
1.1.4.1 Materiales cementantes .....	7
1.1.4.2 Agregados .....	7
1.1.4.3 Agua .....	8
1.1.4.4 Aditivos .....	8
1.2 Tipos de mortero para mampostería .....	9
1.2.1 Tipos de morteros utilizados en Guatemala .....	12
1.2.1.1 Morteros para levantado .....	12
1.2.1.2 Morteros para recubrimiento y acabados .....	12
2. MARCO METODOLÓGICO .....	15
2.1 Análisis de los agregados .....	16
2.2 Análisis de las propiedades del mortero .....	16
3. RESULTADOS .....	18
3.1 Resultados empresa - A .....	19
3.2 Resultados empresa - B .....	24
3.3 Resultados empresa - C .....	28
3.4 Resultados empresa - D .....	33
3.5 Resumen de resultados .....	38

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	43
4.1 Morteros de cemento y arena de río .....	44
4.2 Morteros de cemento, cal y arena .....	46
4.3 Calidad de los agregados .....	47
4.4 Análisis de costos .....	49

CONCLUSIONES .....	IX
--------------------	----

RECOMENDACIONES.....	X
----------------------	---

BIBLIOGRAFÍA .....	XI
--------------------	----

#### APÉNDICES

APÉNDICE No1. Importancia del uso de la cal.	
APÉNDICE No2. Importancia del análisis de la adherencia de morteros a unidades de mampostería.	
APÉNDICE No3. Importancia del cumplimiento de las normas.	
APÉNDICE No4. Importancia del sistema internacional de medidas (S.I).	
APÉNDICE No5. Costos de morteros.	
APÉNDICE No.6. Listado de normas utilizadas.	
APÉNDICE No.7. Secuencia del ensayo ASTM C952.	

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

TABLAS.	Página.
1. Especificaciones por propiedades de los morteros ASTM C270.....	9
2. Especificación por proporciones para morteros ASTM C270. ....	10
3. Guía para seleccionar morteros de mampostería ASTM C270. ....	11
4. Proporciones volumétricas de los morteros para levantado. ....	13
5. Proporción típica en volumen de morteros para recubrimiento y acabados en Guatemala. ....	14
6. Equivalencias del Sistema Métrico Decimal S.I. ....	(Apéndice No.4)
7. Tabla de costos de morteros premezclados para levantado. ....	(Apéndice No.5)
8. Tabla de costos de morteros realizados en obra. ....	(Apéndice No.5)

## RESULTADOS.

1. Agregados para mortero de levantado. Empresa A, mortero A.1. ....	20
2. Agregados para mortero de levantado. Empresa A, mortero A.2 & A.3. ....	21
3. Características de morteros. Empresa A, morteros A.1, A.2 & A.3. ....	22
4. Esfuerzo de adherencia de morteros. Empresa A. ....	23
5. Agregados para morteros de levantado. Empresa B. ....	25
6. Características de morteros. Empresa B, morteros B.1 & B.2. ....	26
7. Esfuerzo de adherencia de morteros. Empresa B. ....	27
8. Agregados para mortero de levantado. Empresa C, mortero C.1. ....	29
9. Agregados para mortero de levantado. Empresa C, mortero C.2. ....	30
10. Características de morteros. Empresa C, morteros C.1 & C.2. ....	31
11. Esfuerzo de adherencia de morteros. Empresa C. ....	32
12. Agregados para mortero de levantado. Empresa D, mortero D.1 & D.2. ....	34
13. Agregados para mortero de levantado. Empresa D, mortero D.3. ....	35
14. Características de morteros. Empresa D, morteros D.1, D.2 & D.3. ....	36
15. Esfuerzo de adherencia de morteros. Empresa D. ....	37
16. Resultados de ensayo de ladrillos de barro cocido. ....	39
17. Resumen de las características de los agregados. Empresas A, B, C & D. ....	40
18. Resumen de las características de morteros por empresa. ....	41
19. Resumen de los componentes y esfuerzos de adherencia. ....	42

## FIGURAS.

1. Cristales de hidróxido de calcio. ....	(Apéndice No.1)
2. Fuerzas de sismo en un sistema de mampostería. ....	(Apéndice No.2)
3. Movimiento de un sistema de mampostería. ....	(Apéndice No.2)
4. Estado de esfuerzos en un arreglo de mampostería. ....	(Apéndice No.2)
5. Estado de esfuerzos en un muro de mampostería. ....	(Apéndice No.2)
6. Estado de esfuerzos en un prisma de mampostería. ....	(Apéndice No.2)
7. Fotografía de la determinación de la adherencia por tensión. ....	(Apéndice No.7)

## GLOSARIO

**ADITIVOS:** Material añadido en pequeñas cantidades con relación a la masa del cemento, antes o durante la mezcla del mortero, de manera que aporten a sus propiedades determinadas modificaciones bien definidas.

**AGREGADOS:** Materiales pétreos "inertes" resultantes de la desintegración natural de las rocas u obtenidos de la trituración de las mismas o de otros materiales inertes suficientemente duros.

**ASTM:** Siglas de la Sociedad Americana para el Ensaye e Inspección de los Materiales (American Society for Testing and Materials).

**CEMENTO HIDRÁULICO:** Material cementante que endurecen tanto en el aire como en el agua, formando cuerpos cristalinos capaces de aglomerar a otros materiales inertes.

**CEMENTO PARA ALBAÑILERÍA:** Cemento hidráulico, principalmente usado en morteros para levantado y enlucidos, constituido por mezclas de cemento portland o cementos hidráulicos mezclados y materiales plastificantes (como la cal viva, cal hidráulica o hidratada) junto a otros materiales introducidos para mejorar una o más propiedades como el tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua y durabilidad.

**CEMENTO PORTLAND:** Es un cemento hidráulico, mezcla de silicatos y aluminatos de calcio. Producido por la pulverización del clinker y cuyos componentes y propiedades están normalizados por COGUANOR NGO 41005 y ASTM C150.

**COGUANOR:** Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas (Ministerio de Economía).

**EFLORESCENCIA:** Son depósitos cristalinos, usualmente blancos, de sales solubles en agua sobre la superficie o en los poros de la mampostería.

**FLUIDEZ (FLOW):** Propiedad del mortero en estado plástico que indica su capacidad de fluir o desplazarse en una mesa de flujo sujeta a golpes sucesivos.

**MAMPOSTERÍA:** Sistema constructivo que consiste en colocar unidades de mampostería tales como ladrillos, bloques, adobes o piedras, pegadas unas sobre otras para formar paredes que resisten cargas.

**MATERIALES CEMENTANTES (AGLOMERANTES):** Materiales para unir o enlazar los materiales pétreos naturales o artificiales, de mampostería o albañilería, recubrirlos con revoques o enlucidos (acabados), a través de pastas plásticas llamadas morteros y concretos que permiten ser extendidas y moldeadas convenientemente para adquirir un estado sólido deseado.

**MORTERO:** Es una mezcla de uno o varios aglomerantes minerales, agregados, agua y a veces adiciones y/o aditivos.

**MORTERO PREMEZCLADO:** Mortero cuyos componentes han sido predosificados en una planta especializada; sus propiedades dependen de la dosificación fijada. Este mortero puede ser "Mortero Premezclado en Seco" que exige la adición y amasado con agua para su utilización o "Mortero Premezclado Húmedo" que está retardado y se suministra listo para su empleo (este último aún no se produce en nuestro medio).

**NORMA:** Regla general que debe seguirse o debe ajustarse a un proceso, producto o servicio que se repite múltiples veces con idéntico resultado.

**EXUDACIÓN O SANGRADO:** Migración del agua libre a través del mortero en estado plástico, hacia la superficie.

**TRABAJABILIDAD:** Medida de la habilidad de un mortero en estado plástico a ser manejado por una cuchara o pala de albañil. Además de adherirse, deslizarse y desplegarse fácilmente en las unidades de mampostería.

**RETENCIÓN DE AGUA:** Es la medida de la habilidad de un mortero en estado plástico, de retener el agua mezclada bajo condiciones de succión y evaporación.

## INTRODUCCIÓN.

Los morteros para mampostería son mezclas de materiales cementantes y agregados pétreos, que al añadirles agua forman masas plásticas especiales para unión de unidades de mampostería (bloques o ladrillos) o para revestimiento de las mismas.

Los morteros para unión de unidades son llamados morteros para levantado de muros y los que tienen como finalidad el revestimiento son llamados morteros para recubrimiento y acabados.

El uso de la mampostería como principal sistema en la construcción de viviendas se ve acrecentar día con día y con ello la demanda de productos que contribuyan a tal fin.

Con tal motivo, diferentes empresas elaboran morteros de manera premezclada y empacada en seco, disponibles para únicamente añadirles agua y mezclar sus componentes. Este producto es una alternativa que brinda ventajas y beneficios a los constructores.

Las diferentes propiedades y características del mortero y sus componentes, están reguladas bajo normas y especificaciones que aseguran calidad y satisfacción al usuario.

El presente proyecto de investigación es, por su carácter, de tipo comparativo y experimental. Ya que comprende una evaluación y verificación de las características físico-mecánicas (resistencia a compresión, retención de agua, adherencia, Etc.) de los morteros premezclados para levantado (existentes en el mercado nacional) frente a las normas que los especifican. Así también, se dan recomendaciones que contribuyan a producir un producto de mejor calidad con respaldo técnico y científico.

## **OBJETIVOS.**

### **GENERALES.**

- i. Establecer los tipos de morteros usados en el medio, para levantado de muros de mampostería.
- ii. Dar a conocer las diferentes propiedades de los morteros y su grado de cumplimiento con las especificaciones y normas aplicables en nuestro medio.
- iii. Establecer las ventajas que proporciona el uso de morteros premezclados frente al método tradicional, de prepararlos en obra.

### **ESPECÍFICOS.**

- i. Obtener y evaluar las características y propiedades físico - mecánicas de los morteros premezclados para levantado, existentes en el mercado nacional.
- ii. Analizar dichos resultados con los requerimientos mínimos necesarios para satisfacer las normas ASTM y otras complementarias aplicables en el medio local.
- iii. Proporcionar las recomendaciones necesarias para obtener un mortero premezclado de mejor calidad y uniformidad con respaldo técnico y científico.
- iv. Recomendar requisitos mínimos de calidad para morteros premezclados.



## ANTECEDENTES.

Anteriormente, en Guatemala, todos los morteros de levantado tenían como elemento cementante la cal y la arena en diferentes proporciones. La cal utilizada era en terrón o cal viva, principalmente con arena amarilla. Especialmente la proporción 1:3, llamada comúnmente terciado, era generalmente aceptada y utilizada.

Construcciones antiguas en la zona 1 de la ciudad capital y aún más antiguas, de tiempos coloniales, evidencian el uso de la cal.

Uno de los primeros estudios fué realizado en 1,967 por el Ing. Eduardo Antonio León Pineda, analizando los morteros de cal con materiales del departamento de Guatemala.

En 1,975, un estudio de las características físico mecánicas de morteros típicos para levantado en la República de Guatemala, realizado por el Ing. Jorge Mario Morales, muestra una caracterización de los morteros con materiales de levantado de Guatemala bajo la norma ASTM C270.

Así también, en 1,988, el Ing. Jorge Franciso Macal realizó una propuesta de morteros de levantado para mampostería en áreas urbanas. Este estudio comprende un importante análisis estadístico, mostrando las proporciones volumétricas más frecuentes en los morteros para levantado. Además comprende los primeros ensayos realizados para determinar la adherencia entre el mortero y la unidad de mampostería (adherencia por corte).

Actualmente en Guatemala, existen diferentes empresas que elaboran morteros de una manera premezclada y empacada en seco, disponibles para únicamente añadirles agua. Con ello se presenta una alternativa más a los diferentes constructores y contratistas que demandan productos con mayores ventajas.

Existen a la fecha varios proyectos habitacionales en donde se han utilizado con gran satisfacción los morteros premezclados, tanto para levantado como para recubrimiento de muros.

A fin de poder obtener mejores elementos para la construcción, se espera que el presente trabajo colabore con las diferentes empresas a proporcionar, con respaldo técnico, un conocimiento más profundo de sus propios productos.

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

La importancia de lograr producir más y mejores productos en la construcción de viviendas, se acrecenta día con día; especialmente para satisfacer la gran demanda que existe. Una demanda que exige productos de mejor calidad, económicos, eficientes y duraderos.

Actualmente el constructor se ve ante la incerteza de qué productos satisfacen o no los requerimientos mínimos de control de calidad o cuales de ellos contribuyen, a ciencia cierta, a reducir presupuestos.

Los diferentes constructores y contratistas, ante la dificultad de obtener arenas (de río, blancas y amarillas) de calidad adecuada y de que, aunque se consigan, se tengan que tamizar; han optado por usar, cada vez más, los morteros premezclados.

Además, el uso de morteros premezclados contribuye a reducir costos de transporte y mano de obra. Reduce las áreas de almacenamiento y por sobre todo el tiempo de ejecución de la obra.

Un producto con dichas características y con tales aportaciones a la construcción, merece su evaluación y análisis mediante ensayos de laboratorio que comprueben y verifiquen sus características y propiedades frente a las normas y especificaciones de materiales.

## **HIPÓTESIS.**

La diversidad de morteros premezclados en seco, existentes en el mercado nacional, especialmente para uso en levantado de muros satisfacen plenamente todos los requerimientos de control de calidad y satisfacción establecidos por las normas y especificaciones de materiales para la construcción.

## **1. REVISIÓN DE LITERATURA**

# 1. REVISIÓN DE LITERATURA

## 1.1 MORTEROS PARA UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

### 1.1.1 SIGNIFICADO Y FUNCIONES:

Un mortero es un conglomerado o una masa compuesta de agregado fino, materiales cementantes y agua. Materiales cementantes tales como el cemento hidráulico, la cal hidratada, el cemento para albañilería y yeso, entre otros, pueden ser parte de un mortero en diferentes proporciones para conformar una masa capaz de unir unidades de mampostería, tales como: bloques de concreto, ladrillos, piedras, Etc.

La función primaria de un mortero es unir unidades de mampostería en un ensamblaje que actúe como un elemento integral, teniendo características de funcionalidad deseadas y con propiedades de comportamiento predecibles. Por ejemplo: puede unir bloques de concreto y formar una pared con capacidad de soportar cargas y resistir esfuerzos de corte, flexión y torsión.

Estéticamente, entre otros usos, el mortero puede añadir un colorido adicional o un acabado muy particular a las paredes, dando así cualidades arquitectónicas muy especiales y agradables.

Además de unir o ligar las unidades de mampostería, sirve de sello para impedir la penetración de aire y agua, lo cual es muy importante para la durabilidad y aceptación de un muro.

El mortero, puede también compensar la variación en tamaño de las diferentes unidades de mampostería y su comportamiento incide tanto como la resistencia misma de las piezas de mampostería y la mano de obra.

A pesar, de que el mortero forma solamente entre el 10 y el 20% del volumen total del material de una pared de mampostería, es evidente que su efecto en el comportamiento de una pared es mucho mayor que lo que indica este porcentaje.

### 1.1.2 DIFERENCIAS MORTERO- CONCRETO:

Debido a que el concreto de cemento hidráulico y los morteros para mampostería contienen en común algunos de los elementos principales. Es común asumir que una buena práctica de concreto implica una buena práctica de morteros. Realmente, esto es un error, pues los morteros difieren mucho del concreto en cuanto a su trabajabilidad, métodos de colocación y condiciones de curado. Los morteros son comúnmente usados para unir unidades de mampostería en un único elemento estructural, mientras el concreto es usualmente un elemento estructural por sí mismo.

Una mayor diferencia existe entre los dos materiales por la manera en que son manipulados durante la construcción. El concreto es usualmente colocado en formaletas no absorbentes o tratadas de alguna manera para que la cantidad de agua quede retenida. El mortero, por su parte, es colocado entre unidades de mampostería absorbentes, y tan pronto como el contacto surge, el mortero pierde agua.

Otra diferencia existente es la importancia de sus propiedades, principalmente en la resistencia a compresión. En el concreto es una consideración primaria, mientras que en los morteros es uno de tantos factores importantes.

### 1.1.3 PROPIEDADES DE LOS MORTEROS:

Los morteros de albañilería poseen dos grupos de propiedades, unas para morteros en estado plástico y otras cuando el mortero está endurecido.

Las propiedades plásticas determinan la adaptabilidad de un mortero en la construcción (trabajabilidad y retención de agua). Las propiedades del mortero endurecido ayudan a determinar el comportamiento de la mampostería terminada, e incluye características como la adherencia, durabilidad, elasticidad y resistencia a la compresión.

#### 1.1.3.1 PROPIEDADES DE LOS MORTEROS EN ESTADO PLÁSTICO.

##### 1.1.3.1.1 TRABAJABILIDAD:

La trabajabilidad es la propiedad más importante de los morteros en estado plástico. Morteros trabajables pueden ser esparcidos o extendidos fácilmente con una cuchara, dentro de las separaciones e hendiduras de las unidades de mampostería.

La trabajabilidad ayuda a los morteros a soportar las unidades de mampostería y rápidamente sobresale de las uniones cuando el albañil presiona una unidad para ser alineada.

La trabajabilidad es una combinación de varias propiedades, incluyendo plasticidad, consistencia, cohesión y adherencia, las cuales pueden ser medidas mediante pruebas de laboratorio.

El albañil es quien mejor puede evaluar la trabajabilidad mediante la respuesta que tenga el mortero al manejo con la pala o cuchara y la facilidad que proporcione para despegarse o esparcirse sin derramarse.

La trabajabilidad es determinada también por la graduación de los agregados, la proporción de los materiales y contenido de aire, el ajuste final a la trabajabilidad depende del contenido de agua.

La capacidad de un mortero para retener satisfactoriamente la trabajabilidad bajo la influencia de la succión de las unidades de mampostería y el índice de evaporación depende de la retención de agua y de las características de fraguado.

Una buena trabajabilidad es esencial para una buena adherencia entre las unidades, y es la propiedad con más influencia en los morteros en estado endurecido o sólido.

#### 1.1.3.1.2 FLUIDEZ (FLOW).

La fluidez inicial es una propiedad medida en laboratorio, e indica el porcentaje de incremento del diámetro de la base de un cono de mortero truncado, cuando es puesto en una tabla de fluidez y mecánicamente levantado 12.70 milímetros ( ½ pulgada) y soltado 25 veces en 15 segundos. Este ensayo se detalla en las normas ASTM C230, C305 y C109.

Los morteros utilizados en construcción normalmente requieren un valor de fluidez mayor que los morteros de laboratorio, y consecuentemente poseen mayor cantidad de agua. Morteros estandar se hacen con una fluidez de 105 a 115%.

Con el fin de producir una trabajabilidad satisfactoria para el albañil, los morteros en obra requieren mayor fluidez, y pueden llegar a mantener una fluidez entre 130% a 150% , o aún más, dependiendo de sus componentes.

La razón por la que las normas establecen una fluidez más baja, para condiciones de laboratorio, es porque indican con más aproximación su resistencia a compresión en la mampostería. Esto es debido a que muchas de las unidades de mampostería absorben el agua de los morteros tan pronto como surge el contacto.

La fluidez de un mortero es determinante para una buena adherencia. Se sabe, que el esfuerzo de adherencia aumenta con la fluidez, hasta un punto en el que el sangrado o exudación empieza. Es decir, hasta que el agua emigre a través del mortero hacia la superficie.

#### 1.1.3.1.3 RETENCIÓN DE AGUA:

La retención de agua es la medida de la habilidad de un mortero, bajo condiciones de succión y evaporación, a retener el agua mezclada. Esta propiedad del mortero provee al albañil tiempo para ajustar las unidades de mampostería sin que el mortero alcance su fraguado.

La norma ASTM C91 (Standard Specification for Masonry Cement) define la retención de agua como la razón o cambio de fluidez de un mortero, después de ser sometido a una presión de succión constante de 254 milímetros de mercurio, en un tiempo de un minuto.

La retención de agua aumenta con altos contenidos de cal o contenidos de aire, adición de agregados finos (dentro de las graduaciones permisibles), o el uso de sustancias retardantes del fraguado.

Esta propiedad de los morteros es muy importante, ya que si el agua en la mezcla de mortero se evapora o es absorbida por las unidades de mampostería la adherencia entre la pieza y mortero es reducida. Las mayores resistencias a la adherencia se logran con mezclas húmedas de buena trabajabilidad.

El reacondicionamiento, o sea agregar más agua y mezclar nuevamente, es una práctica aceptable para compensar el agua perdida por el mortero. Las normas ASTM requieren que todo mortero sea usado antes de 2 ½ horas, con opción a reacondicionarse tantas veces como sea necesario dentro de ese lapso. Los ensayos han mostrado que la reducción en la resistencia a compresión debido al agua adicional es mínima, si el reacondicionamiento ocurre antes de 2 ½ horas de mezclado por primera vez. El reacondicionamiento no significa agregar agua en la superficie sino hacer una cavidad en la masa de mortero, agregar el agua y mezclar vigorosamente.

### 1.1.3.2 PROPIEDADES DE LOS MORTEROS EN ESTADO SÓLIDO.

#### 1.1.3.2.1 ADHERENCIA.

La adherencia es probablemente la más importante propiedad de los morteros. Especialmente porque su función primordial es adherir unidades de mampostería.

El término general “Adherencia” se refiere a una propiedad específica que define el grado de contacto entre el mortero y la unidad de mampostería, y puede evaluarse con base en lo siguiente:

- a) La resistencia a tensión o la fuerza necesaria para separar las unidades.
- b) La resistencia a deslizamiento por corte entre mortero-unidades.
- c) La resistencia a separación mortero-unidad por flexión.

Las determinaciones usuales en las normas son las de adherencia por tensión y de adherencia por flexión.

Una pobre adherencia contribuye en la penetración de humedad a través de las áreas. Los morteros deben desarrollar una buena adherencia para poder soportar los esfuerzos estructurales, sísmicos, por viento, por cambios de temperatura o contracción de los materiales.

Es también, la más inconstante e impredecible. Debido a las muchas variables que afectan la adherencia, es difícil determinar un experimento de laboratorio que reproduzca las condiciones en construcción.



Estas variables incluyen: contenido de aire, tipo de agregados, cantidad de materiales cementantes, tiempo de esparcimiento del mortero y la colocación de la unidad, características de las unidades de mampostería, retención de agua del mortero, presión aplicada a la unidad durante su colocado y sisado, textura de las unidades y las condiciones de curado.

#### 1.1.3.2 EXTENSIBILIDAD Y FLUJO PLÁSTICO.

Extensibilidad es la máxima unidad de deformación que puede sufrir un mortero antes de llegar a la ruptura. Refleja la máxima elongación posible bajo esfuerzos de tensión.

Los morteros de baja resistencia, los cuales poseen un bajo módulo de ruptura, exhiben grandes flujos plásticos que los de alto módulo de ruptura a contenidos iguales de agregados. Por esta razón los morteros de alta resistencia no necesariamente deben ser usados. El flujo plástico o desplazamiento, impartirá flexibilidad a la mampostería, permitiendo ligeros movimientos sin aparentes agrietamientos.

#### 1.1.3.2.3 RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

La resistencia a la compresión de los morteros es algunas veces usada como criterio para seleccionar el tipo de mortero, debido a su fácil medición y a su relación con otras propiedades como la resistencia a la tensión.

La resistencia a compresión depende en gran manera del contenido de cemento, de la cantidad de agua utilizada y, en menor grado, del tipo de agregado utilizado. La resistencia a compresión no debe ser el único criterio para seleccionar morteros. La adherencia es generalmente más importante así como su trabajabilidad y retención de agua, ambos requeridos para una máxima adherencia.

La resistencia a compresión aumenta con el incremento de cemento, pero disminuye con el incremento de cal, arena, agua o contenido de aire. Por consiguiente, es deseable sacrificar parte de la resistencia a compresión del mortero, con el fin de mejorar la adherencia.

## 1.1.4 COMPOSICIÓN Y SU EFECTO EN LAS PROPIEDADES.

### 1.1.4.1 MATERIALES CEMENTANTES.

Esencialmente, los morteros contienen materiales cementantes, agregados y agua. Cada uno contribuye a su comportamiento. Los materiales cementantes sirven para unir o enlazar los materiales pétreos naturales o artificiales de mampostería o albañilería. En el medio los materiales cementantes que más se utilizan son: el cemento Portland tipo I (COGUANOR NGO 41005 Y ASTM C150), para uso general en la construcción; el cemento Portland modificado con puzolanas tipo I(PM) (COGUANOR NGO 41001 y ASTM C595) y la cal hidratada.

Los cemento hidráulicos contribuyen a su resistencia y durabilidad. La cal, en su estado hidróxido (cal hidratada), provee trabajabilidad, retención de agua y elasticidad.

Los cemento hidráulicos y la cal, ambos contribuyen a la resistencia por adherencia. Frecuentemente, en lugar de combinaciones de cemento - cal, en otros países son usados los cementos de albañilería. El cemento de albañilería posee buenas propiedades de trabajabilidad, retención de agua y una aceptable resistencia a compresión, pero en Guatemala aún no se produce. Posiblemente por la costumbre existente en el uso de los morteros de cal y morteros mixtos de cemento hidráulico y cal. Los cementos de albañilería se usan generalmente donde no es utilizada la cal en la mampostería. En Estados Unidos, por ejemplo, los códigos recomiendan el uso de morteros de cemento hidráulico y cal, en vez de cementos de albañilería, para las regiones sísmicas.

Los cementos hidráulicos contribuyen en la resistencia del mortero, particularmente en la resistencia a temprana edad, lo cual es esencial para una rápida construcción. Morteros de únicamente cemento hidráulico no se recomiendan pues carecen de plasticidad, baja retención de agua y son más ásperos y duros que los morteros de cemento y cal.

### 1.1.4.2 AGREGADOS.

Los agregados son materiales pétreos "inertes" resultantes de la desintegración natural de las rocas u obtenidos de la trituración de las mismas.

Las arenas conforman el volumen más grande en un mortero y actúan como un llenador relativamente barato, además de retener la forma y consistencia del mortero, ayudan a reducir la contracción y con buena graduación, reducen el sangrado o exudación y mejoran la trabajabilidad.

Con el fin de obtener una graduación óptima en los agregados para mortero, las normas ASTM C144 y COGUANOR 410066 recomiendan los límites permisibles en agregados para morteros y rangos permisibles para otras características.

### 1.1.4.3 AGUA.

El agua es el agente mezclador que proporciona fluidez y causante de la hidratación del cemento.

Contribuye a la trabajabilidad, hidratando el cemento y la cal. Su cantidad depende de los ingredientes del mortero y deberá ser limpia y libre de cualquier sustancia perjudicial al mortero o metal en la mampostería. El agua potable apta para el consumo humano es aceptable.

Los requerimientos de agua en los morteros son diferentes que en el concreto, en donde una relación A/C (agua/cemento) baja es deseable. Los morteros deben contener una máxima cantidad de agua a un punto óptimo de trabajabilidad.

### 1.1.4.4 ADITIVOS.

Otro componente son los aditivos, los cuales son clasificados de acuerdo a su función como agentes inclusores o incorporadores de aire, retenedores de agua, acelerantes o retardantes de fraguado y muchos más. La experiencia en el campo en Guatemala, no ha sido amplia con el uso de los aditivos, es por ello que su uso debe ser basado en experimentación previa, respaldada por un laboratorio.

En general cualquier incremento en el contenido de aire está acompañado por una disminución en la adherencia y en la resistencia a compresión.

Color puede ser añadido a los morteros usando agregados seleccionados o usando pigmentos inorgánicos. Estos deben ser de composición óxido-mineral y no debe de exceder el 10% de la masa del cemento hidráulico. Si se usa negro de carbón su uso está limitado a un máximo de 2% del peso de cemento hidráulico. Los minerales usados para la coloración de morteros son:

Rojo, amarillo, café, negro .....	Óxido de hierro.
Verdes.....	Óxido de Cromo.
Azul.....	Óxido de Cobalto.
Negro o gris.....	Pigmentos de carbón.

Actualmente en el mercado internacional hay varias empresas proveedoras de pigmentos preparados, de alta calidad y uniformidad.

## 1.2 TIPOS DE MORTERO PARA MAMPOSTERÍA.

Antes de 1,954, en Estados Unidos, los tipos de mortero fueron denominados como A-1, A-2, B, C, y D. Se encontró, sin embargo, que el tipo A-1 acarrea la connotación de ser el mejor y que muchos diseñadores especificaron siempre este tipo pensando que era mejor que otros. Para combatir esta tendencia, se cambió la denominación de los morteros de tal modo que nadie pueda calificar de muy bueno a ninguno de ellos.

Las nuevas letras de designación son M, S, N, O y K. Se obtuvieron de las siglas saltadas de las palabras inglesas "Mason Work".

La norma ASTM C270, especificaciones para morteros de mampostería, cubre ahora solamente cuatro tipos de mortero. El tipo K se eliminó, dejando los tipos M, S, N y O solamente. En el Canadá se sigue usando el tipo K, y para Guatemala sería conveniente seguirlo considerando también. Estos tipos de morteros pueden ser especificados según sus propiedades o acorde a sus proporciones.

Tabla No. 1.

Especificación por Propiedades (1) ASTM C270					
Mortero	Tipo	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días. MPa. (Psi)	Retención mínima de agua (%)	Contenido máximo de aire (%)	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
Cemento-cal	M	17,20 (2 500)	75	12	No menor que 2 ¼ y no mayor que 3 ½ veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes.
	S	12,40 (1 800)	75	12	
	N	5,20 (750)	75	14 (2)	
	O	2,40 (350)	75	14 (2)	
	K(*)	0,52 (75)	75	14 (2)	
Cemento de mampostería	M	17,20 (2 500)	75	(3)	
	S	12,40 (1 800)	75	(3)	
	N	5,20 (750)	75	(3)	
	O	2,40 (350)	75	(3)	

(\*) La norma canadiense CSA A179 (Mortar for Unit Masonry) incluye los morteros tipo K.

(1) Mortero preparado en laboratorio.

(2) Cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento y cal, el contenido máximo de aire debe ser 12%.

(3) Cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento de mampostería, el contenido máximo de aire debe ser 18%.

La clasificación del tipo de mortero bajo la especificación de propiedades, según la tabla anterior, depende de la resistencia a compresión, la retención de agua y el contenido de aire. Estos requisitos son para especímenes de laboratorio solamente y no para morteros mezclados en obra. Se asume que las proporciones establecidas en el laboratorio darán un comportamiento satisfactorio en obra.

El mortero especificado por proporción debe cumplir con la norma ASTM C270 y con los requisitos de la Tabla No. 2.

Tabla No. 2

Especificación por Proporciones ASTM C270					
Mortero	Tipo	Proporciones por volumen (materiales cementantes)			Relación de agregados (Medida en condición húmeda y suelta)
		Cemento Portland o mezcla	Cemento de mampostería M S N	Cal hidratada o apagada	
Cemento y Cal	M	1	— — —	¼	No menor que 2 ¼ y no mayor que 3 ½ veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes.
	S	1	— — —	de ¼ a ½	
	N	1	— — —	de ½ a 1 ¼	
	O	1	— — —	de 1 ¼ a 2 ½	
	K (*)	1	— — —	de 2 ½ a 4	
Cemento de mampostería	M	1	— — 1	—	
	M	—	1 — —	—	
	S	½	— — 1	—	
	S	—	— 1 —	—	
	N	—	— — 1	—	
	O	—	— — 1	—	

Para el uso de la tabla anterior, pueden tomarse como referencia las masas unitarias de los siguientes materiales:

- Cementos hidráulicos: Masa impresa en saco. (1)
- Cemento de mampostería: Masa impresa en sacos.(1)
- Cal hidratada: 640 Kg / m<sup>3</sup>
- Arena : Depende del tipo de arena utilizada.(2)

- (\*) La norma canadiense CSA A179, incluye los morteros tipo K.
- (1) Para sacos de 42,5 kg se considera un volumen aparente de 28 L (dm<sup>3</sup>).  
Para sacos de 50,0 kg se considera un volumen aparente de 33 L (dm<sup>3</sup>).
- (2) En Guatemala existen diversidad de arenas aptas para morteros, desde arenas pómez, muy livianas, con masas unitarias alrededor de los 1 000 kg/m<sup>3</sup> hasta arenas más pesadas alrededor de 1 800 kg /m<sup>3</sup>. Se debe utilizar la norma ASTM C29, para determinar la masa unitaria de la arena a utilizar.

Tabla No. 3

Guía para seleccionar morteros de mampostería. ASTM C270. (1)			
Localización	Segmento constructivo	Tipo de mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior, sobre el nivel del suelo.	Paredes de carga.	N	S
	Paredes sin carga (divisoria).	N	S
	Muro de protección.	N	S
Exterior, bajo el y/o en el nivel del suelo.	Muros de cimentación	S (2)	M o N
	Muros de contención.		
	Pozos, alcantarillas,		
	Pavimentos, aceras y patios.		
Interior	Pared de carga.	N	S o M
	Pared sin carga (divisoria).	O (2)	N

- (1) Esta tabla no presenta usos especializados para morteros, como chimeneas, mampostería reforzada y morteros resistentes a ácidos.
- (2) La mampostería expuesta a la intemperie en superficies horizontales es extremadamente vulnerable. El mortero para esta mampostería debe ser seleccionado muy cuidadosamente.
- (3) La norma canadiense CSA A179, recomienda el uso de morteros tipo K en los lugares donde el mortero no esté en contacto directo al suelo o a la intemperie.

## **1.2.1 TIPOS DE MORTEROS UTILIZADOS EN GUATEMALA.**

Acorde a su finalidad, los morteros en Guatemala se clasifican de una manera genérica en:

- a) Morteros para levantado.
- b) Morteros para recubrimiento y acabados.

### **1.2.1.1 MORTEROS PARA LEVANTADO.**

Los morteros para levantado comprenden todos aquellos cuya finalidad principal es unir unidades de mampostería (ladrillos de barro cocido, bloques de concreto, piedras o adobes) y formar paredes, muros o tabiques resistentes a cargas con buena durabilidad.

Los morteros con materiales de levantado de Guatemala, correspondientes a los tipos de mortero ASTM C270, han sido objeto de estudio e investigación en anteriores trabajos de tesis. La Tabla No. 4, presenta un resumen de las proporciones de mezcla utilizadas.

### **1.2.1.2 MORTEROS PARA RECUBRIMIENTO Y ACABADOS**

Los morteros para recubrimiento y acabados tienen como finalidad principal, proteger el elemento estructural de las inclemencias del clima y la penetración del agua. Además, brindan uniformidad, textura, color y belleza arquitectónica.

Los morteros de recubrimiento tienen como elemento principal la cal hidratada, ya que deben tener una capacidad de adherencia y plasticidad más alta que los morteros de levantado. Deben ser capaces de soportar los esfuerzos de tensión (originados por los movimientos del muro), y esfuerzos de contracción (originados por los cambios de temperatura), sin mostrar fisuras o agrietamientos.

- Esta clasificación abarca:
- Mezclas para repello, especiales para recubrimiento inicial o final de paredes y cielos.
  - Cernidos, para acabado final de paredes, cielos y detalles.
  - Blanqueado o alisado.
  - Mezclón, para relleno, base de pisos y pañuelos en terrazas, Etc.
  - Escarchado, para acabados y detalles especiales en cenefas, sillares, Etc.

La Tabla No. 5, presenta la proporción típica en volumen de morteros para recubrimiento y acabados más utilizados en el medio.

**Tabla No. 4**  
**PROPORCIONES VOLUMÉTRICAS DE LOS MORTEROS PARA LEVANTADO**

Proporciones de mezcla en volumen.	Tipos de mortero (ASTM C270)						K (1)
	M 17,20 MPa (2 500 Psi)	S 12,40 MPa (1 800 Psi)	N 5,20 MPa (750 Psi)	O 2,40 MPa (350 Psi)			
-A- c: AR	1:2 1:2 ½ 1:3	1:3 ½ 1:4	1:6				
-B- c: Cal: AR	1:¼:2 1:1:4 1:1:2 1:1/3:4 1:½:2	1:½:4 ½ 1:1/3:5 1:¼:4	1:1:6	1:3:12			
-C- c: Cal: AP	1:2:6 1:2M(1-3)	1:2:2 1:3:6 1:2:9 1:4:12 1:3:9 1:1M(1-1) 1:2M(1-2) 1:4M(1-3) 1:3M(1-3) 1:3M(1-4)	1:5:10 1:6:18 1:5M(1-2) 1:6M(1-3) 1:5M(1-3)			1/10:1:2 1/5:1:2 1/10:1:4 1/10:1:3 1/5:1:3	
-A- Morteros	cemento - Arena de Río						
-B- Morteros	cemento - Cal - Arena de Río						
-C- Morteros	cemento - Cal - Arena Pómez						
				c- Cemento			
				Cal- Cal hidratada en polvo			
				AR- Arena de Río			
				AP- Arena Pómez (amarilla)			
				M - Mezcla Cal - Arena			

(1) La norma ASTM C270 no incluye los morteros tipo K, únicamente la norma canadiense CSA A179.



**Tabla No. 5**  
**Proporción típica en volumen de morteros para recubrimiento y acabados**  
**en Guatemala.**

Denominación	Cemento	Cal Hidratada	Arena Río	Arena Pómez Blanca	Arena Pómez Amarilla
Repello	1/3	1	-	-	3 (1)
	1/2	1	-	-	4 (1)
Cernido Vertical	1/4	1	-	1 (2)	-
Cernido Remolineado	1/4	1	-	3 (2)	-
Blanqueado	1/16	1	-	1/4 (2)	-
	1/4	1	-	1/2 (2)	-
Escarchado	1	1	-	1/3 (2)	-
	1	1	-	5 (2)	-
Mezclón	1/2	1	-	-	-

- (1) Cernida en tamiz # 4 (Malla 1/4")  
(2) Cernida en tamiz # 16 (Malla 1/16")  
(3) Cernida en tamiz # 3/8 (Malla 3/8")

**2. MARCO METODOLÓGICO PARA EL ESTUDIO  
DE LOS MORTEROS PREMEZCLADOS EN SECO.**

## 2. MARCO METODOLÓGICO.

El presente estudio comprende una evaluación de los morteros premezclados en seco para uso en levantado de muros. Para ello, el procedimiento consiste en analizar dicho producto tomando muestras representativas por cada empresa fabricante del mismo y verificar sus características físico-mecánicas respecto a las normas que los regulan.

Con tal fin, el orden de los análisis comprende dos fases:

- a) Análisis de los agregados.
- b) Análisis de las propiedades del mortero.

### 2.1 ANÁLISIS DE LOS AGREGADOS.

El análisis de laboratorio de los agregados es de suma importancia, principalmente porque los agregados comprenden hasta un 80% de la masa del mortero.

Un agregado de buena calidad provee al mortero, entre otros beneficios, de mayor resistencia a compresión, trabajabilidad y, por sobre todo, de economía, ya que es el componente más barato de un mortero.

Una buena granulometría, por ejemplo, provee al mortero de mayor capacidad para resistir esfuerzos de compresión, ya que facilita la distribución de esfuerzos.

El análisis de los agregados, se realiza bajo las siguientes normas:

#### ASTM.

C 128	Densidad Absoluta o Relativa.
C 29	Masa Unitaria o Densidad Aparente.
C 128	Porcentaje de Absorción.
C 30	Porcentaje de Vacíos.
C 40	Contenido de Materia Orgánica.
C 117	Porcentaje que Pasa Tamiz 200 (0,75 $\mu$ m)
C 123	Porcentaje de Partículas Livianas.
C 144	Granulometría.

### 2.2 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL MORTERO:

El análisis de las propiedades del mortero premezclado comprende:

- a) Características de las bolsas.
  - i) Masa nominal por bolsa (impreso en la bolsa).
  - ii) Masa real promedio por bolsa (peso promedio de una muestra de 5 bolsas).

- iii) Porcentaje de variación entre la masa nominal y la masa real.
- iv) Porcentaje de componentes respecto a la masa total.
  - Cemento (%)
  - Cal (%)
  - Arena (%)

b) Características del mortero en estado plástico:

- i) Rendimiento (número de bolsas /m<sup>3</sup> de mezcla de mortero).
- ii) Masa unitaria del mortero fresco (kg./m<sup>3</sup>).
- iii) Porcentaje de aire del mortero en estado fresco.
- iv) Porcentaje de retención de agua.

c) Propiedades del mortero en estado sólido.

- i) Determinación de la resistencia a compresión (ASTM C109 & C270).
  - 3 días
  - 7 días &
  - 28 días.
- ii) Determinación del esfuerzo de adherencia del mortero en unidades de mampostería (ASTM C 952 ).

### **3. RESULTADOS.**

**3.1 RESULTADOS.  
EMPRESA - A.**

---

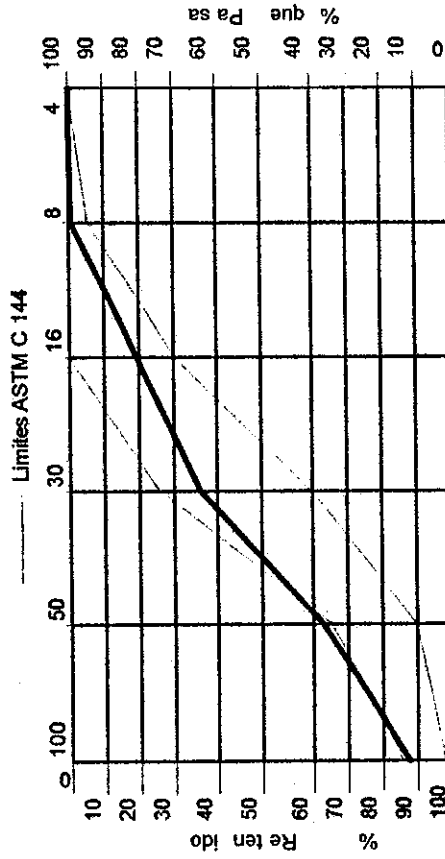
Cuadro de Resultados No.1

AGREGADO PARA MORTERO DE LEVANTADO

INTERESADO: Rubén Barahona	PROYECTO: Tesis: Evaluación de los morteros premezclados para levantado.	MUESTRA: Empresa A, mortero A.1
O.T.		FECHA:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

ASTM		
C 128	Densidad Relativa.	2,26
C 29	Masa Unitaria ( kg/ m³ )	1 367
C 128	Porcentaje de Absorción	5,26%
C 30	Porcentaje de Vacíos	39,51%
C 40	Contenido de Materia Orgánica	N° 2
C 117	Porcentaje que Pasa Tamiz 200	2,30%
C 123	Porcentaje de Partículas Livianas	3,23%



Observaciones:

- El contenido máximo permisible de materia orgánica es el N° 3.
- El contenido máximo permisible de partículas livianas es 0,5% , según COGUANOR 41066.
- Procedencia: Arena de río Villacanales

Tamiz No.	4	8	16	30	50	100	FONDO
% Que Pasa	100	99,52	80,23	63	38,54	11,72	0

Cuadro de Resultados No.2

AGREGADO PARA MORTERO DE LEVANTADO

INTERESADO: Rubén Barahona G. O.T.	PROYECTO: Tesis: Evaluación de los morteros premezclados para levantado.	MUESTRA: Empresa A, mortero A.2 & A.3
		FECHA:

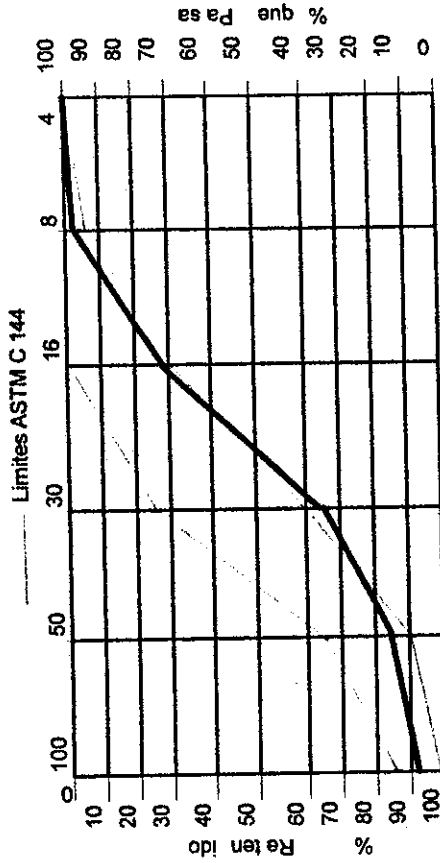
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

ASTM	Característica	Valor
C 128	Densidad Relativa.	1,89
C 29	Masa Unitaria ( kg/ m³ )	998,67
C 128	Porcentaje de Absorción	14,23%
C 30	Porcentaje de Vacíos	47,30%
C 40	Contenido de Materia Orgánica	0
C 117	Porcentaje que Pasa Tamiz 200	6,00%
C 123	Porcentaje de Partículas Livianas	**

Observaciones:

Procedencia: Arena pómez San Miguel Petapa.  
-El contenido máximo permisible de materia orgánica es el No. 3.

\*\* El material es 100% arena pómez.



Tamiz No.	4	8	16	30	50	100	FONDO
% Que Pasa	100	98,35	71,84	36,61	17,35	9,24	0



Cuadro de Resultados No.3

**CARACTERÍSTICAS DE MORTEROS PREMEZCLADOS  
PARA LEVANTADO.**

INTERESADO:	MUESTRA: Morteros Empresa A.
Rubén Barahona G.	
O.T.	FECHA:

	TIPO	TIPO	TIPO
Masa Nominal por Bolsa (kg)	A.1	A.2	A.3
Masa Real Promedio por Bolsa (kg)	45	43	43
Porcentaje de Variación:	33,86	36,57	40
Componentes:	24,76%	14,95%	6,98
Cemento (%):	28,97%	7,49%	23,62%
Cal (%):	0,00%	Arena y cal	Arena , cal y fibra
Arena(%):	71,03%	92,51%	76,38%
Rendimiento ( No. de Sacos / m <sup>3</sup> de mezcla de mortero):	48,38	28,57	29,46
Porcentaje de Retención de Agua: (3)	55,00%	70,52%	62,16%
Masa Untaria en estado fresco y trabajable ( Kg/ m <sup>3</sup> ):	2 017	1 399,28	1 500
Porcentaje de Aire del mortero en estado fresco:	9,50%	9,00%	8,50%
Resistencia a la Compresión. (4)			
3 días Mpa. (Psi)	18,69 (2 711)	0,34 (49,50)	6,36 (923)
7 días Mpa. (Psi)	24,27 (3 520)	0,51 (74)	7,46 (1 082,67)
28 días Mpa. (Psi)	32,36 (4 693)	1,23 (179,17)	11,76 (1 705,33)
Clasificación por requerimientos ASTM C270	M (5)	K (6)	N

NOTAS:

- (1) Masa de la bolsa indicado por el fabricante.
- (2) ASTM C387 (Specification for Packaged, Dry, Combined Materials for Mortar and Concrete).  
Recomienda un 2% máximo de variación.
- (3) Según Norma ASTM C91 (Standard Specification for Masonry Cement), numeral 20 - Water Retention.
- (4) Según Norma ASTM C109 (Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars).  
ASTM C270 (Standard Specification for Mortar for Unit Masonry).
- (5) No posee clasificación, ASTM C270 no especifica morteros con 0% de cal.
- (6) ASTM C270 no especifica morteros con resistencias menores a 2,40 Mpa. (350 Psi).

Cuadro de Resultados No.4

**ESFUERZO DE ADHERENCIA DEL MORTERO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA.**

**ASTM C 952**

( Standard Test Method for Bond Strength of Mortar to Masonry Units )

<b>PROYECTO:</b> Evaluación de los morteros premezclados para levantado.	<b>MUESTRA:</b> Empresa A. Morteros para levantado tipo A.1, A.2 & A.3
<b>INTERESADO:</b> Rubén Barahona	O.T.: FECHA:

	TIPO A.1	TIPO A.2	TIPO A.3
Cantidad de material (g):	5 000	5 000	5 000
Cantidad de Agua (ml):	950	1 528	1 347
Escurrimiento (Flow inicial): (1).	135%	111,70%	111%
Porcentaje de Retención de Agua de la mezcla:	56%	79,59%	58%
<b>Resistencia a Compresión:</b>			
3 días MPa (Psi)	16,93 (2 455)	0,32 (47)	7,27 (1 054)
7 días MPa (Psi)	19,46 (2 823)	0,43 (63)	8,81 (1 277)
28 días MPa (Psi)	25,92 (3 759)	1,01 (147)	13,30 (1 928)
<b>Esfuerzo de Adherencia del mortero a unidades de mampostería:</b> (2).			
7 días MPa (Psi)	0,16 (22,60)	0,04 (5,71)	0,10 (14,59)

**NOTA:**

- (1).  
(2).

Con excelente trabajabilidad.  
Se refiere al esfuerzo de adherencia por tensión, en ladrillos cruzados.

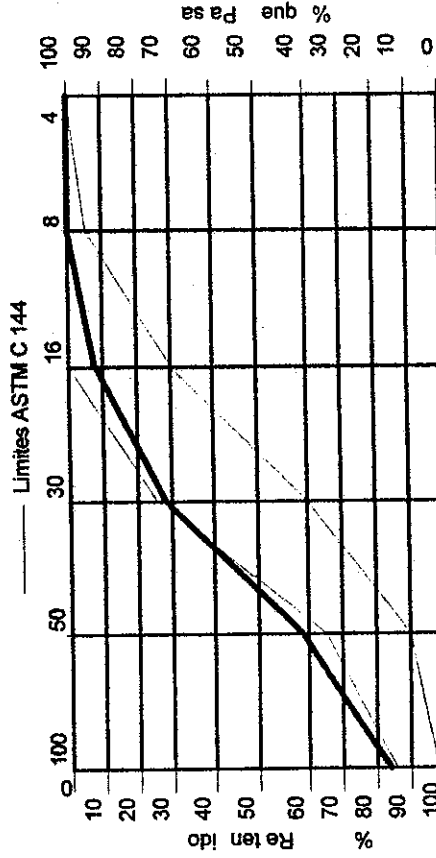
**3.2 RESULTADOS.  
EMPRESA - B.**

## AGREGADO PARA MORTERO DE LEVANTADO

<b>INTERESADO:</b> Rubén Barahona G. O.T.	<b>PROYECTO:</b> Evaluación de los morteros premezclados para levantado.	<b>MUESTRA:</b> Morteros EMPRESA B. <b>FECHA:</b>
---	--	---

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

ASTM	Característica	Resultado
C 128	Densidad Relativa.	2,53
C 29	Masa Unitaria (kg/ m <sup>3</sup> )	1 573
C 128	Porcentaje de Absorción	1,22%
C 30	Porcentaje de Vacíos	37,83%
C 40	Contenido de Materia Orgánica	< 1
C 117	Porcentaje que Pasa Tamiz 200	3,6%
C 123	Porcentaje de Partículas Livianas	5,16%



**Observaciones:**

- El contenido máximo permisible de materia orgánica es el N° 3.
  - El contenido máximo permisible de partículas livianas es 0,5% , según COGUANOR 41066.
- Procedencia: Arena de Río, zona 6.

Tamiz No.	4	8	16	30	50	100	FONDO
% Que Pasa	100	100	92,80	70	41,33	17,25	0

Cuadro de Resultados No.6

**CARACTERISTICAS DE MORTEROS PREMEZCLADOS  
PARA LEVANTADO.**

INTERESADO:	MUESTRA:	Morteros Empresa B.
Rubén Barahona G.	FECHA:	
O.T.		

	TIPO	TIPO
Masa Nominal por Bolsa (kg)	B.1	B.2
Masa Real Promedio por Bolsa (kg)	30	30
Porcentaje de Variación:	29	28,96
	3,33%	3,47%
Componentes:		
Cemento (%):	16,48%	25,85%
Cal (%):	4,64%	0
Arena(%):	78,88%	74,15%
Rendimiento ( N° de Sacos / m <sup>2</sup> de mezcla de mortero):	58	60,97
Porcentaje de Retención de Agua: (3)	68,20%	66,91%
Masa Unitaria en estado fresco y trabajable ( kg/ m <sup>3</sup> ):	1 997	2 030,70
porcentaje de Aire del mortero en estado fresco:	6,50%	7,95%
Resistencia a la Compresión. (4)		
3 días	6,37 (924)	15,67 (2 273)
7 días	9,23 (1 339)	22,55 (3 271)
28 días	14,46 (2 098)	32,27 (4 681)
Clasificación por requerimientos ASTM C270	S	M (5).

NOTAS:

- (1). Masa de la bolsa indicado por el fabricante.
- (2). ASTM C387 (Specification for Packaged, Dry, Combined Materials for Mortar and Concrete).  
Recomienda un 2% máximo de variación.
- (3). Según Norma ASTM C91 (Standard Specification for Masonry Cement), numeral 20 - Water Retention.
- (4). Según Norma ASTM C109 (Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars).  
ASTM C270 (Standard Specification for Mortar for Unit Masonry).
- (5). No posee clasificación, ASTM C270 no especifica morteros con 0% de cal.

Cuadro de Resultados No.7

**ESFUERZO DE ADHERENCIA DEL MORTERO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA.**

**ASTM C 952**

( Standard Test Method for Bond Strength of Mortar to Masonry Units )

<b>PROYECTO:</b> Evaluación de los morteros premezclados para levantado.	<b>MUESTRA:</b> Empresa B. Morteros tipo B.1 & B.2
<b>INTERESADO:</b> Rubén Barahona	<b>O.T.:</b> FECHA:

	<b>TIPO B.1</b>	<b>TIPO B.2</b>
<b>Cantidad de material (g):</b>	5 000	5 000
<b>Cantidad de Agua (ml):</b>	960	895
<b>Escurrimiento (Flow inicial): (1).</b>	160%	168%
<b>Porcentaje de Retención de Agua de la mezcla:</b>	73%	32,74%
<b>Resistencia a Compresión:</b>		
3 días   MPa (Psi)	5,10 (740)	11,93 (1 730)
7 días   MPa (Psi)	7,43 (1 077)	18,36 (2 663)
28 días  MPa (Psi)	11,28 (1 636)	30,41 (4 411)
<b>Esfuerzo de Adherencia del mortero a unidades de mampostería: (2).</b>		
7 días  MPa (Psi)	0,15 (22,32)	0,14 (20,50)

NOTA:

(1). Con excelente trabajabilidad.

(2). Se refiere al esfuerzo de adherencia por tensión, en ladrillos cruzados.

**3.3 RESULTADOS.  
EMPRESA - C.**

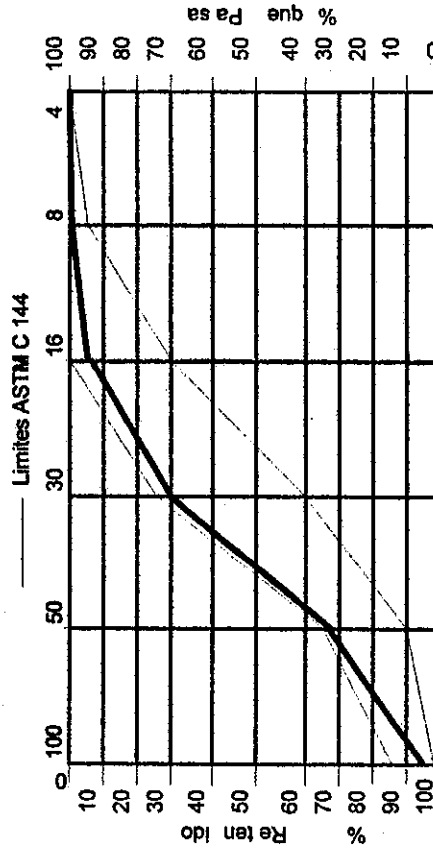
Cuadro de Resultados No.8

AGREGADO PARA MORTERO DE LEVANTADO

INTERESADO: Rubén Barahona G. O.T.	PROYECTO: Evaluación de los morteros premezclados para levantado.	MUESTRA: Empresa C. Mortero tipo C.1 FECHA:
--	---	---

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

ASTM	Densidad Relativa	2,56
C 29	Masa Unitaria (kg/ m <sup>3</sup> )	1 577
C 128	Porcentaje de Absorción	2,82%
C 30	Porcentaje de Vacíos	38,4%
C 40	Contenido de Materia Orgánica	Nº 2
C 117	Porcentaje que Pasa Tamiz 200	1,54%
C 123	Porcentaje de Partículas Livianas	4,38%



Observaciones:

- El contenido máximo permisible de materia orgánica es el Nº 3.
- El contenido máximo permisible de partículas livianas es 0,5%, según COGUANOR 41066.
- Procedencia: Arena de río, Bárcenas Villa Nueva.

Tamiz No.	4	8	16	30	50	100	FONDO
% Que Pasa	100	99,96	95,22	70	31,95	6,6	0



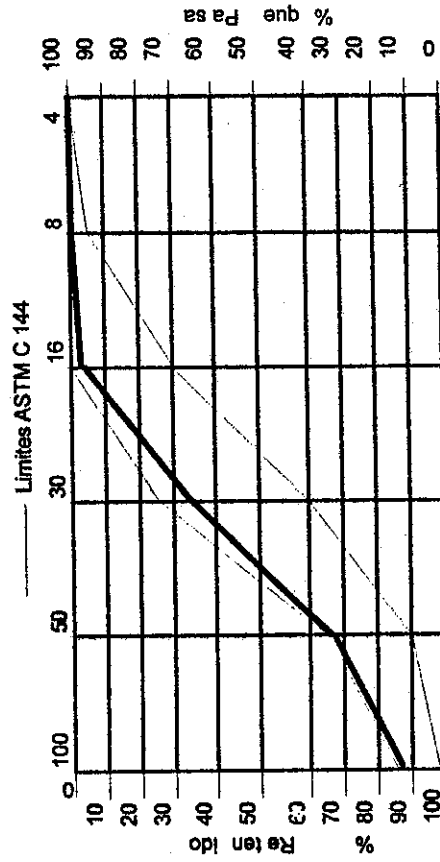
Cuadro de Resultados No.9

AGREGADO PARA MORTERO DE LEVANTADO

INTERESADO: Rubén Barahona G.	PROYECTO: Evaluación de los morteros premezclados para levantado.	MUESTRA: Empresa C. Mortero tipo C.2
		FECHA:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

ASTM	Característica	Resultado
C 128	Densidad Relativa	2,29
C 29	Masa Unitaria ( kg/ m³ )	1 343
C 128	Porcentaje de Absorción	0,91%
C 30	Porcentaje de Vacíos	41,35%
C 40	Contenido de Materia Orgánica	0
C 117	Porcentaje que Pasa Tamiz 200	6,60%
C 123	Porcentaje de Partículas Livianas	**



Observaciones:

- El contenido máximo permisible de materia orgánica es el N° 3.
- El contenido máximo permisible de partículas livianas es 0,5% , según COGUANOR 41066.
- \*\*El material es 100% arena pómez.
- Procedencia: Arena pómez, Bárcenas Villa Nueva.

Tamiz No.	4	8	16	30	50	100	FONDO
% Que Pasa	100	99,98	97,44	66	34,10	14,29	0

Cuadro de Resultados No.10

**CARACTERÍSTICAS DE MORTEROS PREMEZCLADOS  
PARA LEVANTADO.**

INTERESADO: Rubén Barahona G.	"MUESTRA": Morteros Empresa C..
O.T.	FECHA:

	TIPO	TIPO
Masa Nominal por Bolsa (kg)	C.1	C.2
Masa Real Promedio por Bolsa (kg)	40	40
Porcentaje de Variación:	36,50	37
	8,75%	7,50%
<b>Componentes:</b>		
Cemento (%):	24,79%	30,68%
Cal (%):	0,00%	10,91%
Arena(%):	75,21%	58,41%
Rendimiento ( No. de Sacos / m <sup>2</sup> de mezcla de mortero):	49	40,90
Porcentaje de Retención de Agua: (3)	60,00%	65,00%
Masa Unitaria en estado fresco y trabajable ( Kg/ m <sup>3</sup> ):	2 045	1 858,50
Porcentaje de Aire del mortero en estado fresco:	8,00%	9,00%
Resistencia a la Compresión. (4)		
3 días Mpa. (Psi)	15,02 (2 178)	20,10 (2 914)
7 días Mpa. (Psi)	20,46 (2 967)	24,93 (3 615)
28 días Mpa. (Psi)	27,23 (3 950)	29,99 (4 350)
Clasificación por requerimientos ASTM C270	M (5)	M

**NOTAS:**

- (1). Masa de la bolsa indicado por el fabricante.
- (2). ASTM C387 (Specification for Packaged, Dry, Combined Materials for Mortar and Concrete).  
Recomienda un 2% máximo de variación.
- (3). Según Norma ASTM C91 (Standard Specification for Masonry Cement), numeral 20 - Water Retention.
- (4). Según Norma ASTM C109 (Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars).  
ASTM C270 (Standard Specification for Mortar for Unit Masonry).
- (5). ASTM C270 no especifica morteros con 0% de cal.

Cuadro de Resultados No.11

**ESFUERZO DE ADHERENCIA DEL MORTERO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA.**

**ASTM C 952**

( Standard Test Method for Bond Strength of Mortar to Masonry Units )

<b>PROYECTO:</b> Evaluación de los morteros premezclados para levantado.	<b>MUESTRA:</b> Empresa C. Mortero tipo C.1 & C.2.
<b>INTERESADO:</b> Rubén Barahona	<b>O.T.:</b> FECHA:

	TIPO C.1	TIPO C.2
<b>Cantidad de material (g):</b>	6 000	5 500
<b>Cantidad de Agua (ml):</b>	1 140	1 433
<b>Escurrimiento (Flow inicial): (1).</b>	143,50%	132,40%
<b>Porcentaje de Retención de Agua de la mezcla:</b>	42,51%	75,38 %
<b>Resistencia a Compresión:</b>		
3 días MPa (Psi)	0,13 (1 947)	19,16 (2 779)
7 días Mpa (Psi)	19,74 (2 863)	22,28 (3 232)
28días Mpa (Psi)	27,97 (4 056)	31,74 (4 603)
<b>Esfuerzo de Adherencia del mortero a unidades de mampostería: (2).</b>		
7 días MPa (Psi)	0,14 (20,41)	0,17 (24,35)

**NOTA:**

(1). Con excelente trabajabilidad.

(2). Se refiere al esfuerzo de adherencia por tensión, en ladrillos cruzados.

**3.4 RESULTADOS.  
EMPRESA - D.**

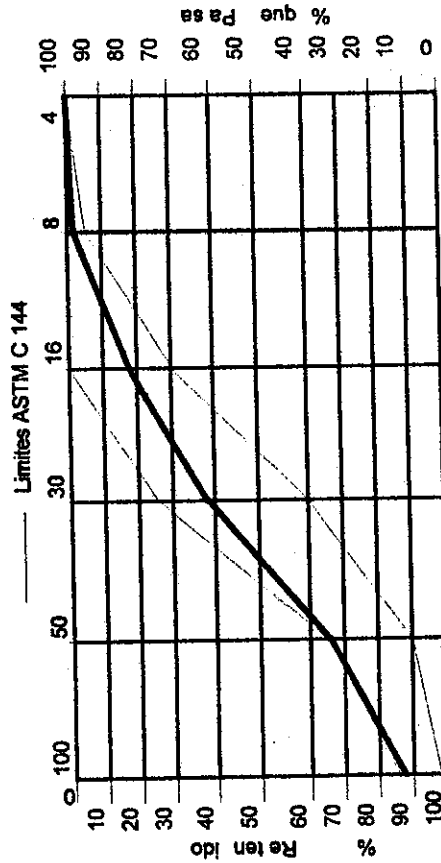
Cuadro de Resultados No.12

AGREGADO PARA MORTERO DE LEVANTADO

INTERESADO: Rubén Barahona G. O.T.	PROYECTO: Evaluación de los morteros premezclados para levantado.	MUESTRA: Empresa D. Agregado para mortero D.1 & D.2. FECHA:
--	---	---

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

ASTM	Densidad Relativa.	2,76
C 29	Masa Unitaria ( kg/ m <sup>3</sup> )	1 824,67
C 128	Porcentaje de Absorción	0,65%
C 30	Porcentaje de Vacíos	33,65%
C 40	Contenido de Materia Orgánica	N° 1
C 117	Porcentaje que Pasa Tamiz 200	4,54%
C 123	Porcentaje de Partículas Livianas	1,51%



Observaciones:

- El contenido máximo permisible de materia orgánica es el N° 3.
  - El contenido máximo permisible de partículas livianas es 0,5% , según COGUANOR 41066.
- Procedencia: Arena manufacturada, Amaitlán.

Tamiz No.	4	8	16	30	50	100	FONDO
% Que Pasa	100	98,63	82,11	61	34,67	12,87	0

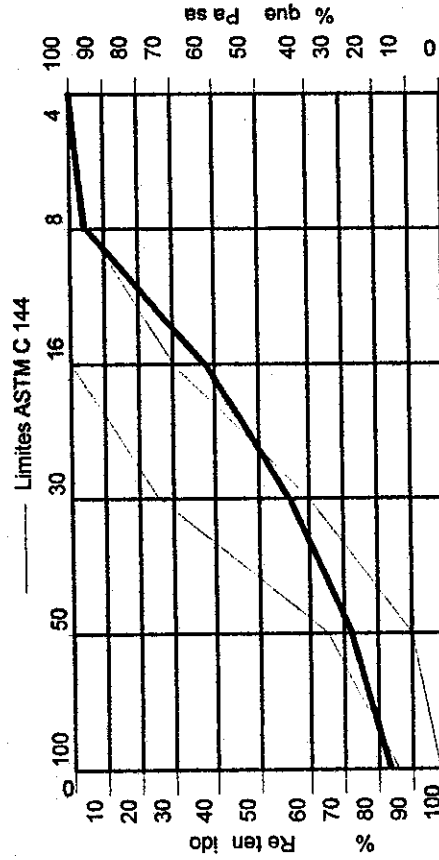
Cuadro de Resultados No.13

AGREGADO PARA MORTERO DE LEVANTADO

INTERESADO: Rubén Barahona G. O.T.	PROYECTO: Evaluación de los morteros premezclados para levantado.	MUESTRA: Empresa D. Agregado para mortero tipo D.3 FECHA:
--	---	---

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

ASTM	Densidad Relativa.	2,35
C 29	Masa Unitaria ( kg/ m <sup>3</sup> )	1 600,67
C 128	Porcentaje de Absorción	0,03%
C 30	Porcentaje de Vacíos	31,87%
C 40	Contenido de Materia Orgánica	0
C 117	Porcentaje que Pasa Tamiz 200	12,00%
C 123	Porcentaje de Partículas Livianas	**



Observaciones: Procedencia: Amatitlán  
 -El contenido máximo permisible de materia orgánica es el N° 3.  
 -El contenido máximo permisible de partículas livianas es 0,5% , según COGUANOR 41066.  
 \*\* El material es una mezcla de arena pómez y arena caliza

Tamiz No.	4	8	16	30	50	100	FONDO
% Que Pasa	99,98	96,14	63,53	45	29,7	17,98	0

Cuadro de Resultados No.14

**CARACTERÍSTICAS DE MORTEROS PREMEZCLADOS  
PARA LEVANTADO.**

INTERESADO:	MUESTRA:	Morteros BLOTECA.
O.T.	FECHA:	
		Rubén Barahona G.

	TIPO	TIPO	TIPO
Masa Nominal por Bolsa (kg)	D.1	D.2	D.3
Masa Real Promedio por Bolsa (kg)	45,45	45,45	45,45
Porcentaje de Variación:	46,42	44,88	45,57
Componentes:	2,13%	1,27%	0,26%
Cemento (%):	26,14%	21,00%	26,00%
Cal (%):	0,00%	5,00%	0,00%
Arena(%):	73,86%	74,00%	74,00%
Rendimiento ( No. de Sacos / m <sup>3</sup> de mezcla de mortero):	38,60	42	36
Porcentaje de Retención de Agua: (3)	45,26%	57,00%	64,10%
Masa Untaria en estado fresco y trabajable ( kg/ m <sup>3</sup> ):	2 225,71	2 167,85	1 915,24
Porcentaje de Aire del mortero en estado fresco:	4,85%	9,50%	7,10%
Resistencia a la Compresión. (4)			
3 días Mpa. (Psi)	26,01 (3 773)	17,28 (2 507)	4,08 (592)
7 días Mpa. (Psi)	32,29 (4 683)	22,28 (3 232)	7,71 (1 119)
28 días Mpa. (Psi)	45,62 (6 616)	30,55 (4 431)	17,28 (2 506)
Clasificación por requerimientos ASTM C270	M (5).	M	M (5).

NOTAS:

- (1) Masa de la bolsa indicado por el fabricante.
- (2) ASTM C387 (Specification for Packaged, Dry, Combined Materials for Mortar and Concrete).  
Recomienda un 2% máximo de variación.
- (3) Según Norma ASTM C91 (Standard Specification for Masonry Cement), numeral 20 - Water Retention.
- (4) Según Norma ASTM C109 (Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars).  
ASTM C270 (Standard Specification for Mortar for Unit Masonry).
- (5) ASTM C270 no especifica morteros con 0% de cal.

Cuadro de Resultados No.15

**ESFUERZO DE ADHERENCIA DEL MORTERO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA.**

**ASTM C 952**

( Standard Test Method for Bond Strength of Mortar to Masonry Units )

<b>PROYECTO:</b> Evaluación de los morteros premezclados para levantado.	<b>MUESTRA:</b> Empresa D. Mortero Tipo D.1, D.2 & D.3.
<b>INTERESADO:</b> Rubén Barahona	<b>O.T.:</b> FECHA:

	TIPO D.1	TIPO D.2	TIPO D.3
<b>Cantidad de material (g):</b>	5 000	5 000	6 000
<b>Cantidad de Agua (ml):</b>	846	875	1 460
<b>Escurrimiento (Flow inicial): (1).</b>	166%	156%	147%
<b>Porcentaje de Retención de Agua en la mezcla:</b>	15%	70%	41%
<b>Resistencia a Compresión:</b>			
3 días MPa (Psi)	17,00 (2 467)	12,54 (1,818)	1,70 (297)
7 días MPa (Psi)	22,06 (3 200)	16,68 (2 419)	4,77 (692)
28 días MPa (Psi)	34,47 (5 000)	24,37 (3 534)	10,81 (1 568)
<b>Esfuerzo de Adherencia del mortero a unidades de mampostería: (2).</b>			
7 días MPa (Psi)	0,08 (11,42)	0,11 (16,23)	0,045 (6,47)

**NOTA:**

(1).

Con excelente trabajabilidad.

(2).

Se refiere al esfuerzo de adherencia por tensión, en ladrillos cruzados.



**3.5 RESUMEN DE  
RESULTADOS.**

Cuadro de Resultados No. 16

**MÉTODO ESTANDAR PARA EL ENSAYO DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO.**

**ASTM C 67**

( Standard Test Methods of Sampling and Testing Brick and Estructural Clay Tile )

<b>PROYECTO:</b> Evaluación de los morteros premezclados para levantado.	<b>MUESTRA:</b> INMACO Ladrillo Tipo Tayuyo.
<b>INTERESADO:</b> Rubén Barahona	<b>O.T.:</b> FECHA:

<b>Dimensiones Nominales (cm):</b> (1).	6,5 x 11 x 23
<b>Resistencia a Compresión. MPa (Psi):</b>	20,11 (2 917)
<b>Resistencia a Flexión. MPa (Psi):</b>	1,86(269,87)
<b>Razón Inicial de Absorción ( ml /min /cm² ) :</b>	0,30
<b>Porcentaje de Absorción:</b>	19,12%

NOTA:  
(1). Alto x Ancho x Largo.

Cuadro de Resultados No.17

**RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.**

ASTM	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Límites	ANÁLISIS DE AGREGADOS							
			Empresa A		Empresa B		Empresa C		Empresa D	
			A.1	A.2	B	C.1	C.2	D.1 & D.2	D.3	
C 128	Densidad Relativa	( <sup>1</sup> )	2,26	1,89	2,53	2,56	2,29	2,76	2,35	
C 29	Masa Unitaria ( kg/m <sup>3</sup> )	( <sup>1</sup> )	1 367	998,67	1 573	1 577	1 343	1 824,67	1 600,67	
C 128	Porcentaje de Absorción	( <sup>1</sup> )	5,26%	14,23%	1,22%	2,82%	0,91%	0,65%	0,03%	
C 30	Porcentaje de Vacíos	( <sup>1</sup> )	39,51%	47,30%	37,83%	38,40%	41,35%	33,65%	31,87%	
C 40	Contenido de Materia Orgánica	No.3	No. 2	0	< 1	No. 2	0	No. 1	0	
C 117	Porcentaje que Pasa Tamiz 200	5%	2,30%	6,00%	3,60%	1,54%	6,60%	4,54%	12,00%	
C 123	Porcentaje de Partículas Livianas	0,5%	3,23%	( <sup>2</sup> )	5,16%	4,38%	( <sup>2</sup> )	1,51%	( <sup>2</sup> )	

NOTAS:

- (<sup>1</sup>) Esta característica no posee límites, su valor depende de cada material.
- (<sup>2</sup>) El material es 100% arena pómez.
- (<sup>3</sup>) El material es una combinación de arena pómez y arena caliza.

Cuadro de Resultados No.18

RESUMEN DE RESULTADOS POR EMPRESA

EMPRESA - A -	TIPO A.1		TIPO A.2		TIPO A.3	
	C 109	C 952	C 109	C 952	C 109	C 952
ASTM	110%	135%	110%	111,70 %	110%	111%
% de Fluidez		56%	70,52%	79,59%	62,16%	58%
% de Retención de Agua	32,36 (4 693)	25,92 (3 759)	1,23 (179,17)	1,01 (147)	11,76 (1 705)	13,30 (1 928)
Compresión 28d. MPa (Psi)		0,16 (22,60)		0,04 (5,71)		0,10 (14,59)
Adherencia 7d. MPa (Psi)						

EMPRESA - B -	TIPO B.1		TIPO B.2	
	C 109	C 952	C 109	C 952
ASTM	110%	160%	110%	168%
% de Fluidez	68,20%	73%	66,91%	32,74%
% de Retención de Agua	14,46 (2 098)	11,28 (1 636)	32,27 (4 681)	30,41 (4 411)
Compresión 28d. MPa (Psi)		0,15 (22,32)		0,14 (20,50)
Adherencia 7d. MPa (Psi)				

EMPRESA - C -	TIPO C.1		TIPO C.2	
	C 109	C 952	C 109	C 952
ASTM	110%	143,50%	110%	132,40%
% de Fluidez	60%	4,51%	65%	75,38%
% de Retención de Agua.	27,23 (3 950)	27,97 (4 056)	29,99 (4 350)	31,74 (4 603)
Compresión 28d. MPa (Psi)		0,14 (20,41)		0,17 (24,35)
Adherencia 7d. MPa (Psi)				

EMPRESA - D -	TIPO D.1		TIPO D.2		TIPO D.3	
	C 109	C 952	C 109	C 952	C 109	C 952
ASTM	110%	166%	110%	156%	110%	147%
% de Fluidez	45,26%	45%	57%	70%	64,10%	41%
% de Retención de Agua	45,62 (6 616)	34,47 (5 000)	30,55 (4 431)	24,37 (3 534)	17,28 (2 506)	10,81 (1 568)
Compresión 28d. MPa (Psi)		0,08 (11,42)		0,11 (16,23)		0,045 (6,47)
Adherencia 7d. MPa (Psi)						

Cuadro de Resultados No.19

**RESUMEN DE LOS COMPONENTES Y ESFUERZOS DE ADHERENCIA  
EN LOS MORTEROS PREMEZCLADOS EN SECO.**

Tipo	A.1	B.1	B.2	C.1	C.2	D.1	D.2	D.3
Cemento tipo I (PM) (%)	28,97%	16,48%	25,85%	24,79%	30,68%	26,14%	21,00%	26,00%
Cal (%)	0%	4,64%	0%	0%	10,91%	0%	5,00%	0%
Arena (%)	71,03% (*)	78,88% (*)	74,15% (*)	75,21% (*)	58,41% (*)	73,86% (*)	74,00% (*)	74,00% (*)
Adherencia. MPa (Psi)	0,16 (22,60)	0,15 (22,32)	0,14 (20,50)	0,14 (20,41)	0,17 (24,35)	0,08 (11,42)	0,11 (16,23)	0,045 (6,47)

(\*) Arena de Río.

(\*) Arena Pómez.

(\*) Arena Manufacturada.

(\*) Combinación de Arena Pómez con Arena Caliza.

#### **4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

### 4.1 MORTEROS DE CEMENTO Y ARENA DE RÍO.

Los morteros para levantado de cemento hidráulico y arena de río, en especial los de proporción 1:3, son actualmente los más usados en el medio y comúnmente son llamados "Sabietas".

La resistencia a compresión de dichos morteros son, en su mayoría, mucho mayores que los tipo M. Por lo general, tienen de 1.5 a 2 veces la resistencia mínima de 17,50 MPa. (2 500 Psi) requerida para el tipo M.

Los morteros premezclados de cemento y arena de río, presentaron en sus resistencias a compresión valores extremadamente altos, con un rango a 28 días de 27,23 MPa. (3 950 Psi) a 32,36 MPa. (4 693 Psi), con un promedio de 30,62 MPa. (4441 Psi).

Aún más altos, son los resultados mostrados para los morteros de arena manufacturada; mayores a 44,82 MPa. (6 500 Psi), los cuales reflejan el beneficio en resistencia de este tipo de agregados.

Estos valores resultan, a la larga, un desperdicio de resistencia y costo, ya que si se considera que la resistencia del mortero sea ligeramente superior a la unidad de mampostería, para que funcione como todo un elemento integral, resulta que las resistencias mencionadas se encuentran muy por arriba e inalcanzables de igualar por parte de las unidades de mampostería.

Por ejemplo, la mayoría de bloques en Guatemala muestran resistencias a compresión alrededor de 2,45 MPa. (356 Psi ó 25 Kg/cm<sup>2</sup>) para los bloques livianos (agregado de arena pómez) y 5,40 Mpa. (783 Psi ó 55 kg/m<sup>2</sup>) para los de concreto.

Dichas resistencias son conservadoras, ya que son calculadas con base al área bruta del bloque, es decir, que su resistencia real, con base al área neta, aproximadamente es el doble.

Los resultados anteriores muestran evidentemente, morteros con un 100% más de resistencia que los bloques, es por ello que para estos morteros conviene introducir cal a un mínimo de un 10% de la masa total de los materiales, con el fin de obtener buenos resultados de adherencia y resistencias a compresión aproximadas a la resistencia real de un bloque.

Un muro formado por elementos de aproximadamente la misma resistencia, es capaz de resistir mayores esfuerzos porque, todas sus partes contribuyen en igual cantidad. Teniendo así, un muro más homogéneo e integral en resistencia, más estable volumétricamente y a la vez heterogéneo en materiales y componentes.

Además, los morteros de cemento y arena de río son los más pesados ya que presentan una masa unitaria en estado fresco ( $\text{kg/m}^3$ ) promedio de 2 031  $\text{kg/m}^3$ , con un porcentaje de aire de 8,50%, un porcentaje altamente satisfactorio ya que la norma ASTM C270 admite un 12% como máximo.

A diferencia de la norma C109 que exige un escurrimiento (flow) de  $110 \pm 5\%$ , para el ensayo de adherencia (ASTM C952) es necesario que la mezcla esté con una aceptable trabajabilidad, tratando de imitar las condiciones en campo.

Para obtener una trabajabilidad adecuada en los morteros cemento-arena de río fue necesario, en general, un escurrimiento (flow) de 150 %. Para ello, se comprobó que para los morteros que utilizan arena de río, es necesario un promedio de 18% de agua respecto a la masa de materiales utilizados ( cementantes + agregados).

Un aumento en el contenido de agua implica una disminución en la resistencia a compresión, y para el caso de los morteros cemento-arena de río es de un 10%.

Se observó también, que dichos morteros no cumplen con los requisitos de retención de agua. Son morteros que tienden a secarse muy rápidamente y que poseen un promedio de 60% de retención de agua.

Varios ensayos de adherencia se han realizado anteriormente, principalmente adherencia por corte, la cual no es tan crítica como la adherencia por tensión, ya que en ésta no interviene la fricción entre mortero y unidad.

Se observó también que todos estos morteros poseen menos adherencia que los morteros con cal y cemento, con resultados promedio de 0,13 MPa.(19 Psi) en ladrillo tayuyo. El tipo de falla generalizado es la separación en la unión mortero-ladrillo. Dado que este tipo de morteros pierde agua rápidamente, en la práctica puede ocurrir con frecuencia que la adherencia se reduzca, incluso al punto que llegue a cero en algunos casos, lo cual pone en peligro la estabilidad estructural de los muros. Aunque no existe un valor mínimo permisible en la norma ASTM C952, se debe de tomar en cuenta la adición de cal en combinación con el cemento para garantizar mayor adherencia.



## 4.2 MORTEROS DE CEMENTO, CAL Y ARENA.

Los morteros para levantado de cemento hidráulico, cal y arena de río o arena pómez evaluados, son en su mayoría de tipo S. Aunque pueden ser proporcionados, de manera especial, para obtener resistencias mayores (tipo M) o menores (tipo N, tipo O, tipo K).

Los porcentajes de componentes más usuales, en los morteros premezclados analizados, comprenden del 16% al 27% en cemento Portland, del 5% al 10% en cal hidratada y del 63% al 79% en agregados. Con resistencias a compresión promedio, a 28 días, de 13,11 MPa. (1 902 Psi) para los de tipo S y de 30 MPa (4 390 Psi) para los tipo M. Como se puede observar, las resistencias de los morteros de cemento, cal y arena pueden ser tan alta o baja como se quiera, dependiendo de sus proporciones.

Con respecto a su masa unitaria en estado fresco, los resultados dependen si se utiliza arena de río, arena manufacturada o arena pómez. Los que utilizan arena de río poseen masas unitarias alrededor de los 2 000 Kg./m<sup>3</sup> y los de arena pómez masas unitarias alrededor de 1 700 kg./m<sup>3</sup> con porcentajes de aire entre 8,5% a 9,5%.

Se observó también, que los morteros que utilizan arena pómez usan un promedio de 26% de agua respecto a la masa de la cantidad de materiales utilizados (cemento Portland, cal hidratada y agregados), con el fin de obtener una excelente trabajabilidad con escurrimientos (Flow) de 140%. Se comprueba que para un mismo grado de trabajabilidad el flow para morteros que tienen cal, es un 10% menor que para los que no la incluyen. Esto confirma la teoría que la cal imparte cohesión y trabajabilidad al mortero.

La cal añade trabajabilidad y además favorece la retención de agua, los resultados muestran un incremento del 5 al 10% en retención de agua, con respecto a los morteros de cemento y arena de río. A pesar de un leve incremento en la retención, aún no cumplen con el mínimo establecido por la norma ASTM C270 que es de 75%. Es de considerar el incremento de cal por parte de todas las empresas de morteros premezclados; y sacrificar resistencia a compresión por trabajabilidad, retención de agua y adherencia.

Los valores de adherencia obtenidos en morteros de cemento, cal hidratada y arena, reflejan un promedio de 0,15 Mpa.(22,15 Psi). Se observó que en los morteros con mayor contenido de cal, mayor es su adherencia a la unidad de mampostería pero menor es su resistencia a tensión. Fracturándose el mortero antes de separarse la unión mortero ladrillo. Esto es interesante, porque para los morteros de cemento y arena, la falla ocurría a la inversa, en donde se separaba primeramente la unión mortero-ladrillo.

Lo anterior, indica que los morteros a base de una combinación de cemento-cal en proporciones diferentes, según sea la resistencia requerida, resultan ser mejores que los de solo cemento y arena.

### 4.3 CALIDAD DE LOS AGREGADOS.

Mantener la calidad de los agregados en niveles permisibles, garantiza mejores resultados en el comportamiento de un mortero.

Para las diferentes arenas analizadas, se comprobó que sus granulometrías cumplen en un 95% con los límites ASTM C144. Este porcentaje se considera altamente satisfactorio porque aunque no cumple al 100% con los límites de graduación señalados en esta norma, el agregado puede ser usado siempre que el mortero cumpla con los requisitos de retención de agua y resistencia a compresión.

Arenas bien graduadas dentro de los límites proveerán una masa densa de agregados, requiriendo una mínima cantidad de materiales cementantes para una mayor resistencia a compresión y al desgaste. Así como también el sangrado o exudación de agua, escurrimiento y la contracción se reducen.

La norma ASTM C144 señala un límite máximo permisible de 5% al porcentaje de material que pasa el tamiz 200 (75  $\mu\text{m}$ ), pero no se puede considerar que todo el material que pase dicho tamiz sea arcilla, ya que en parte corresponde al mismo agregado desgastado por efectos de intemperismo. Para las arenas analizadas se presenta un promedio de 2,48% para las arenas de río, y de un 6% para las arenas livianas (pómez), los cuales se consideran normales y aceptables.

Se observa también que las arenas manufacturadas (obtenidas de la trituración artificial de la roca) poseen una mínima cantidad de materia orgánica, lo cual es un indicativo de un agregado de excelente calidad, una masa unitaria muy alta (alrededor de 1 800  $\text{kg/m}^3$ ) y el porcentaje más bajo de partículas livianas.

La densidad relativa (peso específico) es un índice de la compacidad del agregado. Las densidades relativas varían desde un promedio de 2,09 para las arenas livianas (pómez), 2,45 para las arenas de río y hasta 2,80 para las arenas manufacturadas. Se considera que son mejores los agregados con mayor densidad. Una densidad relativa baja, es índice de porosidad y baja durabilidad ante agentes climáticos y atmosféricos.

Con respecto al porcentaje de partículas livianas, todas las arenas de río presentan un porcentaje alto, alrededor de 4,75%. A pesar que el contenido máximo permisible de partículas livianas es 0,5%, según COGUANOR 41066 (ASTM C144). Se ha comprobado que este porcentaje permisible no puede ser aceptado para el medio local, ya que existen muchos bancos de arena pómez. No todas las normas ASTM pueden ser transcritas a las normas COGUANOR, se deben hacer estudios y análisis de los materiales, previos a establecer límites demasiado estrictos o aplicables a la naturaleza de los materiales locales.

El porcentaje de absorción es una medida de la porosidad de los agregados, se considera que a mayor absorción mayor es la permeabilidad, y por consecuencia, menor la durabilidad. El porcentaje de absorción para las arenas de río analizadas posee un promedio de 3,1%, con un porcentaje de vacíos promedio de 38,58%. Estos porcentajes se consideran altos, y son debidos a la existencia de un alto contenido de pómez. Sin embargo son aceptables ya que altos contenidos de cemento y combinaciones adecuadas de cemento-cal producen morteros, en su mayoría, de tipo M.

#### 4.4 ANÁLISIS DE COSTOS.

Los precios de los morteros premezclados para levantado en Guatemala se muestran en la Tabla No. 7 del apéndice No. 5.

Los precios de los morteros premezclados comparados con los costos de los materiales necesarios para eleborar morteros tipo M y S (apéndice No. 5), muestran que la elaboración de morteros es, entre un 50% a un 100%, más económico por la vía tradicional que por la compra de bolsas de premezclados. Esto es, si las condiciones lo permiten y además si la obra está dentro del perímetro de la ciudad.

Este incremento en costo, representa el valor de las ventajas que implica usar bolsas de premezclados. Ventajas que en una determinada construcción, pueden llegar a tomar mayor peso y representar una reducción de presupuestos y obtención de óptimos resultados.

Entre las ventajas que representa usar bolsas premezcladas, se enumera las siguientes:

- a) Ahorro de tiempo en obtención de materiales ya que cada empresa ofrece servicios de entrega en obra, regularmente en menos de 48 horas para obras dentro del perímetro de la ciudad capital. Ahorro de tiempo en la mezcla de materiales ya que no hay que tamizar los agregados y los materiales vienen predosificados únicamente para agregarles agua. Esto permite a la vez, disminución de personal en la realización de cada renglón de trabajo, reflejando así una disminución de costos por planilla.
- b) Satisfacción en la calidad de los agregados y de materiales cementantes, según normas de calidad y requerimientos de la obra.
- c) Facilidad de transporte, almacenamiento, distribución y cuantificación de bolsas de premezclados. Este factor de transporte es de considerable importancia en obras de construcción en serie o en edificios de varios niveles, en donde un viaje de acarreo de bolsas predosificadas resulta ser más ventajoso que hacer varios acarreos de los materiales requeridos.
- d) Disponibilidad de tipos de morteros según los requerimientos de la obra. La mayoría de empresas ofrecen diversidad de morteros para levantado, según su composición y resistencia a compresión.
- e) Control más exacto de costos al cuantificar las bolsas necesarias para cada trabajo a realizar. Esto permite disminuir factores de desperdicio y pérdida de materiales de un 10%, generalmente aceptado para cuantificación, hasta un 3% a 5%.

Estas ventajas comparadas con su costo, están sujetas al criterio del constructor, quien debe siempre escoger la obtención de óptimos resultados con los recursos disponibles. Especialmente, cuando se buscan mayores y mejores resultados en menor tiempo.

## CONCLUSIONES.

- 1- Los agregados de los morteros premezclados en seco, no cumplen completamente los requerimientos de las normas ASTM para agregados, especialmente en el porcentaje admisible de partículas livianas.
- 2- Las partículas livianas son de materiales piroclásticos (pómez), pero dado que son abundantes localmente y que han demostrado un buen desempeño, se concluye que el límite admisible de las normas ASTM no debe ser aplicado el medio local.
- 3- El uso de arenas manufacturadas aumenta la resistencia a compresión de los morteros premezclados en seco.
- 4- Los morteros premezclados que dentro de su formulación contenían cal (Hidróxido de Calcio) comparados con los que no la contenían, con el mismo tipo de agregado, presentaron mayor adherencia.
- 5- Se concluye que la elaboración de morteros "in situ", en obras dentro del perímetro de la ciudad, es entre un 50% a 100% más económica que la compra de morteros premezclados, suponiendo una adquisición de materiales de calidad y uniformidad similar.
- 6- Ventajas en el uso de morteros premezclados, tales como: facilidad de transporte, almacenaje, distribución y cuantificación de bolsas de materiales, calidad y uniformidad más controlada, pueden llegar a tomar mayor peso y representar a la postre una reducción de costos y presupuestos.

## RECOMENDACIONES.

1. Que las diferentes empresas de morteros premezclados en seco mantengan un control de calidad adecuado en los agregados a través de análisis de laboratorio, usando las normas COGUANOR 41066 y ASTM C144 (análisis de los agregados para morteros de albañilería), como patrones de referencia para su aceptación.
2. Con el fin de mantener un peso constante en los agregados y reducir la diferencia existente entre el peso nominal de los sacos y su peso real, se debe disponer de lugares o recursos adecuados de almacenamiento, como áreas techadas u otros medios de protección, libres del contacto con agua, suelo, agregados diferentes o sustancias perjudiciales.
3. Es necesario reconocer la importancia del uso y función que posee la cal en morteros para levantado. Se recomienda en un 10%, como mínimo, en la masa total de un saco de mortero premezclado en seco.
4. Se recomienda a las diferentes empresas, mantener controles de laboratorio rutinarios, analizando las propiedades y características físicas y mecánicas de cada tipo de mortero para levantado. Los análisis deben ser efectuados por cada lote de producción, teniendo como patrón de referencia la norma ASTM C270 (Especificaciones de Morteros para Unidades de Mampostería).
5. Es recomendable mantener un control de calidad en el empaqueo de los materiales para evitar pérdidas por manejo o deterioro del mismo. Así como en el etiquetado o impresión de bolsas, indicando claramente el tipo de mortero, uso recomendado por el fabricante, según su resistencia media a compresión, retención de agua y un rendimiento esperado (No. de bolsas/m<sup>3</sup> de mezcla) a una cantidad de agua recomendada.
6. Se recomienda continuar en un posterior estudio de tesis, una evaluación de los morteros premezclados en seco para recubrimiento y acabados.
7. Que las diferentes empresas de morteros premezclados continúen y apoyen investigaciones en nuevas alternativas en morteros, como por ejemplo en morteros premezclados húmedos, morteros con colorantes u otros aditivos y en áreas de mampostería relacionadas al tema.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alland, Raymond. 1984. Sistema Internacional de Medidas. Editorial Limusa, Segunda Edición. México. 63 Pgs.
2. Beall, Christine . 1994. Mortero. Editorial The Aberdeen Group. Primera Edición en Español. Illinois, Estados Unidos. 63 Pgs.
3. Estrada Hurtarte, G.A. 1990. Manual de Cuantificación de Materiales para Urbanizaciones y Edificaciones. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala. 175 Pgs.
4. Macal Domínguez, J.F. 1988. Propuesta de Morteros de Levantado para Mampostería en Áreas Urbanas. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala. 47 Pgs.
5. Morales González, J.M. 1975. Estudio de Variabilidad en las Características Físico Mecánicas en Muros de Ladrillo de Barro Cocido Debido a la Mano de Obra y Estudio de Características Físico Mecánicas de Morteros Típicos para Levantado en la República de Guatemala. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala. 63 Pgs.
6. Normas ASTM. 1997. Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials. Estados Unidos.
7. Normas COGUANOR 1980. Comisión Guatemalteca de Normas. Ministerio de Economía. Guatemala.
8. P.C.A. Association. 1994. Concrete Masonry Handbook. Portland Cement Association. (P.C.A) Estados Unidos. 115 Pgs.
9. Vides Tobar, Armando. 1996. Análisis y Control de Costos de Ingeniería. Editorial Piedra Santa. Segunda Edición. Guatemala. 1,348 Pgs.

**APÉNDICES.**



## APÉNDICE No. 1

### IMPORTANCIA DEL USO DE LA CAL. <sup>(A)</sup>

Actualmente, el uso de la cal en morteros de levantado no es común. Su utilización ha sido desplazada por el uso del cemento hidráulico, en tal forma que es exclusiva para los morteros de recubrimiento y acabados.

Esto es debido a que el cemento hidráulico ofrece excelente resistencia a la compresión y un fraguado rápido, cumpliendo con las prácticas actuales de construcción en mampostería. Pero, en realidad, si se quiere lograr buena trabajabilidad y adherencia, es necesario añadir un agente plastificante al mortero.

Se observa que las propiedades de la cal se reflejan en las dos fases del mortero; en estado plástico y en estado endurecido. Ambas fases son importantes, el mortero en estado plástico debe lograr una consistencia y trabajabilidad para la colocación, y el mortero endurecido debe mantener la unión entre unidades de mampostería, soportar cargas y temperaturas extremas.

La cal hidratada es el resultado de la hidratación de la cal viva cálcica ( $\text{CaO}$ ) o dolomítica ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ). Las partículas de hidróxido tienen un tamaño aproximado de 1/500 parte del tamaño de las partículas de cemento hidráulico. Esto significa que tiene áreas superficiales muy grandes y que cubiertas por una delgada película de agua, pueden almacenar o retener más agua. La mayor retención de agua da mayor lubricación entre partículas, haciendo al mortero más trabajable. Por su tamaño, las partículas de cal penetran mejor en las aberturas de las piezas de mampostería, lo cual favorece la adherencia.

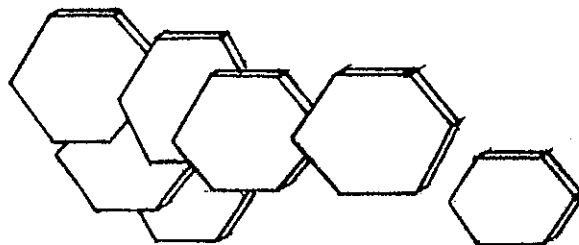


Figura No.1  
Cristales de Hidróxido de Calcio.

La forma plana hexagonal de los cristales de hidróxido de calcio en la cal, mejora la trabajabilidad del mortero. Las partículas delgadas se deslizan unas sobre otras, pero no se separan completamente. Esto hace al mortero más pegajoso y facilita su manejo con la cuchara y su colocación en las juntas.

<sup>(A)</sup> Beall, Christine. Mortero. Edit. The Aberdeen Group.  
Primera Edición en Español. Illinois, Estados Unidos, 1,994, 12.

La gran cantidad y pequeño tamaño de las partículas de la cal también significa que partículas de arena pueden ser recubiertas con cal. El mortero hecho con cal puede así contener más arena (que reduce su costo), sin sacrificar su trabajabilidad.

Como la cal permite al mortero retener agua por más tiempo, menor cantidad de fisuras aparecen en la interfase mortero-ladrillo. Esto también hace que la cal tenga mayor capacidad de acomodo al movimiento, produciendo relajamiento y resiliencia en disposiciones constructivas más rígidas.

La cal es culpada de causar eflorescencia. Esta afirmación no es válida. La eflorescencia es causada por el movimiento del agua dentro y hacia fuera de la pared y la cristalización de las sales solubles de sulfatos de sodio y de magnesio sobre la superficie o en los poros de la mampostería.

La solubilidad de la cal es muy baja y la mayor parte de las cales hidratadas contienen muy pocas sales solubles. La prevención de la humedad a través de las paredes provee los mejores resultados contra la eflorescencia. La cal hace al mortero menos permeable, esto contribuye a evitar filtraciones y los efectos de la eflorescencia.

Las sales solubles proceden más de las unidades de mampostería y de las arenas usadas en los morteros, así como del agua que penetra desde el suelo a los muros.

## APÉNDICE No 2

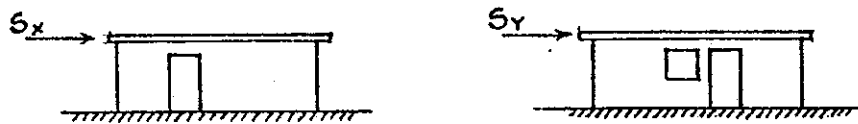
### IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE LA ADHERENCIA DE MORTEROS A UNIDADES DE MAMPOSTERÍA. <sup>(B)</sup>

La importancia del análisis de la adherencia de morteros a unidades de mampostería radica principalmente en el estado de esfuerzos al cual puede estar sujeto un muro, a las condiciones climáticas o atmosféricas imperantes y en menor grado a su forma geométrica.

Así por ejemplo, para un diafragma típico que transmite las cargas, que actúan en su plano, a los apoyos que la sostienen; se tiene la siguiente distribución de esfuerzos.

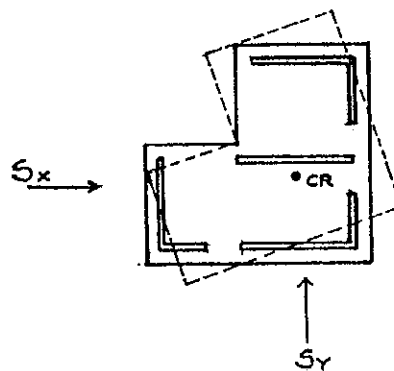
- a) Las componentes en X & Y de las fuerzas de sismo actuando en ambas direcciones.

Figura No.2  
Fuerzas de Sismo



- b) Las fuerzas de sismo producen el movimiento del sistema respecto al centro de rigidez C.R.

Figura No.3  
Movimiento del Sistema



<sup>(B)</sup>

c) Cada arreglo de muros está sujeto a esfuerzos de compresión, corte, flexión y torsión.

- C: Cargas de compresión.
- T: Torsión.
- $M_x$ : Momento flector en dirección x.
- $M_y$ : Momento flector en dirección y.
- $S_x$ : Sismo en dirección x.
- $S_y$ : Sismo en dirección y.

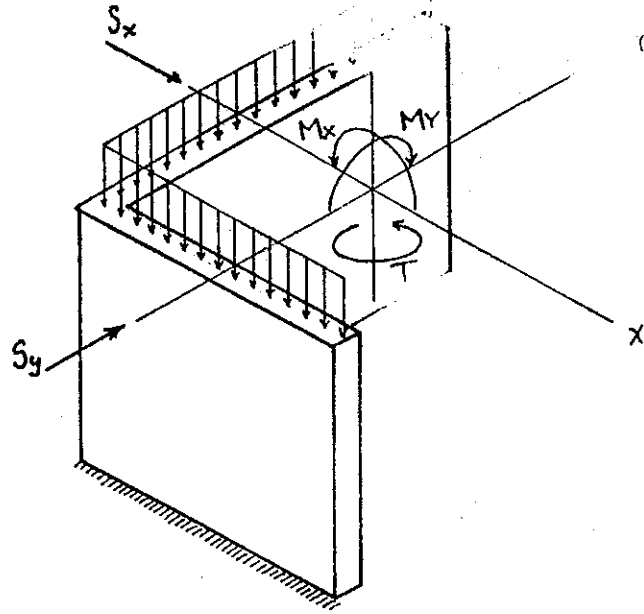
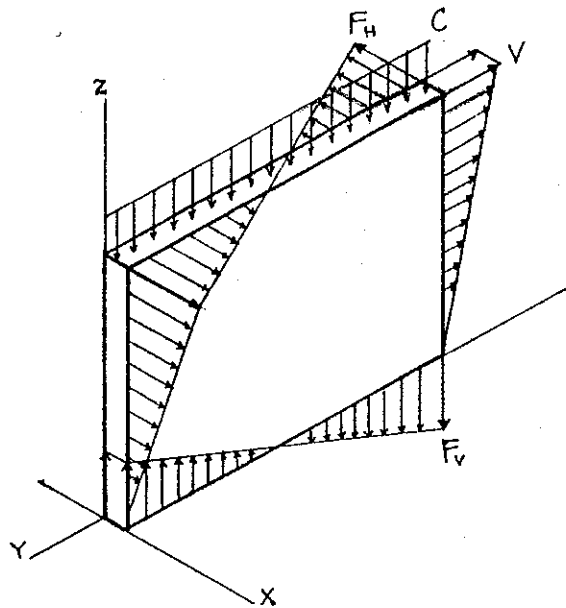


Figura No.4  
Estado de Esfuerzos en Arreglo.

d) Considerando cada muro como una viga empotrada en su parte inferior, el estado de esfuerzos resultante sería:

Figura No.5  
Estado de Esfuerzos en Muro.

- FH: Flexión horizontal.
- Fv: Flexión vertical.
- C: Compresión.
- V: Corte.



e) Analizando la sección transversal de un prisma, se tendrán esfuerzos finales de tensión, compresión y corte.

C: Compresión.  
T: Tensión.  
V: Corte.

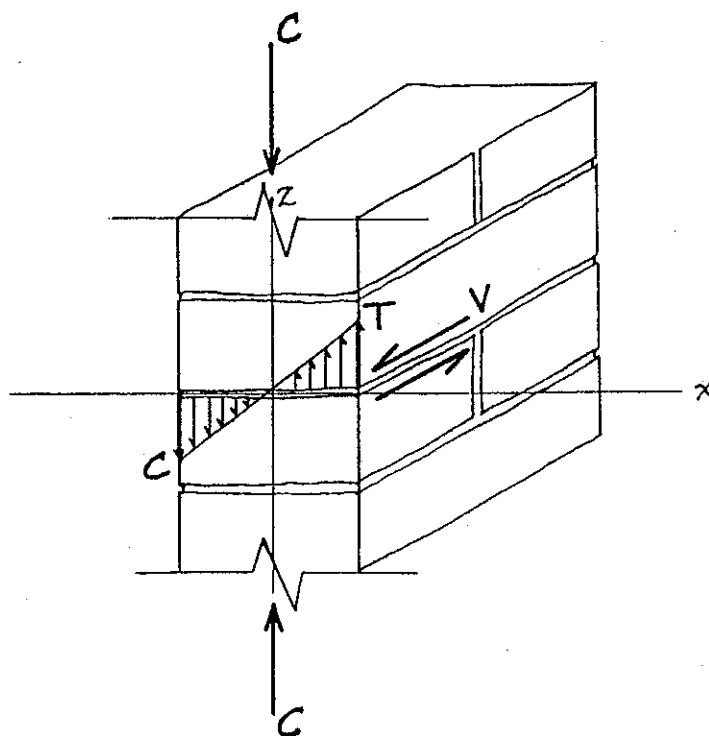


Figura No.6  
Estado de Esfuerzos en Prisma.

Del diagrama anterior se concluye que el esfuerzo más crítico a resistir es el de tensión originado por los esfuerzos de flexión (flexión vertical y horizontal).

Se consideran los esfuerzos de tensión más críticos que los de compresión por la misma capacidad de los materiales que conforman la mampostería (frágiles), materiales con gran capacidad de soportar esfuerzos de compresión, menor capacidad para resistir el corte y una mínima capacidad para resistir la tensión.

Aportan a la resistencia de la tensión las unidades de mampostería y la unión mortero unidad. Siendo esta última la más crítica, se le debe asignar especial atención y no asumir que un mortero es mejor mientras más resistencia a compresión posea.

## APÉNDICE No. 3

### IMPORTANCIA DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS. <sup>(c)</sup>

La evaluación de los materiales consiste en comparar los requerimientos exigidos con las propiedades y características de los materiales escogidos.

La medida de la adecuación de un material está en la comparación de los niveles exigidos (factores externos) con los niveles obtenidos (factores internos dependientes del producto o material en sí).

Los requerimientos exigidos se traducen en normas que definen la calidad de los materiales y como complemento aquellos que regulan la producción y fabricación y la determinación de las propiedades del material (métodos de ensayo normalizados).

Una norma, en general, es una regla que debe seguirse o a la cual debe ajustarse un proceso, producto o servicio que se repite múltiples veces con el fin de obtener siempre idénticos resultados. En consecuencia, la normalización es la acción y efecto de normalizar, regularizar y ordenar algo que antes no lo estaba.

Las normas se preparan a nivel nacional <sup>(1)</sup> o internacional <sup>(2)</sup> por organismos adecuados que tienen la representación de los organismos interesados (productores, consumidores, técnicos o autoridades gubernamentales). Esto es necesario, ya que la norma para ser útil debe ser un requisito determinante de aplicación generalizado y aceptado por todos los afectados. Aunque su aplicación sea de carácter voluntario, las normas son el conocimiento que mejor garantiza a la fecha, la satisfacción, confiabilidad y seguridad de un producto o servicio.

La utilización de las normas tiene como ventajas:

- i) Mejoras en la producción, ya que favorece su aumento, mejor aprovechamiento de equipo y materiales, así como especialización de operaciones.
- ii) Disminución de costos en cuanto a la racionalización de procesos de producción, aumento de la producción y un aumento de mercado.
- iii) Mejora la calidad, ya que establece condiciones óptimas de producción, un mejor control de la producción y favorece la competencia a base de calidad.

<sup>(c)</sup> Comisión Guatemalteca de Normas. Normas COGUANOR. Ministerio de Economía, Guatemala, 1,980, 15.

<sup>(1)</sup> Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR).

<sup>(2)</sup> International Organization for Standardization (ISO), American Society for Testing and Materials (ASTM), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), etc.

- iv) Expansión del mercado mediante patrones uniformes de consumo. Baja precios de productos y facilita intercambios y transacciones.
- v) Mejora transacciones comerciales, ya que establece un lenguaje común en el entendimiento de cualidades y usos de productos y servicios. Regulariza y simplifica ventas, favoreciendo competencia honorable y justa.
- vi) Beneficios colectivos dando estabilidad y mejores condiciones de vida. Beneficios al consumidor al brindarle productos de calidad adecuada a sus necesidades, surgiendo así una mayor remuneración de la calidad.

**APÉNDICE No. 4**  
**IMPORTANCIA DEL**  
**SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDAS (S.I.)** <sup>(D)</sup>

La expresión y la escritura del pensamiento científico se expresa a partir de entidades definidas, llamadas especies o magnitudes físicas. Estas magnitudes pueden relacionarse a través de las leyes de la física. Permiten por otra parte, la evaluación de su valor cuantitativo o de su intensidad por su comparación a elementos precisos de la misma especie, llamados unidades.

Un conjunto de unidades de especies constituye un sistema y la cualidad más preciosa de un conjunto semejante es la de ser coherente. Es también su propiedad más simple y, por sorprendente que eso pueda parecer a primera vista, la humanidad que cuenta, mide y pesa desde hace muchos siglos, ha pasado todo ese tiempo en errores, en principio inevitables, después imperdonables, antes de llegar a dotarse de un sistema totalmente homogéneo y coherente.

La estética de esta racional simplicidad y la interesante unificación del lenguaje, no son los principales atractivos de la coherencia.

El mayor interés reside sobre todo en la desaparición total de ese gran número de coeficientes de equivalencia que vienen inútilmente a entorpecer, aún en la actualidad, sin saber porqué, los cálculos y las medidas de los hombres.

En pocas palabras, el sabio, el ingeniero, y el práctico no pueden desgraciadamente, ignorar las unidades heterogéneas y deben forzosamente saber convertirlas en sus cálculos, pero no tienen el derecho de olvidar que únicamente la utilización del Sistema Internacional, decimal, homogéneo, racionalizado, métrico, práctico, legal, obligatorio y muy pronto universal, les permite cálculos simples, ordenados y exentos de esta multitud de coeficientes de equivalencias estorbosas e indignas de nuestra época.

El S.I debe ser para los profesores, ingenieros, físicos, técnicos y alumnos de escuelas superiores la base de toda normalización de la expresión científica y técnica.

A finales del siglo XIX, Giovanni Giorgi propuso el sistema M.K.S.A., pero no fue hasta el 3 de mayo de 1961, que la legislación francesa por primera vez lo hace obligatorio y legal, perdiendo su denominación M.K.S.A. por la de Sistema Internacional (S.I) por el nombre en francés "Le Systéme International d'Unites"

Las unidades congruentes de fuerza, masa, longitud y tiempo simplifica mucho la solución de problemas en mecánica; igualmente mediante unidades congruentes se pueden realizar derivaciones sin referencia a algún sistema en particular. Se dice que un sistema de unidades mecánicas es congruente cuando la unidad de fuerza causa que una unidad de masa sufra una unidad de aceleración.

<sup>(D)</sup> Alland, Raymond. Sistema Internacional de Medidas.  
Editorial Limusa. México, 1,984, 4.



Se ha adoptado ya en muchos países el Sistema Internacional (S.I), en Estados Unidos, por ejemplo, todas las normas han adoptado el S.I como el sistema oficial.

Este sistema tiene al newton (N) como unidad de fuerza, al kilogramo (kg.) como unidad de masa, al metro (m) como unidad de longitud y al segundo (s) como unidad de tiempo. Así el newton se deriva para satisfacer la segunda ley de Newton.

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1\text{m/s}^2$$

Algunos grupos de profesionales de ingeniería usan el sistema inconsecuente de unidades libras fuerza (lb), libras masa (lbm), pie (ft) para la longitud y segundo (s) para el tiempo. Con las unidades inconsecuentes se requiere una constante de proporcionalidad en la segunda ley de Newton, generalmente escrita como:

$$F = m \cdot a \cdot$$

Al sustituir el conjunto de unidades dentro de la situación de una libra fuerza que actúa sobre una libra masa, a gravedad estándar, en el vacío, se sabe que la masa se acelera  $32.174 \text{ ft/s}^2$ , es decir:

$$1 \text{ lb} = 1\text{lbm} \cdot 32, 174 \text{ ft/s}^2$$

Como se mencionó anteriormente, el S.I posee la ventaja de omitir este tipo de factores.

Tabla No.6

**EQUIVALENCIAS**

	De	multiplicar por	a
<b>CARGAS</b>	lb	4.448222	N
	N	0.224809	lb
	lb	0.4535924	kg
	kg	2.204622	lb
	kg	9.80665	N
	N	0.10197	kg
<b>ESFUERZOS</b>	Psi	6.894757/1000	Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
	Mpa (N/mm <sup>2</sup> )	145.0377	Psi
	Psi	7.031/100	kg/cm <sup>2</sup>
	kg/cm <sup>2</sup>	14.222	Psi
	kg/cm <sup>2</sup>	9.80665/100	Psi
	Mpa (N/mm <sup>2</sup> )	10.197	kg/cm <sup>2</sup>
<b>MASAS</b>	oz	28.3495	g
	g	3.52/100	oz
<b>VOLÚMENES</b>	oz FL	29.57353	ml
	ml	3.381402	oz FL
	Gal	3.785412	L
	L	0.264172	Gal
	pie <sup>3</sup>	2.831685/100	m <sup>3</sup>
	m <sup>3</sup>	35.314662	pie <sup>3</sup>
<b>MASAS UNITARIAS</b>	Lb/p <sup>3</sup>	16.01846	kg/m <sup>3</sup>
	kg/m <sup>3</sup>	0.06243	lb/p <sup>3</sup>

APÉNDICE No. 5

Tabla No.7

TABLA DE COSTOS DE MORTEROS  
PREMEZCLADOS PARA LEVANTADO.

Empresa	Tipo de Mortero.	No. de bolsas para un m <sup>3</sup> de mezcla de mortero.	Costo Unitario Puesto en Obra (*)	Costo/m <sup>3</sup> de mortero Total (*)
A	A.1	48.38	Q 10.63	Q 514.28
	A.2	28.57	Q 18.48	Q 527.98
	A.3	29.46	Q 20.68	Q 609.24
B	B.1	58	Q 10.60	Q 614.80
	B.2	61	Q 12.04	Q 734.44
C	C.1	49	Q 14.31	Q 701.19
	C.2	40.9	Q 16.88	Q 690.40
D	D.1	38.6	Q 16.55	Q 638.83
	D.2	42	Q 16.55	Q 695.10
	D.3	36	Q 29.55	Q 1,064.00

(\*) Esta cantidad no incluye mano de obra por mezcla de materiales.  
Considerar un promedio de Q30.00 / m<sup>3</sup> de mezcla de mortero.

Tabla No.8

**RESUMEN DE COSTOS  
DE MORTEROS REALIZADOS EN OBRA.**

Cemento	Componentes		Tipo de Mortero ASTM C270	Costo Neto / m <sup>3</sup> de mezcla	Costo Presupuesto / m <sup>3</sup> de mezcla ( <sup>3</sup> )
	Cal	Arena de Río ( <sup>1</sup> )			
1		3	M	337.96	371.76
1	1/4.	2	M	452.00	497.20
1	1/3.	4	M	313.94	345.33
1		4	S	288.54	317.39
1	1/3.	5	S	278.30	306.13
1	2		S	573.12	630.43
1		6	N	230.58	253.64
1	1	6	N	271.42	298.56
1	5		N	362.44	398.68
1	3	12	O	244.45	268.90

(<sup>1</sup>) Arena de Río con una masa unitaria promedio de 1 300 kg/m<sup>3</sup>, en condición seco saturado.

(<sup>2</sup>) Arena Amarilla (Pómez) con una masa unitaria promedio de 1 000 kg/m<sup>3</sup>, en condición seco saturado.

(<sup>3</sup>) Costo Presupuesto = Costo Neto\*1.10

Tomando los Imprevistos = 10%

Considerar por mano de obra por tamizado de arena y mezcla de materiales una cantidad de Q50.00/m<sup>3</sup> de mezcla.

## COSTO DE M<sup>3</sup> DE MORTERO

TIPO: M  
 PROPORCIÓN:

Material.	Vol.	Masa Unitaria (kg/m <sup>3</sup> )	Total (kg.)
Cemento	1	1 504	1 504
Arena de Río	3	1300	3 900
			5 404

1 m<sup>3</sup> de cemento .....  
 0,973 m<sup>3</sup> de agua .....  
 3 m<sup>3</sup> de Arena de Río .....  
4,973 m<sup>3</sup> de componentes sueltos equivale a  
 0,47 m<sup>3</sup> de parte sólida ( 47% de parte sólida en el cemento)  
 0,973 m<sup>3</sup> de agua (considerando un 18% de 5 404 kg).  
 1,95 m<sup>3</sup> ( 65% parte sólida)  
3,393 m<sup>3</sup> de mezcla de mortero x 1,10 ( 10% de aire atrapado) = 3,73 m<sup>3</sup>

Por lo que cada m<sup>3</sup> de mezcla de mortero necesita:

4,973 m<sup>3</sup> = 1,33 m<sup>3</sup> de componentes sueltos de mortero.

Proporcionalmente, se obtiene:  $\frac{4,97 \text{ m}^3 \text{ de componentes sueltos}}{1 \text{ m}^3 \text{ de cemento}} = \frac{1,33 \text{ m}^3 \text{ de componentes sueltos}}{X \text{ m}^3 \text{ de cemento}}$

Cemento:  $X = 1 \times 1,33 / 4,97 = 0,2676 \text{ m}^3 \text{ de cemento (1 504 kg/m}^3 \text{) (1 saco / 42,50 kg) = 9,47 \text{ sacos}$   
 Arena:  $3 \times 0,2676 = 0,803 \text{ m}^3 \text{ de arena de río x 1,30 ( 30 \% material retenido en tamiz 4 ) = 1,04 m}^3$   
 Agua:  $0,973 \text{ m}^3 \times 0,2676 = 0,2604 \text{ m}^3 \text{ de agua.}$

### RESUMEN:

Material	Cantidad	P.U	Total
Cemento	9,47 sacos	Q 28.00	Q 265.16
Arena Río	1,04 m <sup>3</sup>	Q 70.00	Q 72.80
Agua	260 L	-	Q -
			<b>Q 337.96 /m<sup>3</sup> de mezcla de mortero.</b>

Nota: Agregar al costo total un 10% para imprevistos y un promedio de Q 50.00 por mano de obra.

## COSTO DE M<sup>3</sup> DE MORTERO

<b>TIPO: M</b>	<b>Material.</b>	<b>Vol.</b>	<b>Masa Unitaria (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Total (kg.)</b>
<b>PROPORCIÓN:</b>	Cemento	1	1 504	1 504
	Cal	1 / 4.	640	160.
	Arena de	2	1300	2 600
				4 264

1m<sup>3</sup> de cemento .....  
 1/4 m<sup>3</sup> de cal .....  
 0,77 m<sup>3</sup> de agua .....  
2m<sup>3</sup> de Arena de Río .....  
 4,02 m<sup>3</sup> de componentes sueltos equivale a 2,62m<sup>3</sup> de mezcla de mortero x 1,10 ( 10% de aire atrapado) = 2,88m<sup>3</sup>

0,47m<sup>3</sup> de parte sólida ( 47% de parte sólida en el cemento)  
 0,075m<sup>3</sup> de parte sólida (considerando un 30% de parte sólida en la cal)  
 0,77m<sup>3</sup> de agua (considerando un 18% de 4 264 kg).  
1,30m<sup>3</sup> ( 65% parte sólida)  
2,62m<sup>3</sup> de mezcla de mortero x 1,10 ( 10% de aire atrapado) = 2,88m<sup>3</sup>

Por lo que cada m<sup>3</sup> de mezcla de mortero necesita:

4,02/ 2,88 = 1,396m<sup>3</sup> de componentes sueltos de mortero.

Proporcionalmente, se obtiene:  $\frac{4,02m^3 \text{ de componentes sueltos}}{1 m^3 \text{ de cemento}} = \frac{1,396m^3 \text{ de componentes sueltos}}{X m^3 \text{ de cemento}}$

Cemento:  $X = 1 \times 1,396/4,02 = 0,347m^3$  de cemento (1 504 kg/m<sup>3</sup>) (1saco / 42,50 kg) = 12,30 sacos  
 Cal:  $1/4 \times 0,347 = 0,087 m^3$  de cal ( 640 kg/m<sup>3</sup>) (1 saco / 25 kg) = 2,23 sacos  
 Arena:  $2 \times 0,347 = 0,694 m^3$  de arena de río x 1,30 ( 30 % material retenido en tamiz 4 ) = 0,90 m<sup>3</sup>  
 Agua:  $0,77 m^3 \times 0,347 = 0,27 m^3$  de agua

### RESUMEN:

Material	Cantidad	P.U	Total
Cemento	12,30 sacos	Q 28.00	Q 344.40
Cal	2,23 sacos	Q 20.00	Q 44.60
Arena Río	0,90 m <sup>3</sup>	Q 70.00	Q 63.00
Agua	270 L	Q -	Q -
			<b>Q 452.00 /m<sup>3</sup> de mezcla de mortero.</b>

Nota: Agregar al costo total un 10% para imprevistos y un promedio de Q 50.00 por mano de obra.

## COSTO DE M<sup>3</sup> DE MORTERO

TIPO: M  
PROPORCIÓN:

Material.	Vol.	Masa Unitaria (kg/m <sup>3</sup> )	Total (kg.)
Cemento	1	1 504	1 504
Cal	1/3	640	213,33
Arena de Río	4	1300	5 200
			<u>6 917,33</u>

1m<sup>3</sup> de cemento .....  
 1/3 m<sup>3</sup> de cal .....  
 1,25 m<sup>3</sup> de agua .....  
 4m<sup>3</sup> de Arena de Río .....  
 6,58 m<sup>3</sup> de componentes sueltos equivale a 4,42 m<sup>3</sup> de mezcla de mortero x 1,10 ( 10% de aire atrapado) = 4,86 m<sup>3</sup>

0,47m<sup>3</sup> de parte sólida ( 47% de parte sólida en el cemento)  
 0,10m<sup>3</sup> de parte sólida (considerando un 30% de parte sólida en la cal)  
 1,25m<sup>3</sup> de agua (condiderando un 18% de 6 917,33 kg).  
2,60 m<sup>3</sup> ( 65% parte sólida)  
 4,42 m<sup>3</sup> de mezcla de mortero x 1,10 ( 10% de aire atrapado) = 4,86 m<sup>3</sup>

Por lo que cada m<sup>3</sup> de mezcla de mortero necesita:

6,58/ 4,86 = 1.354m<sup>3</sup> de componentes sueltos de mortero.

Proporcionalmente, se obtiene:  $\frac{6,58 \text{ m}^3 \text{ de componentes sueltos}}{1 \text{ m}^3 \text{ de cemento}} = \frac{1,354 \text{ m}^3 \text{ de componentes sueltos}}{X \text{ m}^3 \text{ de cemento}}$

Cemento:  $X = 1 \times 1,35 / 6,58 = 0,2058 \text{ m}^3 \text{ de cemento (1 504 kg/m}^3 \text{) (1 saco / 42,50 kg) = 7,28 \text{ sacos}$   
 Cal:  $1/3 \times 0,2058 = 0,0686 \text{ m}^3 \text{ de cal ( 640 kg/m}^3 \text{) (1 saco / 25 kg) = 1,76 \text{ sacos}$   
 Arena:  $4 \times 0,2058 = 0,82 \text{ m}^3 \text{ de arena de río x 1,30 ( 30 \% material retenido en tamiz 4) = 1,07 m}^3$   
 Agua:  $1,25 \text{ m}^3 \times 0,2058 = 0,2573 \text{ m}^3 \text{ de agua}$

### RESUMEN:

Material	Cantidad	P.U	Total
Cemento	7,28 sacos	Q 28.00	Q 203.84
Cal	1,76 sacos	Q 20.00	Q 35.20
Arena Río	1,07 m <sup>3</sup>	Q 70.00	Q 74.90
Agua	257 L	Q -	Q -
			<b>Q 313.94 /m<sup>3</sup> de mezcla de mortero</b>

Nota: Agregar al costo total un 10% para imprevistos y un promedio de Q 50.00 por mano de obra.

## COSTO DE M<sup>3</sup> DE MORTERO

<b>TIPO: S</b>	<b>Material.</b>	<b>Vol.</b>	<b>Masa Unitaria (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Total (kg.)</b>
<b>PROPORCIÓN:</b>	Cemento	1	1 504	1 504
	Cal	1/3	640	213,33
	Arena de Río	5	1300	6 500
				8 217,33

1 m<sup>3</sup> de cemento .....  
 1/3 m<sup>3</sup> de cal .....  
 1,48 m<sup>3</sup> de agua .....  
5 m<sup>3</sup> de Arena de Río .....  
 7,81 m<sup>3</sup> de componentes sueltos equivale a 5,30 m<sup>3</sup> de mezcla de mortero x 1,10 ( 10% de aire atrapado) = 5,83 m<sup>3</sup>

0,47 m<sup>3</sup> de parte sólida ( 47% de parte sólida en el cemento)  
 0,10 m<sup>3</sup> de parte sólida (considerando un 30% de parte sólida en la cal)  
 1,48 m<sup>3</sup> de agua (considerando un 18% de 8217,33 kg).  
3,25 m<sup>3</sup> ( 65% parte sólida)  
5,30 m<sup>3</sup> de mezcla de mortero x 1,10 ( 10% de aire atrapado) = 5,83 m<sup>3</sup>

Por lo que cada m<sup>3</sup> de mezcla de mortero necesita:

7,81 / 5,83 = 1,34 m<sup>3</sup> de componentes sueltos de mortero.

Proporcionalmente, se obtiene:  $\frac{7,81 \text{ m}^3 \text{ de componentes sueltos}}{1 \text{ m}^3 \text{ de cemento}} = \frac{1,34 \text{ m}^3 \text{ de componentes sueltos}}{X \text{ m}^3 \text{ de cemento}}$

Cemento:  $X = 1 \times 1,34 / 7,81 = 0,172 \text{ m}^3 \text{ de cemento (1 504 kg/m}^3 \text{ (1 saco / 42,50 kg) = 6,09 sacos}$   
 Cal:  $1/3 \times 0,172 = 0,0573 \text{ m}^3 \text{ de cal ( 640 kg/m}^3 \text{ (1 saco / 25 kg) = 1,47 sacos}$   
 Arena:  $5 \times 0,172 = 0,86 \text{ m}^3 \text{ de arena de río x 1,30 ( 30 \% material retenido en tamiz 4 ) = 1,12 m}^3$   
 Agua:  $1,48 \text{ m}^3 \times 0,172 = 0,255 \text{ m}^3 \text{ de agua}$

**RESUMEN:**

Material	Cantidad	P.U	Total
Cemento	6,09 sacos	Q 28.00	Q 170.50
Cal	1,47 sacos	Q 20.00	Q 29.40
Arena Río	1,12 m <sup>3</sup>	Q 70.00	Q 78.40
Agua	255 L	Q -	Q -
			Q 278.30 / m <sup>3</sup> de mezcla de mortero.

Nota: Agregar al costo total un 10% para imprevistos y un promedio de Q 50.00 por mano de obra.



## COSTO DE M<sup>3</sup> DE MORTERO

TIPO: N  
 PROPORCIÓN:

Material.	Vol.	Masa Unitaria (kg/m <sup>3</sup> )	Total (kg.)
Cemento	1	1 504	1 504
Cal	5	640	3 200
Arena Pómez	10	1 000	10 000
			14 704

1 m<sup>3</sup> de cemento .....  
 5 m<sup>3</sup> de cal .....  
 3,82 m<sup>3</sup> de agua .....  
 10 m<sup>3</sup> de Arena Pómez .....  
19,82 m<sup>3</sup> de componentes sueltos equivale a  
 0,47 m<sup>3</sup> de parte sólida ( 47% de parte sólida en el cemento)  
 1,50 m<sup>3</sup> de parte sólida (considerando un 30% de parte sólida en la cal)  
 3,82 m<sup>3</sup> de agua (considerando un 26% de 14 704 kg).  
5,5 m<sup>3</sup> ( 55% parte sólida)  
11,29 m<sup>3</sup> de mezcla de mortero x 1,10 ( 10% de aire atrapado) = 12,42 m<sup>3</sup>

Por lo que cada m<sup>3</sup> de mezcla de mortero necesita:

19,82 / 12,42 = 1,596 m<sup>3</sup> de componentes sueltos de mortero.

Proporcionalmente, se obtiene:

	19,82 m <sup>3</sup> de componentes sueltos	=	1,596 m <sup>3</sup> de componentes sueltos
	1 m <sup>3</sup> de cemento		X m <sup>3</sup> de cemento

Cemento: X = 1 x 1,596 / 19,82 = 0,08 m<sup>3</sup> de cemento (1 504 kg/m<sup>3</sup>) (1saco / 42,50 kg) = 2,83 sacos  
 Cal: 5 x 0,08 = 0,40 m<sup>3</sup> de cal ( 640 kg/m<sup>3</sup>) (1 saco / 25 kg) = 10,24 sacos  
 Arena: 10 x 0,08 = 0,8 m<sup>3</sup> de arena Pómez x 1,40 ( 40 % material retenido en tamiz 4 ) = 1,12 m<sup>3</sup>  
 Agua: 3,82 m<sup>3</sup> x 0,08 = 0,31 m<sup>3</sup> de agua

**RESUMEN:**

Material	Cantidad	P.U	Total
Cemento	2,83 sacos	Q 28.00	Q 79.24
Cal	10,24 sacos	Q 20.00	Q 204.80
Arena Pómez	1,12 m <sup>3</sup>	Q 70.00	Q 78.40
Agua	310 L	Q -	Q -
			<b>Q 362.44 /m<sup>3</sup> de mezcla de mortero.</b>

Nota: Agregar al costo total un 10% para imprevistos y un promedio de Q 50.00 por mano de obra.

## APÉNDICE No. 6

### LISTADO DE NORMAS UTILIZADAS.

#### NORMAS ASTM PARA MORTEROS.

- C91 Especificación para Cementos de Albañilería (Standard Specification for Masonry Cement).
- C109 Método de Ensayo para Determinar el Esfuerzo a Compresión en Morteros de Cemento Hidráulico (Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars).
- C144 Especificaciones para Agregados de Mortero de Mampostería (Specification for Aggregate for Masonry Mortar).
- C270 Especificaciones para Mortero de Mampostería (Specification for Mortar for Unit Masonry).
- C305 Práctica para la Mezcla Mecánica de Pastas de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica (Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency).
- C387 Especificación para Materiales Combinados, Secos y Empacados para Mortero y Concreto (Specification for Packaged, Dry, Combined Materials for Mortar and Concrete).
- C952 Método de Ensayo de la Resistencia a la Adherencia del Mortero a las Piezas de Mampostería (Standard Test Method for Bond Strength of Mortar to Masonry Units).

#### NORMAS ASTM PARA AGREGADOS.

- C29 Método de Ensayo para la Determinación de la Masa Unitaria o Densidad Aparente en agregados.
- C30 Método de Ensayo para Determinar el Porcentaje de Vacíos en Agregados.
- C40 Método de Ensayo para la Determinación del Contenido de Materia Orgánica en Agregados.
- C117 Método de Ensayo para Determinar el Porcentaje que Pasa Tamiz 200 (75µm) en Agregados.
- C123 Método de Ensayo para Determinar el Porcentaje de Partículas Livianas en Agregados.

C128 Método de Ensayo para Determinar la Densidad Absoluta o Relativa y Porcentaje de Absorción en los Agregados.

**OTRAS NORMAS UTILIZADAS.**

ASTM C67 Método para Muestreo y Ensayo de Ladrillos y Losetas Estructurales de Barro Cocido (Standard Test Methods of Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile).

**NORMAS COGUANOR UTILIZADAS.**

NGO.

41 066 Especificaciones de Agregados de Densidad Normal para Morteros de Albañilería.

NGO.

41 003 h4 Determinación de la Resistencia a la Compresión de los Morteros Usando Especímenes Cúbicos de 50 mm de Lado.

## APÉNDICE No. 7

### SECUENCIA DEL ENSAYO ASTM C952 (Determinación de la Resistencia por Adherencia del Mortero a Unidades de Mampostería).

Este ensayo provee dos procedimientos para la medición del esfuerzo por adherencia de morteros a unidades de mampostería; el primero, a través de especímenes de ladrillos unidos perpendicularmente (ladrillos cruzados), con mortero para evaluar su adherencia por tensión. Y el segundo, para evaluar la adherencia por flexión en un prisma de bloques de concreto. La alternativa utilizada para medir la adherencia comprendió, por la facilidad de los instrumentos necesarios, la de ladrillos cruzados.

La secuencia o metodología del ensayo es la siguiente:

1. Mezclar manualmente por 5 seg. los materiales.
2. Mezclar mecánicamente, a baja velocidad, por 10 seg. (ASTM C305)
3. Agregar el 95% del agua a utilizar durante 10 seg.
4. Mezclar mecánicamente, a velocidad alta, durante 2 min.
5. Dejar reposar la mezcla, en un ambiente cerrado, durante 10 min.
6. Mezclar mecánicamente a baja velocidad por 1 min. añadiendo el resto del agua.
7. Mezclar mecánicamente, a velocidad alta, durante 30 seg.
8. Determinar la fluidez inicial del mortero.
9. Determinar la retención de agua del mortero. (ASTM C91)
10. Hacer cubos de 50mm de lado para determinar la resistencia a compresión del mortero (3, 7 & 28 días). (ASTM C109)
11. Hacer tres especímenes de ensayo de ladrillos cruzados y ensayarlos a 7 días.

Figura No.7  
Determinación de la adherencia por tensión  
de morteros para mampostería en ladrillos cruzados.

