



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DEL MORTERO UNICAPA Y SU COSTO-BENEFICIO  
PARA EL RECUBRIMIENTO DE PAREDES

CARLOS HUMBERTO MORALES GUTIÉRREZ

Guatemala, julio de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



EVALUACIÓN DEL MORTERO UNICAPA Y SU COSTO-BENEFICIO  
PARA EL RECUBRIMIENTO DE PAREDES

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

CARLOS HUMBERTO MORALES GUTIÉRREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

Guatemala, julio de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alfredo Fernández Erazo
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**EVALUACIÓN DEL MORTERO UNICAPA Y SU COSTO-BENEFICIO  
PARA EL RECUBRIMIENTO DE PAREDES**

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de septiembre de 2003.

**Carlos Humberto Morales Gutiérrez**

Guatemala, 5 de julio del 2,004

Ingeniero  
**Javier Quiñónez**  
Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Ingeniero Quiñónez:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he efectuado la revisión final del trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DEL MORTERO UNICAPA Y SU COSTO-BENEFICIO  
PARA EL RECUBRIMIENTO DE PAREDES.**

Presentado por el estudiante *CARLOS HUMBERTO MORALES GUTIÉRREZ*, el cual llena los requisitos establecidos en la propuesta hecha por el sustentante, por lo que me permito aprobarlo en calidad de asesor del mismo.

Atentamente

**Ing. José Estuardo Palencia Samayoa**  
Asesor de trabajo de graduación

## **ACTO QUE DEDICO A**

- Mis padres: Mirna y Eric, por su constante amor y apoyo; por brindarme todas las herramientas necesarias para conseguir mis objetivos sacrificando muchas veces sus sueños. Muchas gracias.
- Mis hermanos: Eric y Paola, por su cariño, amistad y comprensión, por estar siempre a mi lado cuando más lo necesité.
- Mis abuelos: Alirio y Antonia, por sus consejos y amor incondicional. Carlos y Elda, por su cariño y la confianza.
- Mis tíos: Vilma por su gran cariño, Walter por su apoyo y amistad, David, Efraín y Verónica por amistad y confianza, Roberto, Sergio, Carlos y Alma por su aprecio.
- Mis amigos: Ada, Andrea, Bruno, Daniel, Jacobo, Leonel, Mario, Renato y Tito.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios  
Por permitirme alcanzar este logro y dejándome que lo comparta con las personas que quiero. Por nunca dejarme solo y apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida.

Al Ing. Estuardo  
Palencia  
Por su tiempo, conocimientos y dedicación.

A la Inga. Mariela de  
Rodas  
Por su invaluable e incansable ayuda, sin la cual no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

Al personal de  
Mixto Listo y  
Cementos Progreso  
Por obsequiarme su ayuda, tiempo y conocimientos.

A las empresas  
Mixto Listo y  
Cementos Progreso  
Por facilitarme sus instalaciones y material de apoyo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN.....	X
OBJETIVOS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
1. MORTERO.....	1
1.1. Definición y funciones.....	1
1.2. Composición del mortero .....	2
1.2.1. Materiales cementantes .....	2
1.2.2. Agregados .....	3
1.2.3. Agua .....	4
1.2.4. Aditivos .....	5
1.2.4.1. Inclusión de aire .....	6
1.2.4.2. Acelerantes .....	6
1.2.4.3. Retardantes .....	7
1.2.4.4. Retardantes de larga vida.....	8
1.2.4.5. Repelentes integrales de agua .....	8
1.2.4.6. Modificadores de la adherencia .....	9
1.2.4.7. Pigmentos para morteros .....	9
1.2.4.8. Inhibidores de corrosión.....	9
1.3. Tipos de morteros.....	10
1.3.1. Selección del tipo de mortero.....	13

2. PROPIEDADES DE LOS MORTEROS .....	15
2.1. Propiedades de los morteros en estado plástico.....	15
2.1.1. Trabajabilidad .....	15
2.1.2. Fluidez .....	17
2.1.3. Retención de agua .....	18
2.1.4. Velocidad de fraguado .....	19
2.2. Propiedades de los morteros en estado sólido .....	20
2.2.1. Retracción .....	20
2.2.2. Adherencia .....	21
2.2.3. Extensibilidad y flujo plástico .....	22
2.2.4. Resistencia a la compresión .....	22
2.2.5. Durabilidad .....	23
2.2.6. Apariencia .....	24
3. MORTERO UNICAPA .....	25
3.1. Antecedentes.....	25
3.2. Definición .....	26
3.3. Características del mortero unicapa.....	27
3.4. Criterios de calidad de los morteros unicapa.....	29
3.4.1. Permeabilidad del mortero unicapa.....	29
3.4.2. Estética del mortero unicapa.....	31
3.5. Beneficios del mortero unicapa sobre otros revestimientos.....	32
3.6. Manejo del mortero unicapa .....	34
3.7. Uso del mortero unicapa.....	34

4. PRUEBAS DE LABORATORIO.....	41
4.1. Análisis de agregados.....	43
4.1.1. Agregado del mortero unicapa “A”.....	43
4.1.2. Agregado del mortero unicapa “B”.....	45
4.1.3. Agregado del mortero unicapa “C”.....	47
4.2. Análisis de las propiedades del mortero unicapa.....	49
4.2.1. Propiedades del mortero unicapa “A”.....	49
4.2.2. Propiedades del mortero unicapa “B”.....	51
4.2.3. Propiedades del mortero unicapa “C”.....	53
4.2.4. Cuadro comparativo de muestras.....	55
4.2.5. Gráficas de las propiedades del mortero unicapa vrs agua.....	57
4.3. Ensayo de adherencia.....	59
4.4. Descripción del instrumento Elcometer 106.....	60
4.5. Descripción del ensayo de adherencia.....	61
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	63
5.1. Características de los agregados.....	63
5.2. Propiedades del mortero unicapa.....	65
6. ANÁLISIS DE COSTOS DEL MORTERO UNICAPA.....	69
6.1. Costo del revestimiento tradicional.....	69
6.1.1. Repello.....	69
6.1.2. Cernido.....	69
6.2. Costo del revestimiento plástico.....	71
6.2.1. Revestimiento de interiores.....	71
6.2.2. Revestimiento de exteriores.....	73
6.3. Costo del mortero unicapa.....	75
6.3.1. Mortero unicapa aplicado a mano.....	75
6.3.2. Mortero unicapa aplicado con compresor.....	75
6.4. Comparación de revestimientos por costos y rendimientos.....	77

6.5. Análisis de costos del mortero unicapa vrs otros revestimientos.....	79
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS.....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	89

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Análisis del agregado del mortero unicapa "A" .....	43
2. Análisis del agregado del mortero unicapa "B" .....	45
3. Análisis del agregado del mortero unicapa "C" .....	47
4. Fluidéz vrs agua.....	57
5. Masa unitaria vrs agua.....	57
6. Penetración de cono vrs agua.....	57
7. Foto del Elcometer 106.....	59
8. Ilustración del Elcometer 106 señalado.....	60

### TABLAS

I. Especificación de morteros por propiedades .....	11
II. Especificación de morteros por proporciones.....	12
III. Peso de los materiales del mortero.....	12
IV. Propiedades del mortero unicapa "A" en estado plástico.....	49
V. Propiedades del mortero unicapa "A" en estado sólido.....	49
VI. Propiedades del mortero unicapa "B" en estado plástico.....	51
VII. Propiedades del mortero unicapa "B" en estado sólido.....	51
VIII. Propiedades del mortero unicapa "C" en estado plástico.....	53

IX. Propiedades del mortero unicapa "C" en estado sólido.....	53
X. Resumen de propiedades del mortero unicapa en estado plástico.....	55
XI. Resumen de propiedades del mortero unicapa en estado sólido.....	55
XII. Especificaciones de Elcometer 106.....	60
XIII. Integración costos de repello.....	69
XIV. Integración costos de cernido.....	69
XV. Integración costos de revestimiento de interiores.....	71
XVI. Integración costos de revestimiento de exteriores.....	73
XVII. Integración costos del mortero unicapa a mano.....	75
XVIII. Integración costos del mortero unicapa con compresor.....	75
XIX. Cuadro comparativo de costos y rendimientos.....	77

## GLOSARIO

<b>Aditivos</b>	Material añadido en pequeñas cantidades con relación a la masa del cemento, antes o durante la mezcla del mortero, de manera que se pueden modificar sus propiedades a nuestra conveniencia.
<b>Agregados</b>	Materiales pétreos inertes resultantes de la desintegración natural de las rocas u obtenidas de la trituración de las mismas o de otros materiales inertes suficientemente duros.
<b>ASTM</b>	Siglas de la Sociedad Americana para el ensaye e Inspección de los Materiales (American Society for Testing and Materials).
<b>Cemento hidráulico</b>	Material cementante que se endurece tanto en el aire como en el agua, formando cuerpos cristalinos capaces de aglomerar a otros materiales inertes.
<b>Cemento portland</b>	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 la ASTM C 150.
<b>Eflorescencia</b>	Son depósitos cristalinos, usualmente blancos, de sales solubles en agua sobre la superficie o en los poros de la mampostería.
<b>Fluidez (flow)</b>	Propiedad del mortero en estado plástico que indica su capacidad de fluir o desplazarse en una mesa de flujo sujeta a golpes sucesivos.

**Propiedades****hidrófugas**

Capacidad en los revestimientos de tener baja permeabilidad al agua y buena permeabilidad a vapor de agua.

**Mampostería**

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

**Materiales****cementantes**

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 de y/o aditivos.

**Soporte**

Elemento constrictivo sobre el cual se aplica el revestimiento.

**Norma**

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

**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.

## **RESUMEN**

La fabricación de morteros unicapa y su aplicación como revestimiento de fachadas de edificios, viene realizándose con éxito en Europa desde hace quince años; sin embargo, en nuestro país es un producto de reciente incorporación dentro la construcción.

El mortero unicapa es un mortero diseñado para revestimiento de paredes que posee propiedades hidrófugas, fabricado industrialmente y se suministra listo para mezclar con agua, aplicándolo en una sola capa directamente sobre el soporte, sin necesidad de un repello previo.

Una vez aplicado al soporte y completo su fraguado, el mortero unicapa cumple dos funciones importantes; por un lado le confiere un aspecto definitivo de textura y color a la fachada del edificio, y al mismo tiempo lo protege frente a la acción de la intemperie dotándole de un acabado estético y perdurable

Su formulación contiene los componentes habituales de un mortero tradicional, solo que con una dosificación controlada de los conglomerantes hidráulicos y una arena de granulometría estudiada, además se tiene la opción de incorporar aditivos especiales tales como retardantes, acelerantes, incorporadores de aire, retenedores de agua, etc.

El mortero unicapa posee características positivas en cuanto a homogeneidad o escasa tendencia a la segregación, adherencia instantánea y poder de retención de agua que lo hace más trabajable y fácil de aplicar que un mortero tradicional, además simplifica la preparación del soporte, ya que no es necesario humedecerlo más que cuando las condiciones atmosféricas son particularmente severas (temperaturas elevadas) o los soportes muy absorbentes.

A parte de esto, el mortero unicapa ofrece otras ventajas, entre estas podemos mencionar; un estricto control de calidad de sus materias primas, es suministrado en sacos listo para mezclar con agua y aplicar, mantiene uniformes sus propiedades mecánicas y físicas, como lo son su trabajabilidad, resistencia a compresión, adherencia, textura y apariencia.

El mortero unicapa es versátil en su aplicación, ya que puede ser aplicado tanto a mano como con equipo de aplicación, gracias a esto puede competir con cualquier producto en el mercado.

Su aplicación se realiza en menor número de capas de las que precisa el mortero tradicional y en un espesor, normalmente entre 5 y 15 mm, que es también inferior al revestimiento convencional, provocando un ahorro en costos y el aumento de la producción.

El costo de uso del mortero unicapa es menor en comparación con otros revestimientos que existen, además ofrece mejores características tanto para su aplicación como en su durabilidad.

## **OBJETIVOS**

### ➤ **General**

Evaluar las propiedades del mortero unicapa y su costo-beneficio en el recubrimiento de paredes.

### ➤ **Específicos**

1. Proporcionar información teórica general acerca de los morteros.
2. Describir las características del mortero unicapa.
3. Establecer las ventajas, manejo y uso del mortero unicapa.
4. Evaluar el agregado utilizado para la elaboración del mortero unicapa.
5. Analizar los resultados de los ensayos a las propiedades del mortero unicapa.
6. Proporcionar recomendaciones para adecuado uso del mortero unicapa.

## INTRODUCCIÓN

Los morteros forman parte de los materiales de construcción que se han venido utilizando desde la antigüedad, habiendo seguido la evolución de los conocimientos empíricos y científicos a lo largo del tiempo, dando lugar al surgimiento tanto de nuevos componentes como de tecnología para su fabricación y utilización.

El mortero solamente forma parte del 10% al 20% del volumen total de material de una pared de mampostería; sin embargo, su efecto en el comportamiento y apariencia final de una pared es mucho más importante a lo que este porcentaje indica, añadiendo una textura y colorido adicional a las paredes que proporciona una agradable presentación a la construcción.

La fabricación de morteros ha experimentado enormes cambios, dejando atrás una fabricación artesanal por una industrial, que utiliza productos de características definidas y procedimientos controlados que garantizan la producción de morteros de calidad.

El mortero unicapa es un mortero diseñado para el recubrimiento de paredes, este cuenta con un control de calidad de sus materias primas, una dosificación controlada, es mezclado en seco y distribuido en sacos.

Los morteros unicapa se han venido utilizando en Europa de forma creciente desde hace 15 años, donde cuentan con una oferta industrial de calidad, con ellos se han realizado un sin número de fachadas que fácilmente superan los 25 millones de metros cuadrados y se ubican, tanto en construcciones nuevas como en obras de rehabilitación de edificios antiguos.

En Guatemala la demanda de productos para el recubrimiento de paredes es grande, el diseño de un mortero unicapa busca ser una alternativa de alta calidad comprobable, capaz de competir en el mercado actual y que ofrezca mayores beneficios, tanto al constructor durante su aplicación, como al propietario con su durabilidad y estética.

# **1. MORTERO**

## **1.1. Definición y funciones**

Es la mezcla entre material cementante, agregado fino (arena) y agua, que al endurecer desarrolla propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto.

La principal función del mortero es la de unir las unidades de mampostería y servir de sello para impedir el paso de aire y agua que afecta la durabilidad del muro.

Desde el punto de vista estructural el mortero tiene la función de soportar cargas a compresión y resistir esfuerzos de corte y flexión.

Estéticamente el mortero es diseñado para recubrir las paredes y cielos de una construcción añadiéndoles una textura y color muy particular, logrando la presentación que la obra requiere.

## **1.2. Composición del mortero**

Los morteros están compuestos por 3 elementos básicos que son materiales cementantes, agregado y agua, la cantidad en que estos se dosifiquen determina las propiedades plásticas y sólidas que el mortero desarrollara.

A estos elementos básicos se le pueden agregar una amplia gama de componentes llamados aditivos, los cuales permiten manipular las propiedades del mortero sin perjudicar su calidad.

### **1.2.1. Materiales cementantes**

Es el material que actúa como pegamento para unir las partículas del material de relleno. Este es el material de mayor costo dentro de la mezcla, por lo que su dosificación debe ser justa para las necesidades del proyecto, porque de lo contrario resulta antieconómico e innecesaria su utilización.

La dosificación de los materiales cementantes determina en gran parte la resistencia que desarrollará el mortero y particularmente en la resistencia a temprana edad que influye en la velocidad de construcción.

Los cementantes más utilizados son los hidráulicos estos reaccionan con el agua y fraguan en un tiempo relativamente corto, formando un cuerpo cristalino capaz de unir otros materiales inertes para trabajar como uno solo.

El material cementante de mayor demanda en nuestro país es el cemento portland, además de él podemos utilizar o mezclar otros materiales cementantes como el cemento hidráulico mezclado, cemento de albañilería y/o la cal. Cada uno de ellos debe cumplir con sus respectivas normas ASTM.

- Norma ASTM C-150 para cemento portland.
- Norma ASTM C-595 para cemento hidráulico mezclado.
- Norma ASTM C-91 para cemento de albañilería.
- Norma ASTM C-207 para cal hidratada tipo S.
- Norma ASTM C-5 para cal viva.

### **1.2.2. Agregados**

Son materiales pétreos inertes que provienen de la acción natural de desintegración de las piedras o mediante procesos artificiales de trituración de las mismas o de materiales igualmente duros; es considerado el material de relleno de la mezcla.

Los agregados se dividen por su tamaño en finos (los que pasan por el tamiz No.4) y gruesos (retenidos por el tamiz No.4 y que pasan por el No.6.) En la mezcla de un mortero solo se utiliza el agregado fino, del cual se tienen disponibilidad de diferentes tipos tales como arena de río, volcánica, amarilla, blanca o la mezcla entre ellas.

Las características que se deben tomar en cuenta al momento de elegir el agregado son su tamaño, textura, graduación, composición, procedencia, forma de partículas y absorción, debido a la influencia que tienen en el desarrollo de las propiedades del mortero.

La graduación ideal de los agregados se refiere a que debe existir una serie de tamaños de partículas y una cierta cantidad de las mismas para minimizar los vacíos y dar la mayor densidad posible, ya que se considera que ésta dará la mayor resistencia. La granulometría de los agregados también tiene incidencia en la trabajabilidad, segregación y exudación de la mezcla; además de la resistencia al desgaste en el mortero endurecido. Las especificaciones para la granulometría de los agregados tienen límites amplios de tolerancia, porque la práctica ha demostrado que es posible obtener buenos morteros con diversos tipos de graduaciones

La cantidad y el tipo de los agregados usados afectan también la calidad y rendimiento funcional del mortero, además de sus habilidades y métodos de recubrimiento. La proporción adecuada de estos agregados permite la optimización del material cementante, obteniendo un mortero más económico que cumple con los requisitos constructivos.

### **1.2.3. Agua**

El agua es el componente que provoca la hidratación de las partículas de cemento y sirve de agente mezclador en los demás componentes del mortero. Es el principal elemento que afecta la trabajabilidad, fluidez y consistencia del mortero.

El agua de buena calidad para la mezcla, es la apta para el consumo de una persona, de esta manera nos aseguramos que no contenga algún químico o sustancia perjudicial para la resistencia del mortero o para el acero de la estructura.

El agua aplicada a la mezcla esta siempre en función de la cantidad de cemento, ya que esta relación determina la resistencia que alcanzará el mortero. La cantidad de agua muchas veces no es suficiente para obtener una buena trabajabilidad en el mortero por lo que se debe recurrir a aditivos para no afectar otras propiedades.

#### **1.2.4. Aditivos**

Es un componente añadido durante la mezcla del mortero y por medio del cual se puede manipular positivamente una o varias propiedades del mortero en estado plástico o sólido sin perjudicar otras.

Su utilización, efecto, duración y resultados dependen del clima, dosificación, agregados, elemento de aplicación y la experiencia con su uso; es por ello que es recomendable que al utilizar aditivos se cuente con personal de laboratorio que nos brinde asesoría y respaldo.

#### **1.2.4.1. Inclusión de aire**

Este aditivo al ser aplicado a la mezcla introduce burbujas minúsculas de aire que actúan como un lubricante entre sus partículas produciendo una mayor trabajabilidad; por lo que es posible utilizarlo como un reductor de agua.

Además incrementa en el mortero endurecido su resistencia a los ciclos de congelación y descongelación, al minimizar la cantidad de agua susceptible a congelarse y ofreciendo un espacio libre donde el agua puede expandirse sin agrietar el mortero.

Al utilizar este aditivo se deben hacer las consideraciones necesarias en el diseño del mortero para que éste incremento de aire en la mezcla no produzca un decrecimiento en la resistencia del mortero.

#### **1.2.4.2. Acelerantes**

El acelerante tiene la función de incrementar la resistencia del mortero a temprana edad, permitiendo realizar una construcción con mayor velocidad, minimizando los tiempos muertos por espera de fraguado. El acelerante es capaz de aumentar la resistencia del mortero hasta en un 100% en 24 horas pudiendo someter al mortero a cargas en poco tiempo. También produce una disminución entre 30% al 40% del tiempo normal de fraguado del mortero.

Los acelerantes reductores de agua incrementan la resistencia temprana y la resistencia última, estos proporcionan la trabajabilidad necesaria para la colocación de un mortero diseñado con una relación agua-cemento muy baja.

No es recomendable el uso de acelerantes de cloruro cuando el mortero va estar en contacto con acero de refuerzo, porque contribuyen a la aparición de eflorescencia y provocan corrosión en los metales.

#### **1.2.4.3. Retardantes**

El retardante funciona como una película protectora alrededor de las partículas de cemento impidiendo su reacción y evitando el consumo de agua de la mezcla.

El retardante produce un mortero viscoso cuya gran ventaja es su facilidad de alisado, además retiene por más tiempo el agua de la mezcla evitando su reacondicionamiento por períodos prolongados, permite alcanzar una mayor adherencia mortero-mampostería y logra incrementar la resistencia del mortero.

Puede ser utilizado en climas áridos donde las condiciones de pérdida de agua son críticas, también es capaz de contrarrestar los efectos de succión que producen unidades de mampostería muy absorbentes.

#### **1.2.4.4. Retardantes de larga vida**

Logran prolongar la vida plástica del mortero por períodos de 12 a 48 horas dependiendo de la dosis utilizada. Cuando el mortero es colocado en las unidades de mampostería el aditivo es absorbido por las mismas por lo cual el retardante de larga vida no tiene ninguna incidencia en el tiempo de fraguado.

Este aditivo es ideal para un mortero fabricado bajo un estricto control de calidad, que es llevado a obra en camión mezclador para ser utilizado durante una o dos jornadas de trabajo, aumentando la producción y disminuyendo costos de la obra.

El retardante de larga vida puede incrementar ligeramente el contenido de aire de la mezcla, por lo que debe ser contemplado en el diseño del mortero para no disminuir su resistencia.

#### **1.2.4.5. Repelentes integrales de agua**

El repelente integral de agua es utilizado para disminuir la capacidad de absorción del mortero endurecido, este puede disminuir su absorción hasta en un 60% sin reducir su resistencia.

Los componentes del aditivo actúan como un relleno de los vacíos entre las partículas de cemento y agregado formando una barrera integral contra el agua reduciendo la capilaridad del mortero.

#### **1.2.4.6. Modificadores de adherencia**

Es utilizado para mejorar la adherencia del mortero con las unidades de mampostería o con superficies muy lisas como el concreto liso y la cerámica para piso, además mejora la densidad superficial y la resistencia a la congelación del mortero.

#### **1.2.4.7. Pigmentos para morteros**

Los beneficios que ofrece este aditivo son únicamente estéticos, debido a que solamente añade color al mortero. Para lograr una uniformidad en el color del mortero es necesario mantener invariables todas las condiciones de la mezcla y realizar una adecuada limpieza de la superficie de aplicación.

#### **1.2.4.8. Inhibidores de corrosión**

La aplicación de este aditivo en la mezcla contrarresta el efecto de oxidación que producen los cloruros en el acero de refuerzo. Es recomendable el uso de este aditivo en los ambientes marítimos.

### **1.3. Tipos de morteros**

La clasificación de los tipos de morteros antes de 1954 era A-1, A-2, B, C, y D, acarreado el problema de que los diseñadores y constructores tenían la connotación que el mortero A-1 era el mejor. Para eliminar este problema se creó una nueva denominación de los morteros.

Las letras que se utilizaron para la nueva denominación de los morteros eran M, S, N, O y K, sacadas de las palabras inglesas "Mason Work"

En la norma ASTM C 270 para morteros de mampostería únicamente identifica cuatro tipos de morteros M, S, N y O eliminando el tipo K de la denominación inicial. La norma ASTM C 270 especifica estos cuatro tipos de morteros por proporciones de materiales y por propiedades tales como la resistencia a la compresión, retención mínima de agua y contenido máximo de aire permitido.

En la tabla No.1 de especificaciones de morteros por propiedades se establece la resistencia mínima a compresión, retención mínima de agua, el contenido máximo de aire permitido y una relación de agregados medidos en condición húmeda suelta. Estos requisitos deben cumplirlos los morteros de laboratorio solamente y no los morteros mezclados en obra. Las proporciones establecidas en laboratorio para satisfacer la norma ASTM C 270 deben ser empleadas al dosificar el mortero en obra, asumiendo que con esto obtendremos un comportamiento satisfactorio en obra y resultados apegados a los de laboratorio.

Tabla I. Especificación de morteros por propiedades (a)

Mortero	Tipo	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días Kg/cm <sup>2</sup> y Mpa	Retención mínima de agua (%)	Contenido máximo de aire (%)	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
Cemento-cal	M	176 (17.2)	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	127(12.4)	75	12	
	N	53 (5.2)	75	14 b	
	O	25 (2.4)	75	14 b	
Cemento de mampostería	M	176 (17.2)	75	18 c	
	S	127(12.4)	75	18 c	
	N	53 (5.2)	75	18 c	
	O	25 (2.4)	75	18 c	

a. Morteros preparados en laboratorio.

b. Al colocar acero estructural en el mortero de cemento y cal contenido máximo de aire es 12%

c. Al colocar acero estructural en el mortero de cemento de mampostería contenido máximo de aire es 18%

Fuente: Colin C. Munro. **Mortero**. Pág. 2.

La tabla No. 2 especifica las proporciones de los morteros a cumplir para satisfacer la norma ASTM C 270. Esta tabla establece sus proporciones basándose en la tabla No. 3 de peso de los materiales del mortero.

Tabla II. Especificación de morteros por proporciones

Mortero	Tipo	Proporciones por volumen (materiales cementantes)			Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
		Cemento portland o mezcla de cemento	Cemento de mampostería M S N	Cal hidratada o apagada	
Cemento y cal	M	1	- - -	0.25	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	1	- - -	De 0.25 a 0.5	
	N	1	- - -	De 0.25 a 0.5	
	O	1	- - -	De 1.25 a 2.5	
Cemento de mampostería	M	1	- - 1	-	
	M	-	1 - -	-	
	S	-	- - 1	-	
	S	-	- 1 -	-	
	N	-	1	-	
	O	-	1	-	

Fuente: Colin C. Munro. **Mortero**. Pág. 3.

Tabla III. Peso de los materiales del mortero

Material	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )
Cemento portland	1504
Cemento mezclado	Peso impreso en el saco
Cemento de mampostería	Peso impreso en el saco
Cal hidratada	640
Cal plástica	1280
Arena, húmeda suelta	36.2 Kg después de secarse

Fuente: Colin C. Munro. **Mortero**. Pág. 4.

Basando nuestro diseño en las especificaciones de cada una de las tablas obtendremos una dosificación diferente de cada mortero. La relación de materiales cementantes y agregados es casi siempre menor cuando se utiliza la especificación por propiedades que usando la especificación de proporciones; lo que es muy conveniente para diseñadores y constructores ya que con una relación menor se optimizan los materiales y se produce un mortero más económico que cumple con la norma ASTM C 270.

### **1.3.1. Selección del tipo de mortero**

Es imposible recomendar un tipo de mortero que pueda satisfacer con éxito los requerimientos de todos los trabajos. Cuando se cambian las proporciones del mortero es indiscutible que van a mejorar ciertas propiedades a expensas del decrecimiento de otras. Se debe hacer un análisis de los requerimientos de cada obra para seleccionar el mortero más adecuado para satisfacerlas. Una regla práctica recomendada por la arquitecta Christine Beall es utilizar el mortero de más baja resistencia que se ajuste a los requisitos del trabajo; esto nos proporcionara un tipo de mortero óptimo para cada aplicación, porque no se excede la cantidad de material cementante y se satisfacen los requisitos de la obra.

El mortero tipo M es el de mayor contenido de cemento lo que proporciona una alta resistencia y mayor durabilidad que los otros morteros. Este mortero puede ser sometido a grandes cargas de compresión y altas cargas laterales. Por su gran durabilidad puede ser utilizado en contacto con el suelo o con tuberías de aguas servidas o pozos.

El tipo S debido a su dosificación alcanza una alta resistencia de adherencia, la más alta que cualquier tipo de mortero puede alcanzar. Por su gran capacidad de adherencia es el tipo de mortero ideal para el recubrimiento de paredes.

El tipo N es para uso general en estructuras de mampostería sobre nivel del suelo. El mortero tipo N es de mediana resistencia por lo cual es posible su uso en construcciones convencionales. Este mortero representa la mejor combinación entre resistencia, trabajabilidad y economía.

El mortero tipo O es de baja resistencia, un bajo contenido de cemento y mucha cal. Debe ser utilizado únicamente en paredes, tabiques y divisiones sin carga o para el recubrimiento de paredes interiores que no estarán en contacto con la intemperie.

## **2. PROPIEDADES DE LOS MORTEROS**

Las propiedades del mortero están en función del diseño, materiales y condiciones de la obra, todas ellas están relacionadas entre sí y muchas veces el desarrollo de una de ellas significa el sacrificio de otras. Un buen mortero es aquel que a través de un balance entre todas sus propiedades logra satisfacer los requisitos del proyecto.

### **2.1. Propiedades en estado plástico**

#### **2.1.1. Trabajabilidad**

Es la propiedad que mide la facilidad de colocación, distribución y alisado del mortero entre las unidades de mampostería o sobre un soporte.

En los morteros son varios los factores que inciden su trabajabilidad. El principal factor es el agua, pero tiene su gran limitante en la relación agua-cemento de diseño, ya que excediéndola se disminuye la resistencia del mortero, es por ello que se requiere la utilización de otros productos (plastificantes) que permiten una mayor trabajabilidad de la mezcla sin afectar la resistencia.

El plastificante más antiguo es la cal, debido a la forma y tamaño de sus partículas aumenta la adherencia de la mezcla, la retención de agua y contribuye con el sello de pequeñas grietas; pero su inclusión trae consigo otros inconvenientes como el retardo de fraguado impidiendo la rápida construcción, produce quemaduras en la piel de los obreros y se necesita una mayor cantidad de pigmento en los morteros de color debido su naturaleza blanca.

Actualmente existen varios productos patentados para sustituir parcial o totalmente a la cal. Uno de estos plastificantes tiene como principal ingrediente la arcilla bentonita natural que actúa como un lubricante entre las partículas del mortero produciendo una mayor trabajabilidad. La capacidad de la arcilla bentonita de retener agua le da al mortero de 2 a 4 veces más de vida plástica que un mortero hecho con cemento portland y cal o cementos de mampostería. Este tipo de mortero es lo más parecido al mortero de larga vida o mortero estabilizado sin la necesidad de la utilización de un aditivo retardante de fraguado. Además presenta durante su fraguado una menor contracción volumétrica haciéndolo menos susceptible al agrietamiento.

Otro de los plastificantes patentados puede ser descrito como un concentrado químico basado en resina líquida, este es un sustituto completo de la cal y además de aumentar la trabajabilidad de la mezcla, incrementa la resistencia a los ciclos de congelación. Este plastificante también permite el aumento hasta en un 25% del contenido de arena sin afectar la resistencia del mortero.

### **2.1.2. Fluides**

El mortero para revestimiento debe ser fluido para facilitar su colocación y contrarrestar el efecto de absorción del soporte. La fluides también permite que el mortero desarrolle una mayor adherencia a las superficies.

La dificultad en el campo es como mantener la misma fluides del mortero en todas las batidas. La Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM) ha desarrollado varios métodos para medir la consistencia y fluides del mortero fresco: el más utilizado es el de la mesa de flujo especificado en la norma ASTM C 109 y C 230 y otro de ellos es el procedimiento del cono de penetración descrito por la norma ASTM C 780.

El procedimiento de la mesa de flujo consiste en llenar un molde de bronce en dos capas, compactándolas introduciendo una varilla 20 veces en cada capa. Luego se corta el mortero en la parte superior del molde, un minuto después se remueve el molde y se dan 25 golpes o caídas de 13 mm en 15 segundos; al finalizar este procedimiento se mide el diámetro promedio de la tortilla aplastada de mortero. El flujo es el incremento promedio del diámetro de la base expresado como porcentaje del diámetro original de la base (el diámetro del molde es de 10 cm por especificación).

Los morteros de laboratorio que cumplen con las especificaciones de la norma ASTM C 270 contienen una humedad que produce un flujo de 110% con una variación permisible de un 5%.

En obra la fluidez permisible del mortero es mayor y puede estar entre el rango de 130% a 150%, dependiendo de las condiciones de la obra, clima, agregados y absorción del soporte, de esta manera nos aseguramos de obtener una buena trabajabilidad y sin afectar considerablemente otras propiedades.

### **2.1.3. Retención de agua**

Es la capacidad del mortero de mantenerse en estado plástico cuando esta sometido a condiciones de evaporación y succión, como los climas cálidos y los soportes absorbentes.

La capacidad del mortero de mantenerse en estado plástico y retener el agua puede ser incrementada con la utilización de un agregado rico en finos, agregándole cal, un plastificante patentado, un aditivo retardante o un incorporador de aire.

Las normas ASTM para el manejo de morteros permite reacondicionar la mezcla tantas veces como sea necesario antes de 2 horas y media ya que ensayos realizados demuestran una mínima disminución en la resistencia del mortero cuando es reacondicionado dentro de este período de tiempo.

Una mala retención de agua por parte del mortero no permite una adecuada hidratación de las partículas de cemento afectando la velocidad de fraguado y disminuyendo la resistencia del mortero. Al perderse el agua del mortero rápidamente se produce un fraguado prematuro, afectando su adherencia y provocando grietas en el mismo haciendo imposible obtener revestimientos herméticos.

#### **2.1.4. Velocidad de fraguado**

Es el tiempo en que el mortero en estado plástico empieza a transformarse y adquirir características de un mortero en estado sólido hasta llegar a su endurecimiento total e irreversible. En el fraguado identificamos dos tiempos marcados que son el fraguado inicial y fraguado final. A través de ensayos se ha logrado determinar el tiempo promedio del fraguado normal de los morteros, el fraguado inicial se produce a las 2 horas y su fraguado final se logra a las 24 horas de su fabricación.

En el campo de trabajo el tiempo de fraguado del mortero varia dependiendo de factores tales como la dosificación, componentes, clima y temperatura; actualmente el tiempo fraguado puede ser controlado con el uso de aditivos.

La importancia de esta propiedad recae en la capacidad de producción que se puede alcanzar en un proyecto minimizando los tiempos muertos por concepto de fraguado, pudiendo someter a cargas de trabajo a las estructuras con anticipación y avanzar en otros renglones de la construcción.

## **2.2. Propiedades de los morteros en estado sólido**

### **2.2.1. Retracción**

La retracción se refiere al cambio volumétrico que sufre el mortero al momento de pasar del estado plástico al estado sólido, ésta es producto principalmente de reacciones químicas durante la hidratación de la pasta, con un mayor efecto en morteros con una alta relación agua-cemento; en otras palabras un mortero con un alto contenido de agua presentará un asentamiento brusco en las partículas que lo componen cuando el agua es consumida.

Cuando el mortero esta sometido a condiciones de evaporación y succión críticas como en climas calurosos, mucho viento y soportes absorbentes el agua del mortero tiende a consumirse rápidamente produciendo tensiones internas en el mortero dando como resultado su agrietamiento.

Una arena que cuente con una cantidad de finos dentro de los límites de la norma ASTM C 144 y cuente con una textura rugosa, forma una estructura interna en el mortero que evita los cambios volumétricos excesivos previniendo el agrietamiento.

### **2.2.2. Adherencia**

La adherencia es la capacidad que debe tener el mortero al trabajar conjuntamente con las unidades de mampostería de resistir los esfuerzos de tensión normales y tangenciales a la superficie que une al mortero con la estructura.

La capacidad de adherencia de un mortero comprende la resistencia a la tensión cuando se intenta separar el mortero de las unidades de mampostería, resistencia contra el deslizamiento por corte entre el mortero y las unidades de mampostería y la resistencia a la flexión por separación del mortero y la mampostería.

El mortero tiene la función de mantener la unión entre las piezas de mampostería, absorbiendo los esfuerzos inducidos por las distintas fuerzas a las que es sometido, entre estas podemos mencionar las siguientes: cargas de la estructura, del terreno y viento, esfuerzos por sismos, los cambios volumétricos de la mampostería por saturación o secado y los cambios de temperatura. El mortero para revestimiento por su lado tiene su capacidad de adherencia en resistir los esfuerzos de tensión perpendiculares a la superficie del soporte.

Un mortero con deficiencias en su adherencia permite la penetración de la humedad en el muro haciendo juntas y revestimientos poco herméticos afectando tanto la resistencia del muro como su durabilidad.

La adherencia es la propiedad más importante de un mortero y se ve beneficiada logrando una buena trabajabilidad y una alta retención de agua.

### **2.2.3. Extensibilidad y flujo plástico**

El mortero al ser sometido a esfuerzos de tensión sufre deformaciones, su máxima unidad de deformación antes de llegar a la ruptura es llamada extensibilidad. En otras palabras representa el estiramiento máximo y la carga máxima que soporta el mortero sin fracturarse bajo esfuerzos de tensión.

Un mortero con un flujo plástico alto es muy flexible y al ser sometido bajo cargas de trabajo absorbe mejor los esfuerzos, tolerando ligeros movimientos a través de su mayor capacidad de deformación sin presentar agrietamientos.

Los morteros de alta resistencia tienen un pobre flujo plástico y un alto módulo de ruptura, pero en cambio un mortero de baja resistencia presenta un gran flujo plástico y un módulo de ruptura bajo; con igual dosificación de agregados.

### **2.2.4. Resistencia a la compresión**

La resistencia a compresión del mortero de revestimiento va ser su capacidad de soportar su propio peso muerto más la carga de servicio y la carga de viento. Depende principalmente de la cantidad de cemento y agua que se agregue a la mezcla, el tipo de agregado que se seleccione tiene menor influencia en la resistencia a compresión de un mortero.

La resistencia a compresión a diferencia del concreto no es la propiedad más importante en un mortero, debido a que el mortero necesita desarrollar otras características, para tener un comportamiento adecuado sobre el soporte.

Se debe muchas veces sacrificar la resistencia a compresión en beneficio de otras propiedades, porque materiales como la cal, agua o incluso de aire que al utilizarse aumentan la trabajabilidad, retención de agua y adherencia, disminuyen de igual manera la resistencia a compresión.

#### **2.2.5. Durabilidad**

La durabilidad de un mortero es su capacidad de resistir los agentes externos de la intemperie como la penetración de agua, bajas temperaturas, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos o choques térmicos sin deteriorar sus propiedades físico-químicas a través del paso del tiempo. Siendo en nuestro medio el agua el agente más agresivo y constante para el deterioro de los morteros.

Se tiene como regla general que un mortero de alta resistencia a la compresión es un mortero más durable, pero utilizando aditivos en un mortero de baja resistencia puede proporcionarle facultades para resistir condiciones específicas de un lugar; como por ejemplo: los inclusores de aire, los de resistencia a sales y sulfatos que son ideales para ambientes húmedos y marítimos y los mismos inhibidores de óxido por mencionar algunos.

### **2.2.6. Apariencia**

Debido a que el mortero debe jugar también un rol de carácter estético, la selección adecuada de sus componentes y su trabajabilidad, son fundamentales para lograr una buena colocación y la textura deseada en los soportes.

Además al mortero se le puede agregar color por medio de aditivos especiales o colorantes inorgánicos dándole un mayor atractivo a su apariencia.

## **3. MORTERO UNICAPA**

### **3.1. Antecedentes**

La fabricación de morteros unicapa y su aplicación como revestimiento de fachadas de edificios, viene realizándose con éxito en Europa desde hace quince años; sin embargo, estos materiales no son considerados todavía como materiales de construcción tradicionales, teniendo en cuenta los criterios estrictos de seguridad y durabilidad que rigen en el campo de la construcción y edificación de estos países, por lo que sus características y prestaciones no están reguladas en la actualidad por normas o especificaciones técnicas oficiales.

No obstante estos revestimientos, son objeto de estudio por la Unión Europea para Acuerdos de Técnicas de Construcción (UEAtc), Organismo Europeo creado en 1964, que tiene como finalidad facilitar y estudiar la evaluación de materiales, procedimientos o sistemas de construcción no tradicionales o que implementen nuevas tecnologías, tanto a través de Directrices o Guías Técnicas como a través de investigaciones generadas en cada Instituto miembro.

La preocupación por mejorar el nivel de calidad de los morteros unicapa y por asegurar que esta calidad se mantenga a lo largo del tiempo, al margen de fluctuaciones del mercado, impulsó a un sector destacado de fabricantes de estos materiales a crear, en el año 1987, La Asociación Nacional de Fabricantes de Morteros Industriales (ANFAPA.)

ANFAPA ha surgido para la defensa de la calidad de los morteros unicapa frente a la competencia desleal, lo que es una tarea difícil de mantener sin el respaldo y colaboración de los Organismos Oficiales y usuarios en general, que por una mal entendida economía, para conseguir un costo inicial inferior de la obra, se reduce la calidad en los revestimientos.

### **3.2. Definición**

El mortero unicapa es un mortero diseñado para revestimiento de paredes que posee propiedades hidrófugas, fabricado industrialmente y se suministra listo para mezclar con agua, aplicándolo en una sola capa directamente sobre el soporte, sin necesidad de un repello previo.

Una vez aplicado al soporte y completo su fraguado, el mortero unicapa cumple dos funciones importantes; por un lado le confiere un aspecto definitivo de textura y color a la fachada del edificio, y al mismo tiempo lo protege frente a la acción de la intemperie dotándole de un acabado estético y perdurable.

Su formulación contiene los componentes habituales en un mortero tradicional, solo que con una dosificación controlada de los conglomerantes hidráulicos y una arena de granulometría estudiada, además se tiene la opción de incorporar aditivos especiales tales como retardantes, acelerantes, incorporadores de aire, retenedores de agua, etc.

Su aplicación se realiza en menor número de capas de las que precisa el mortero tradicional y en un espesor, normalmente entre 5 y 15 mm, que es también inferior al revestimiento convencional.

### **3.3. Características del mortero unicapa**

El mortero unicapa posee características positivas en cuanto a homogeneidad o escasa tendencia a la segregación, adherencia instantánea o resistencia al descuelgue y poder de retención de agua que lo hace más trabajable y fácil de aplicar que un mortero tradicional, además simplifica la preparación del soporte, ya que no es necesario humedecerlo más que cuando las condiciones atmosféricas son particularmente severas (temperaturas elevadas) o los soportes muy absorbentes.

Dispone de un período de tiempo prolongado de aplicación, que por lo general es superior a 1 hora constituyendo una de las propiedades que más beneficios le ofrece al constructor. Asimismo después de ser aplicado sobre el soporte, presenta un amplio rango de tiempo antes de su fraguado final que permite la cómoda realización del acabado deseado (raspado, rayado, tirolesa, etc.)

El mortero unicapa es más elástico que los morteros tradicionales, por dicha razón tiene menor tendencia a la fisuración y al cuarteamiento, también presenta mejor comportamiento frente al punzonamiento de cuerpos duros, que muchas veces producen fisuras en los morteros tradicionales debido a su mayor rigidez.

La baja densidad y un reducido módulo de elasticidad son características del mortero unicapa que resultan ventajosas, proporcionando una adherencia inicial muy buena, no sobrecargando el soporte con lo que se previene su desprendimiento, ideal para revestir soportes débiles o en la rehabilitación de edificios antiguos.

La baja permeabilidad del mortero unicapa frente al agua de lluvia es debido a su compacidad alcanzada que se obtiene como resultado de una cuidada granulometría y sobretodo posee una capacidad de secado después de un período de lluvia muy superior que la de un mortero convencional; asimismo, la presencia de hidrófugos de masa en su formación que rellenan los capilares y repelen el agua.

Presenta también una buena permeabilidad al vapor de agua, lo que les permite efectuar normalmente los intercambios higrotérmicos entre el soporte y el ambiente exterior.

Su buena retención de agua, anteriormente mencionada, permite conseguir una reproducibilidad satisfactoria de sus características sobre los soportes de albañilería más usuales, a pesar de las diferencias de absorciones que estos presentan.

### **3.4. Criterios de calidad de los morteros unicapa**

La calidad de un revestimiento de fachada puede ser determinada mediante la evaluación de aquellas características que depende su capacidad para cumplir sus principales funciones, que son una baja permeabilidad y estética del soporte.

En estas dos características intervienen factores, que van directamente relacionados con el mortero unicapa como material de construcción y con el desarrollo de las propiedades del material después de colocado, lo cual se determina por su ejecución.

#### **3.4.1. Permeabilidad del mortero unicapa**

Un revestimiento consigue un bajo grado de permeabilidad cuando no presenta fisuras y alcanza una buena adherencia al soporte. La obtención de un revestimiento sin agrietamientos ni fisuras depende de tres características que son: la retracción, módulo de elasticidad y resistencia de adherencia.

El mortero unicapa debido a que contiene cemento en su composición experimenta en el transcurso de su fraguado, retracciones en su masa que provocan tensiones internas, si estas superan las fuerzas internas de cohesión, dan lugar a las fisuras, que pueden ir desde una micro fisura hasta una grieta claramente definida.

El revestimiento también está sometido al efecto de las tensiones que actúan sobre él, contrarrestadas por su capacidad de deformación que es mayor con un bajo módulo de elasticidad. La resistencia de adherencia evalúa la cohesión del material, es decir, la fuerza que se opone a su ruptura.

Estas tres características deben ser analizadas conjuntamente, ya que su unión determina la sensibilidad a la fisuración del mortero unicapa cuando está bajo trabajo.

Los morteros unicapa forman una barrera física que reduce la velocidad de penetración del agua de lluvia por la pared, normalmente la cantidad de agua absorbida por capilaridad en el revestimiento durante la lluvia es eliminada por la fase de evaporación durante el período de secado. Al mismo tiempo permiten la evacuación del vapor de agua que se forma generalmente en el interior del edificio y que en gran parte se elimina a través de los muros.

Estos dos parámetros, la capilaridad y permeabilidad al vapor, determinan el grado de permeabilidad del mortero unicapa.

El agrietamiento del revestimiento no está ligado únicamente a la calidad del mortero unicapa, sino que también puede ser producto de unas condiciones de aplicación deficientes. De las cuales se hacen mención las siguientes:

El empleo de una alta cantidad de agua de mezclado, lo que provoca el aumento de la retracción del mortero cuando es eliminado el exceso de agua durante su fraguado.

Las condiciones atmosféricas muy adversas, como tiempo caluroso, viento seco, etc., que producen una evaporación muy rápida del agua de mezclado en el revestimiento. Para contrarrestar estas condiciones es necesario humedecer el soporte antes de la aplicación y humedecer nuevamente el revestimiento después de ser colocado.

Otro detalle a tener en cuenta, que también provoca fisuras es la aplicación de un excesivo espesor de recubrimiento en una sola vez.

#### **3.4.2. Estética del mortero unicapa**

La función estética del mortero unicapa sirve para proporcionar un ambiente más agradable donde vivir. Muchas veces en el revestimiento pueden aparecer una serie de anomalías que sin afectar su durabilidad, hacen desmerecer su estética.

Entre estas anomalías podemos mencionar, las variaciones de color o textura de una zona a otra de la fachada, que son principalmente causadas por diferencias en la preparación del mortero (variaciones en la proporción de agua de mezclado y/o en la forma de su ejecución) y por diferencias en la forma de aplicar el mortero (variaciones en la presión del aire, ángulo de proyección, distancia de lanzamiento de la máquina de proyectar) que origina la falta de uniformidad en la textura del revestimiento.

Otra común anomalía es la que se conoce con el nombre de sombreado, y es la aparición de las juntas del soporte a través del revestimiento, fenómeno que puede ser visible permanentemente o únicamente cuando está húmeda la fachada. Esto se produce cuando el mortero unicapa no se comporta de la misma forma en las juntas que en el resto de la superficie del soporte, debido a la diferencia en la capacidad de absorción entre los materiales (mampostería y mortero de juntas.)

La eflorescencia es la aparición de color blanco sobre la superficie del revestimiento, que por lo general es consecuencia de la aplicación del mortero unicapa en tiempo muy frío y húmedo, esto se debe a que en estas circunstancias una parte de la cal, que se libera del cemento durante el fraguado, al ser el tiempo de secado de mayor duración, tiene mayor oportunidad para disolverse en el agua de mezclado y ascender por capilaridad hasta la superficie, donde se produce su carbonatación, en lugar de realizarse en su totalidad en el interior del mortero.

### **3.5. Beneficios del mortero unicapa sobre otros revestimientos**

El mortero unicapa es un producto nuevo para la construcción en Guatemala que busca proporcionar beneficios que actualmente otros revestimientos no logran. Entre estos beneficios podemos mencionar:

- Un estricto control de calidad de sus materias primas.
- Es suministrado en sacos listo para mezclar con agua y aplicar.

- Mantiene uniformes sus propiedades mecánicas y físicas, como lo son su trabajabilidad, resistencia a compresión, adherencia, textura y apariencia.
- Cuenta con la posibilidad de agregarle aditivos para mejorar sus propiedades normales (retardantes, repelentes de agua, inhibidores de óxido, colorantes.)
- Cuando se aplica con un espesor final mínimo de 10 mm se obtiene una capa de baja permeabilidad al agua de lluvia, ideal para recubrimiento de las fachadas de edificaciones.
- Tiene una buena permeabilidad al vapor de agua, lo que le permite efectuar con normalidad los intercambios higrotérmicos entre la mampostería y el ambiente exterior.
- Elimina el área de almacenamiento de varios materiales por separado, el mortero unicapa puede almacenarse en la bodega junto con otros materiales.
- Facilidad de entrega al personal de aplicación y mejor control de rendimientos.
- Versatilidad en su aplicación, puede hacerse tanto manualmente con plancha y llana o de forma mecánica con un compresor.
- Ahorro de costos y disminución del tiempo de ejecución, derivados de la aplicación de una sola capa para el recubrimiento de paredes.

### **3.6. Manejo del mortero unicapa**

- Durante el transporte, se debe proteger las bolsas de mortero unicapa de los efectos de la lluvia o de los rayos del sol.
- Almacenar el mortero unicapa en locales sólidos secos y cerrados, haciendo pilas preferiblemente de no más de 10 bolsas sobre tarimas de maderas y separadas de las paredes.
- Es recomendable utilizarlo dentro de los 90 días después de la fecha de ensacado, siempre que se haya almacenado bajo las condiciones adecuadas.
- Dentro de la obra el mortero puede ser transportado de la forma más conveniente al constructor, con la única recomendación de no dañar el saco para evitar fugas o contaminación del producto.
- No se debe utilizar el mortero unicapa si el saco tiene fugas de material.

### **3.7. Uso del mortero unicapa**

El soporte sobre el que se aplicará el mortero deberá ser resistente y haber alcanzado la madurez precisa para asegurar su estabilidad a efectos de retracción, movimientos, etc. Antes de la aplicación se realizará una limpieza que asegure la eliminación de suciedad superficial, restos de desencofrante, grasas, pinturas, etc.

La limpieza del soporte se vuelve aun más importante cuando se utiliza un mortero de color, debido a que más del 90% de los problemas con estos morteros son producto de una mala limpieza del área de aplicación. Los limpiadores que se utilicen no deben disolver la matriz del cemento, ya que de lo contrario el mortero perderá su poder de adherencia. Se puede utilizar un ácido para limpiar las paredes y luego enjuagarlas con agua para eliminar cualquier sustancia nociva para el mortero que contenga el ácido

Para la aplicación del mortero unicapa se debe establecer los tipos de soportes en los cuales es posible su utilización. El mortero unicapa está diseñado para ser utilizado sobre soportes de block pómez o de ladrillo, en otros soportes como los de adobe se requiere de un repello inicial que sirve de base antes de su aplicación, debido a la diferencia de características que existe entre este tipo de soporte y el mortero unicapa. En otros soportes por ejemplo los de tabla yeso no se recomienda su aplicación, ya que no se alcanza adherencia necesaria para su utilización.

Es deseable una buena planimetría de la superficie, cortando rebabas, rellenando huecos o extendiendo una capa de regularización, con el fin de evitar capas de espesores excesivos que además de ser una práctica antieconómica, pueden resultar en agrietamientos por retracción y cambios de tonalidad.

Cuando la superficie sea excesivamente lisa por ejemplo concreto liso, es recomendable dotarla de una cierta rugosidad mediante picado con un cincel o punta, también es posible la utilización de un aditivo adherente en la superficie del soporte.

La superficie a revestir no debe estar demasiado seca. En tiempo caluroso, o si el soporte es muy absorbente, se debe humedecer previamente sin formar charcos y esperar hasta que el agua sea absorbida desapareciendo el brillo superficial.

Los soportes sobrecalentados deben regarse antes de la aplicación, debiéndose que repetir el regado 24 horas después de aplicado el mortero unicapa. Esta operación de doble regado es recomendable también hacerla cuando se aplicara el mortero en condiciones ambientales severas como tiempo caluroso y viento seco. Al efectuar el humedecimiento de la superficie y un curado del revestimiento se minimizará el riesgo de aparición de fisuras por contracción plástica.

El mortero unicapa no se debe aplicar con una temperatura por debajo de 5° C ni por encima de 30° C medidos sobre el soporte. Tampoco es recomendable su aplicación con lluvia, ni si es previsible su aparición al cabo de pocas horas. Con temperaturas bajas (menos de 10° C) y fuerte humedad se desaconseja la utilización de colores oscuros ya que pueden aparecer manchas blanquecinas por carbonatación superficial, aunque se puede limpiar lavando el revestimiento a los 7 días de su aplicación con agua acidulada, enjuagándose posteriormente con agua limpia.

Todos los puntos singulares como dinteles, cornisas, etc., requirieren de una malla que quedará en medio de la capa de revestimiento para poder obtener la forma deseada. Los encuentros entre soportes de distinta naturaleza se pueden resolver, marcando la junta o armando el revestimiento con mallas.

El mortero unicapa es entregado listo para mezclar con agua limpia. El mezclado puede hacerse de forma manual en hormigonera o mecánicamente en una mezcladora. El mezclado deberá ser lo suficientemente energético y prolongado, por un tiempo aproximado de 3 a 5 minutos para garantizar la homogeneidad de la mezcla. Si la mezcla contiene aditivos se debe dejar reposar por la misma cantidad de tiempo para que estos reaccionen adecuadamente.

Para evitar variaciones entre sacos se deben mantener las mismas condiciones de mezclado en cada uno de ellos. Los sacos deben usarse enteros y mezclarlos con una misma proporción de agua, teniendo en cuenta la dosis recomendada por el fabricante y los rangos establecidos, debido a que el agua también está en función de las condiciones ambientales y de las características del soporte. No se debe añadir agua para aumentar la trabajabilidad del mortero.

Para mantener uniformes las propiedades del mortero unicapa durante todas las aplicaciones deberán cumplirse las siguientes recomendaciones durante su uso:

- Se utilizará siempre la misma cantidad de agua, evitando el exceso de agua para mezclado.
- Deberán respetarse los tiempos de mezcla (normalmente entre 3 y 5 minutos), el tiempo de reposo del producto mezclado, y el tiempo útil de la mezcla sin aplicar (generalmente de 1 a 1.5 horas.)
- No es recomendable añadirse ningún tipo de material extra porque alteraría las características originales del mortero unicapa.

- Tampoco debe ser mezclado con más agua si ha comenzado a endurecer.
- Cuando se utiliza mortero de colores se debe utilizar siempre la misma proporción de agua, así como el mismo tipo de mezcladora y tiempo de mezclado, para evitar diferencias de tonalidad.
- Cuando el producto sea aplicado con máquina de proyectar se deberá comprobar que la presión y el caudal de agua permanecen constantes durante la aplicación.

Antes de la aplicación se deberá marcar los niveles o arrastres escogidos con el fin de que sirvan de líneas guías y dar referencia de los espesores.

La aplicación sobre el soporte del mortero unicapa se podrá hacer manualmente con plancha o llana y mecánicamente con máquina de proyectar. Si la aplicación es mecánica, se mantendrán constantes la presión, el ángulo de inclinación y la distancia de proyección para evitar variaciones de textura.

El espesor recomendable de la aplicación del mortero unicapa es entre 5 y 15 milímetros, el cual permite recubrir perfectamente el soporte e impide que la capa de revestimiento se fisure por insuficiencia o exceso de material.

Para obtener mejores resultados de los materiales cementantes y por consiguiente mejores resistencias, se debe mantener humedecido el mortero en los primeros días después de su colocación. De manera muy general el mortero unicapa solo necesita un rociado de agua en la base al inicio y otro rociado nuevamente al final del trabajo, esto evitará agrietamientos severos en el mortero. La cantidad y frecuencia del curado estará en función nuevamente de las condiciones climáticas que imperarán en la zona.



## 4. PRUEBAS DE LABORATORIO

### 4.1. Análisis de agregados

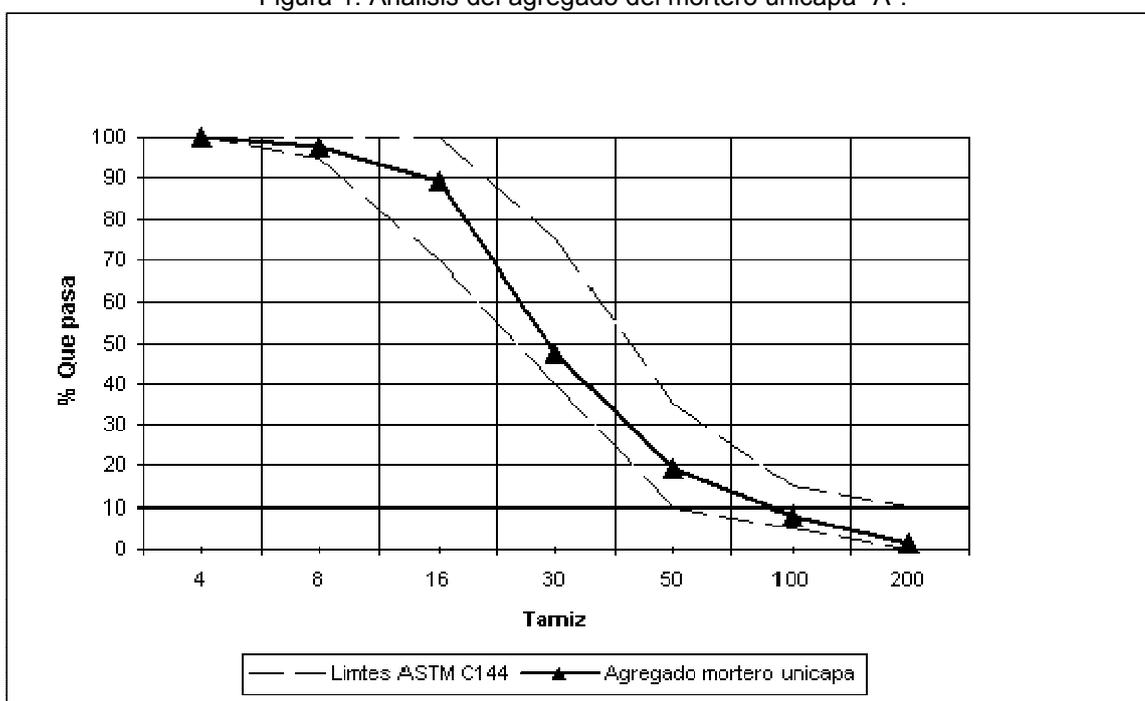
#### 4.1.1. Agregado del mortero unicapa "A"

INTERESADO : Carlos Humberto Morales Gutiérrez

PROYECTO: Evaluación de las propiedades del mortero unicapa

MUESTRA : Agregado del mortero unicapa "A"

Figura 1. Análisis del agregado del mortero unicapa "A".



ASTM	Características físicas	Resultado	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Retenido	MF	% Que pasa
C 128	Densidad relativa	2.08					
C 29	P.U.S. Kg/m <sup>3</sup>	861	4	0	0	0.00	100.00
C 29	P.U.C. Kg/m <sup>3</sup>	983	8	10.70	2.14	2.14	97.86
C 128	Porcentaje de absorción	10.10%	16	42.55	8.51	10.65	89.35
C 117	% Tamiz No. 200	1.29	30	208.70	41.74	52.39	47.61
C 117	Módulo de finura	2.38	50	141.70	28.34	80.73	19.27
C 40	Materia orgánica No.	1	100	56.90	11.38	92.11	7.89
			200	33.00	6.60	98.71	1.29
			Fondo	6.45	1.29	100.00	0
			Totales	500	100	2.38	

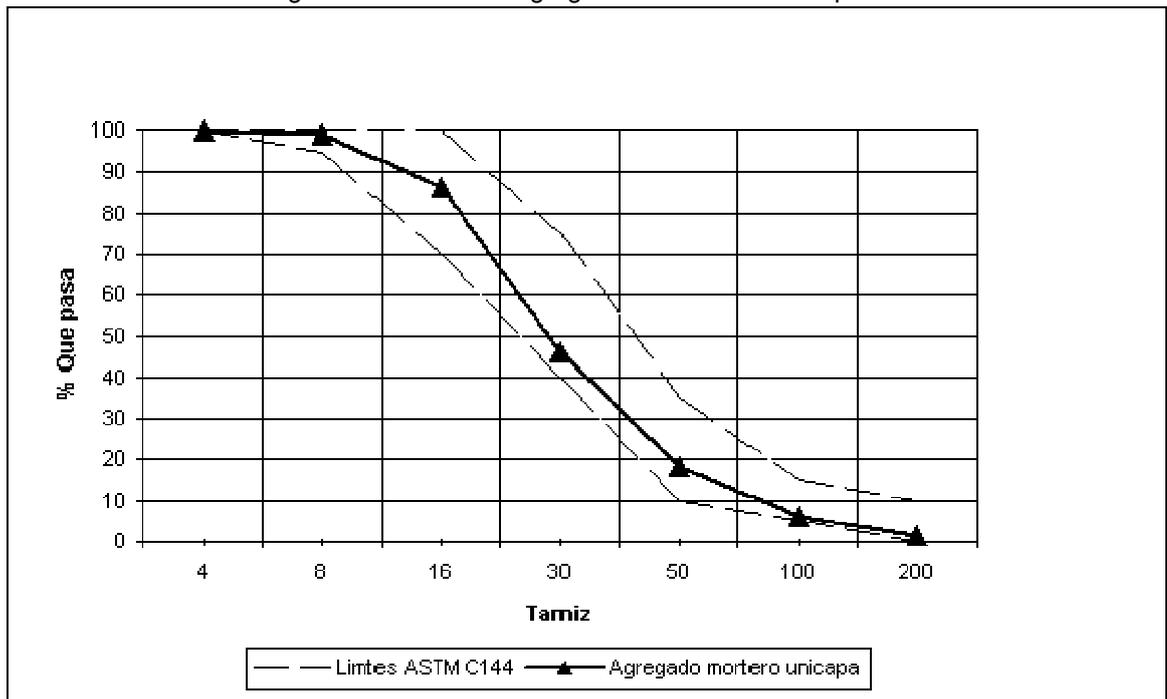
#### 4.1.2. Agregado del mortero unicapa "B"

INTERESADO : Carlos Humberto Morales Gutiérrez

PROYECTO: Evaluación de las propiedades del mortero unicapa

MUESTRA : Agregado del mortero unicapa "B"

Figura 2. Análisis del agregado del mortero unicapa "B".



ASTM	Características físicas	Resultado	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Retenido	MF	% Que pasa
C 128	Densidad relativa	2.10	4	0	0	0.00	100.00
C 29	P.U.S. Kg/m3	884	8	5.15	1.03	1.03	98.97
C 29	P.U.C. Kg/m3	992	16	62.75	12.55	13.58	86.42
C 128	Porcentaje de absorción	9.90%	30	200.95	40.19	53.77	46.23
C 117	% Tamiz No. 200	1.36	50	138.65	27.73	81.50	18.50
C 117	Módulo de finura	2.44	100	61.55	12.31	93.81	6.19
C 40	Materia orgánica No.	1	200	24.15	4.83	98.64	1.36
			Fondo	6.8	1.36	100.00	0
			Totales	500	100	2.44	

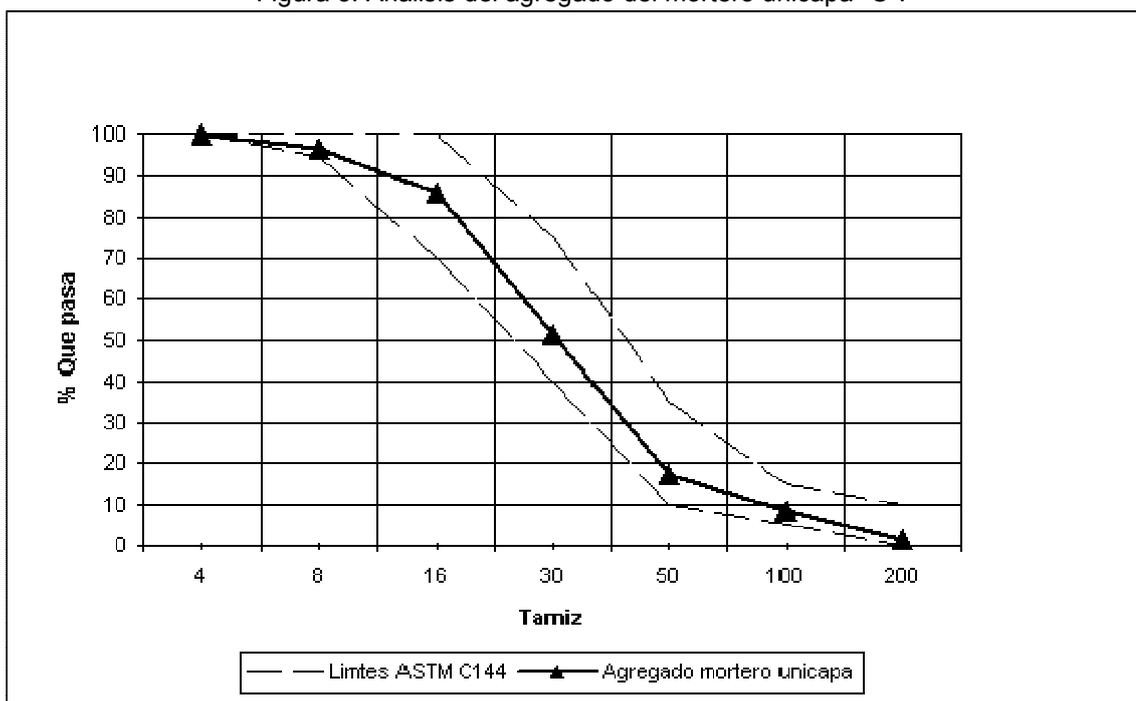
### 4.1.3. Agregado del mortero unicapa "C"

INTERESADO : Carlos Humberto Morales Gutiérrez

PROYECTO: Evaluación de las propiedades del mortero unicapa

MUESTRA : Agregado del mortero unicapa "C"

Figura 3. Análisis del agregado del mortero unicapa "C".



ASTM	Características físicas	Resultado	Tamiz (mm)	Peso (gr)	% Retenido	MF	% Que pasa
C 128	Densidad relativa	2.07	4	0	0	0.00	100.00
C 29	P.U.S. Kg/m <sup>3</sup>	839	8	16.00	3.20	3.20	96.80
C 29	P.U.C. Kg/m <sup>3</sup>	978	16	54.2	10.84	14.04	85.96
C 128	Porcentaje de absorción	10.30%	30	173.65	34.73	48.77	51.23
C 117	% Tamiz No. 200	1.23	50	168.35	33.67	82.44	17.56
C 117	Módulo de finura	2.40	100	45.45	9.09	91.53	8.47
C 40	Materia orgánica No.	1	200	36.2	7.24	98.77	1.23
			Fondo	6.15	1.23	100.00	0
			Totales	500	100	2.40	

## 4.2. Propiedades del mortero unicapa

### 4.2.1. Propiedades del mortero unicapa "A"

INTERESADO : Carlos Humberto Morales Gutiérrez

PROYECTO: Evaluación de las propiedades del mortero unicapa

MUESTRA : Mortero unicapa " A "

Tabla IV. Propiedades del mortero unicapa "A" en estado plástico

ASTM	Propiedad	Resultado
C 109	Fluidez (flow) %	107
C 91	Porcentaje de aire incluido %	26
C 91	Retención de agua %	99
C 109	Masa unitaria Kg/m <sup>3</sup>	1567
C 780	Penetración de cono mm	86

Tabla V. Propiedades del mortero unicapa "A" en estado sólido

ASTM	Propiedad	Resultado
C 109	Resistencia a compresión PSI	1139
***	Adherencia PSI	120
C 1148 - 92a	Retracción mm/m	1.0

\*\*\* El ensayo de adherencia del mortero unicapa se realizó con el instrumento Elcometer 106, debido a que no está normado por la ASTM dicho ensayo para morteros de revestimiento.

#### 4.2.2. Propiedades del mortero unicapa "B"

INTERESADO : Carlos Humberto Morales Gutiérrez

PROYECTO: Evaluación de las propiedades del mortero unicapa

MUESTRA : Mortero unicapa " B "

Tabla VI. Propiedades del mortero unicapa "B" en estado plástico

ASTM	Propiedad	Resultado
C 109	Fluidez (flow) %	106
C 91	Porcentaje de aire incluido %	26
C 91	Retención de agua %	99
C 109	Masa unitaria Kg/m <sup>3</sup>	1571
C 780	Penetración de cono mm	85

Tabla VII. Propiedades del Mortero Unicapa "B" en estado sólido

ASTM	Propiedad	Resultado
C 109	Resistencia a compresión PSI	1147
***	Adherencia PSI	116
C 1148 - 92a	Retracción mm/m	1.0

\*\*\* El ensayo de adherencia del mortero unicapa se realizó con el instrumento Elcometer 106, debido a que no esta normado por la ASTM dicho ensayo para morteros de revestimiento.

### 4.2.3. Propiedades del mortero unicapa "C"

INTERESADO : Carlos Humberto Morales Gutiérrez

PROYECTO: Evaluación de las propiedades del mortero unicapa

MUESTRA : Mortero unicapa " C "

Tabla VIII. Propiedades del mortero unicapa "C" en estado plástico

ASTM	Propiedad	Resultado
C 109	Fluidez (flow) %	106
C 91	Porcentaje de aire incluido %	25
C 91	Retención de agua %	99
C 109	Masa unitaria Kg/m <sup>3</sup>	1576
C 780	Penetración de cono mm	85

Tabla IX. Propiedades del Mortero Unicapa "C" en estado sólido

ASTM	Propiedad	Resultado
C 109	Resistencia a compresión PSI	1143
***	Adherencia PSI	118
C 1148 - 92a	Retracción mm/m	1.0

\*\*\* El ensayo de adherencia del mortero unicapa se realizó con el instrumento Elcometer 106, debido a que no esta normado por la ASTM dicho ensayo para morteros de revestimiento.

#### 4.2.4. Resumen de propiedades del mortero unicapa

INTERESADO : Carlos Humberto Morales Gutiérrez

PROYECTO: Evaluación de las propiedades del mortero unicapa

MUESTRA : Mortero unicapa A, B, C

Tabla X. Resumen de propiedades del mortero unicapa en estado plástico

Estado plástico	Muestras			Resultados promedio
Propiedad	A	B	C	
Fluidez (flow) %	107	106	106	106
Porcentaje de aire incluido %	26	26	25	26
Retención de agua %	99	99	99	99
Masa unitaria Kg/m <sup>3</sup>	1567	1571	1576	1571
Penetración de cono mm	86	85	85	85

Tabla XI. Resumen de propiedades del mortero unicapa en estado sólido

Estado sólido	Muestras			Resultados promedio
Propiedad	A	B	C	
Resistencia a compresión PSI	1139	1147	1143	1143
Adherencia PSI	120	116	118	118
Retracción mm/m	1.0	1.0	1.0	1.0

#### 4.2.5. Gráficas de las propiedades del mortero unicapa vrs agua

Figura 4. Fluidéz vrs agua

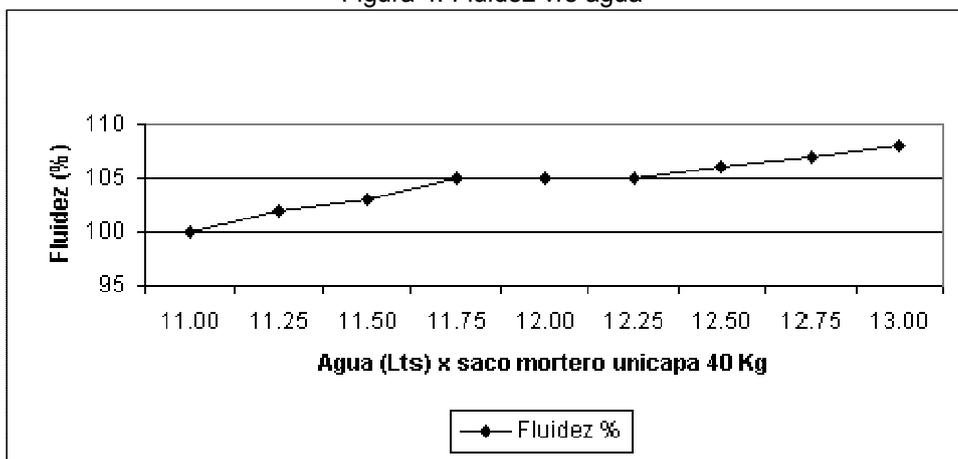


Figura 5. Masa unitaria vrs agua

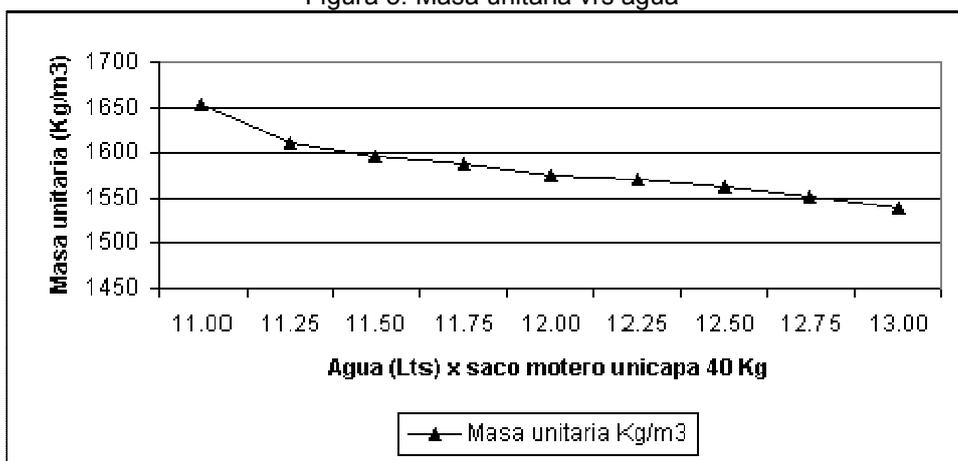
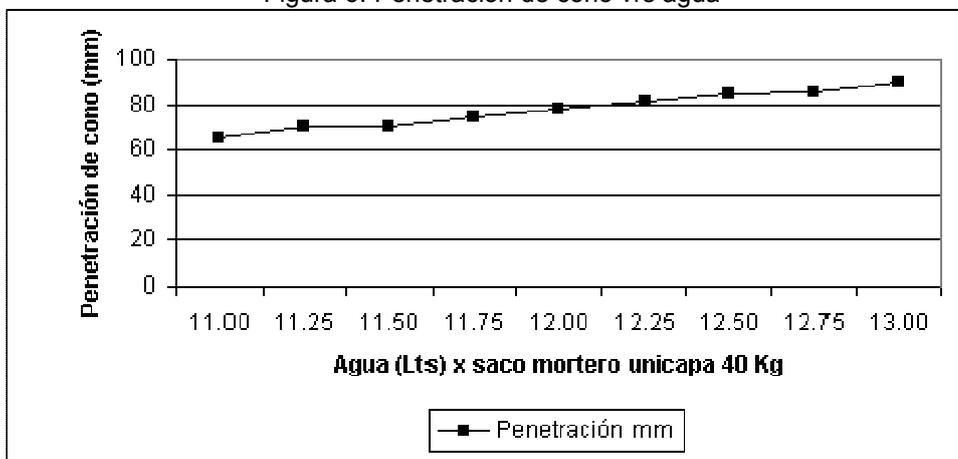


Figura 6. Penetración de cono vrs agua

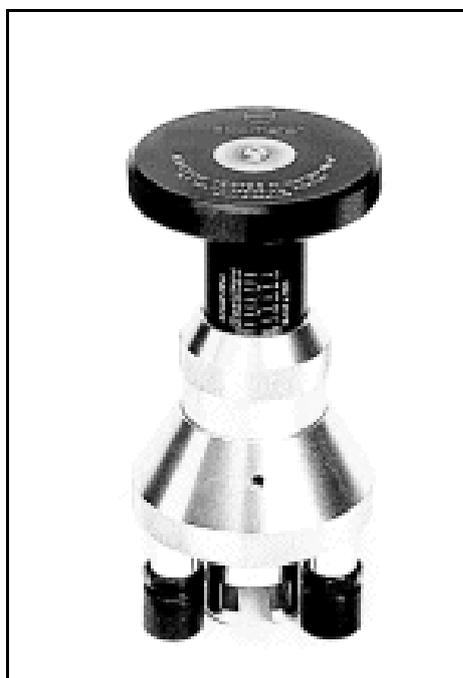


#### 4.3.1. Descripción del instrumento Elcometer 106

El Elcometer 106 es un medidor portátil de adherencia, que su principal aplicación es la medición de adherencia de capas (adhesivos, recubrimientos, epóxicos) que tengan la función de unir o mantenerse unidas a una superficie.

Este instrumento induce esfuerzos de tensión perpendiculares a la superficie ensayada, determinado la capacidad de adherencia de la capa y expresándola en términos de la fuerza requerida para extracción de la esfera.

Figura 7. Foto del Elcometer 106.



Fuente: [www.elcometer.com](http://www.elcometer.com)

---

Tabla XII. Especificaciones del Elcometer 106

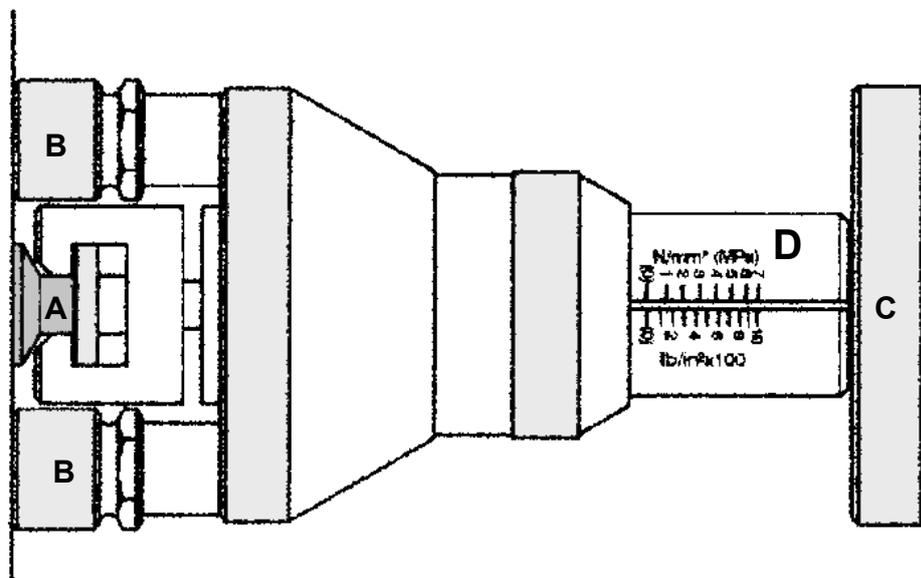
---

	Métrico	Inglés
Dimensiones del instrumento	Altura: 152 mm Diámetro: 76 mm	Altura: 6.0" Diámetro: 3.0"
Tamaño de la espera	Diámetro: 76 mm Area: 314 mm <sup>2</sup>	Diámetro: 0.763" Area: 0.5 in <sup>2</sup>
Escala de mediciones	0 - 3.5 Mpa	0 - 500 PSI

Fuente: [www.elcometer.com](http://www.elcometer.com)

#### 4.3.2. Descripción del ensayo de adherencia

Figura 8. Ilustración del Elcometer 106 señalado



Fuente: [www.elcometer.com](http://www.elcometer.com)

1. La espera se une al revestimiento mediante un epóxico. Se debe esperar el tiempo necesario para el secado del epóxico. En la figura No. 8 identificamos a la espera con la letra A.
2. El Elcometer se ajusta a la espera. Las patas de Elcometer identificadas con la letra B son colocadas sobre la superficie del revestimiento, haciendo que el instrumento se encuentre adecuadamente balanceado y apoyado antes de empezar con la aplicación de la fuerza.
3. Se debe colocar en cero el valor de la escala de fuerza identificada en la figura No. 8 con la letra D.
4. La aplicación de la fuerza se realiza mediante la rotación de la parte identificada con la letra C. Esta rotación se hace a razón de 10 vueltas por minuto.
5. Cuando se produce la falla se lee el valor de adherencia que posee el revestimiento expresado en términos de fuerza, que se registra en la parte identificada con la letra D en la figura No. 8



## **5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **5.1. Características de los agregados**

El agregado fino es el material que mayor volumen ocupa en el mortero, por lo que tiene gran influencia en el desarrollo de sus propiedades; su análisis y comprobación de calidad son necesarios para mantener uniformes las características del mortero unicapa, ya que su producción es a gran escala y no deben existir variaciones entre la primera bolsa y la última bolsa.

Se tomaron tres muestras de agregado utilizado en el mortero unicapa, evaluando su granulometría, densidad relativa, pesos unitarios, porcentaje de tamiz 200, módulo de finura y materia orgánica.

La arena ensayada cumple con las especificaciones de la norma ASTM C 144 para la granulometría de un agregado fino para mortero. La graduación del agregado beneficia la trabajabilidad y adherencia del mortero unicapa, además de producir una capa densa de revestimiento que mejora su resistencia.

La arena del mortero unicapa por su densidad relativa y pesos unitarios obtenidos, podemos definirla como un agregado liviano, lo que permite producir un mortero de bajo peso, capaz de desarrollar una excelente adherencia inicial que facilita su colocación sobre los distintos soportes y mejora los rendimientos.

El módulo de finura y el porcentaje de partículas que pasan por el tamiz 200 de este agregado cumple satisfactoriamente con los límites establecidos dentro de la norma ASTM C 144 que establece un porcentaje máximo del 5% de material que pasa por el tamiz 200. Al tener controlada la cantidad de finos dentro del agregado se evita una disminución en las resistencias del mortero y se producen retracciones volumétricas menores al momento de su fraguado.

El ensayo de materia orgánica para este agregado dio como resultado el color 1, por lo que podemos decir que su contenido de materias extrañas es insignificativo o casi nulo. Este resultado es decisivo en la selección de un agregado para mortero de revestimiento, debido a que estas materias interfieren con el fraguado, desarrollo de las resistencias y afecta la estética produciendo variaciones de tonalidades en los morteros de colores.

Los ensayos realizados a las tres muestras de agregado del mortero unicapa comprueban la uniformidad que existe en sus características. En la producción del mortero unicapa, la arena es la materia prima que debido a su procedencia puede presentar variaciones en su composición, afectando las propiedades físicas y mecánicas del mortero, por lo que se recomienda su estricto control de calidad.

## 5.2. Propiedades del mortero unicapa

Se realizaron pruebas de laboratorio a tres muestras de morteros unicapa sin variar la relación agua-cemento. A cada uno de estos morteros se les practicaron ensayos en estado plástico de fluidez, aire incluido, retención de agua, masa unitaria, penetración de cono y en estado endurecido se ensayó la resistencia a la compresión y su adherencia, además del ensayo de su retracción volumétrica al pasar de estado plástico a sólido.

La fluidez del mortero unicapa medida con el procedimiento de la mesa de flujo cumple las especificaciones de la norma ASTM C 270 para morteros de laboratorio, donde indica una fluidez 110 % con una variación permisible del  $\pm$  5%. La trabajabilidad alcanzada por el mortero permitió su fácil colocación sobre el soporte de block de pómez, además aun existe la posibilidad de aumentar la relación agua-cemento del mortero si las condiciones climáticas son adversas (clima cálido y viento seco), sin exceder los límites de la anterior norma.

La mezcla del mortero unicapa se puede describir como homogénea, de poca segregación y de adherencia instantánea. La penetración de cono es otra forma de medir la trabajabilidad y plasticidad de la mezcla, entre más plástica mayor será la penetración que se registre, ésta se mide en milímetros.

El mortero unicapa ofrece un alto nivel de retención de agua de un 99% lo cual permite que el mortero se conserve por más tiempo con buena plasticidad y adecuada trabajabilidad para su colocación, sin la necesidad de ser reacondicionado con agua. El período de tiempo durante el cual el mortero unicapa se mantuvo en condiciones óptimas para su colocación varió entre 1 hora y 1.5 horas, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar y de la relación agua-cemento de la mezcla. Esta capacidad del mortero unicapa de retención de agua, le permite contrarrestar las condiciones de succión severas que provocan soportes muy absorbentes, impidiendo que se produzcan contracciones bruscas que dan como resultados fisuras, debido a un secado muy rápido del mortero.

Es importante mencionar que con el porcentaje de aire incluido de la mezcla de 25%, más su adecuada dosificación de material cementante, se logra obtener un revestimiento de baja permeabilidad y buena resistencia, características que benefician su durabilidad.

La resistencia a compresión del mortero unicapa, lo clasifica como un mortero tipo N de acuerdo la norma ASTM C 270. El mortero tipo N es considerado de mediana resistencia usado en construcciones convencionales y representa la mejor combinación entre resistencia, trabajabilidad y economía.

La propiedad más importante de los revestimientos es su resistencia de adherencia. Para el ensayo de adherencia, se aplicó el mortero unicapa sobre un soporte de block de pómez por considerarlo el de mayor uso en nuestro país, practicándose los ensayos a los 28 días y dando como resultado una adherencia máxima de 120 PSI.

Haciendo una comparación con los morteros convencionales y el revestimiento plástico de 28 días, estos alcanzaron una adherencia máxima de 65 PSI. Los morteros convencionales debido a la granulometría y calidad de sus agregados, además de su dosificación de materias primas, tienden a ser revestimientos porosos en donde sus partículas no logran un acomodo adecuado, siendo más fácil su separación. El revestimiento plástico por su lado carece de un material cementante, por lo que no desarrolla altas resistencias.

La retracción mínima del mortero unicapa provoca que sean menores los esfuerzos de tensión al momento de su fraguado, minimizando los riesgos de agrietamientos.

Todas estas propiedades dependen unas de las otras, el mortero unicapa logra un balance entre todas su propiedades, que permite obtener una excelente calidad en sus características de durabilidad y estética. En conclusión podemos decir que el mortero unicapa es un revestimiento liviano de buena trabajabilidad, excelente adherencia inicial y final, baja permeabilidad y presenta una retracción mínima durante su fraguado.

La poca variación en los resultados obtenidos durante los ensayos establece la uniformidad en las propiedades que desarrolla el mortero unicapa a lo largo de su utilización.



## 6. Análisis de costos del mortero unicapa

### 6.1. Costos del revestimiento tradicional

#### 6.1.1. Repello

Tabla XIII. Integración de costos de repello

##### Materiales

Uni	Material	Cantidad	Costo	Subtotal
sac	Cemento	0.03	35.00	1.05
sac	Cal	0.18	25.00	4.50
m3	Arena	0.02	71.50	1.61
Total materiales				<u>Q7.16</u>

##### Mano de obra

Uni	Actividad	Cantidad	Costo	Subtotal
m2	Repello	1.00	7.00	7.00
m2	Andamio hpared=2.30m	1.00	0.98	<u>0.98</u>
Subtotal				7.98
Ayudante			17%	1.36
Prestaciones			74%	6.91
Total mano de obra				Q16.25
Costo del repello x M2				<u>Q23.40</u>



### 6.1.2. Cernido

Tabla XIV. Integración de costos de cernido

#### Materiales

Uni	Material	Cantidad	Costo	Subtotal
sac	Cemento	0.12	35.00	4.20
sac	Cal	0.08	25.00	2.00
m3	Arena	0.01	71.50	0.72
Total materiales				<u>Q6.92</u>

#### Mano de obra

Uni	Actividad	Cantidad	Costo	Subtotal
m2	Cernido	1.00	6.50	6.50
m2	Andamio hpared=2.30m	1.00	0.98	0.98
Subtotal				7.48
Ayudante			17%	1.27
Prestaciones			74%	6.48
Total mano de obra				Q15.23
Costo del cernido x M2				<u>Q22.14</u>

Costo del revestimiento tradicional	Q45.55
Rendimiento diario estimado de 1 albañil	7 m2

## 6.2. Costo del revestimiento plástico

### 6.2.2. Revestimiento de interiores

Tabla XV. Integración de costos de revestimiento de interiores

#### Materiales

Uni	Material	Cantidad	Costo	Subtotal
	Fondo			
gal	Resina para exteriores	0.04	50.50	2.24
bol	Carbonato de calcio PC	0.02	30.24	0.67
bol	Mármol ordinario	0.02	13.44	0.30
bol	Mármol extra fino	0.02	16.80	0.37
gal	Agua	0.11	0.02	0.00
	Textura grano fino:			
gal	Resina para exteriores	0.04	50.50	2.24
bol	Carbonato de calcio PC	0.02	30.24	0.67
bol	Mármol ordinario	0.02	13.44	0.30
bol	Mármol extra fino	0.02	16.80	0.37
lb	Dióxido de titanio	0.02	15.68	0.35
gal	Agua	0.11	0.02	0.00
rollo	Masking tape	0.08	4.50	0.34
@	Periódico	0.03	20.00	0.50
m2	Plástico	1.00	0.25	0.25
Total materiales				<u>8.62</u>

#### Mano de obra

Uni	Actividad	Cantidad	Costo	Subtotal
m2	Texturizado	1.00	3.50	3.50
	Subtotal			3.50
	Prestaciones		74%	2.59
Total mano de obra				<u>6.09</u>

Costo del revestimiento plástico	Q14.71
Rendimiento diario estimado	25 m2

## 6.2.2. Revestimiento de exteriores

Tabla XVI. Integración de costos de revestimiento de exteriores

### Materiales

Uni	Material	Cantidad	Costo	Subtotal
	Fondo			
gal	Resina para exteriores	0.04	61.60	2.74
bol	Carbonato de calcio PC	0.02	30.24	0.67
bol	Mármol ordinario	0.02	13.44	0.30
bol	Mármol extra fino	0.02	16.80	0.37
gal	Agua	0.11	0.02	0.00
	Textura grano fino:			
gal	Resina para exteriores	0.04	61.60	2.74
bol	Carbonato de calcio PC	0.02	30.24	0.67
bol	Mármol ordinario	0.02	13.44	0.30
bol	Mármol extra fino	0.02	16.80	0.37
lb	Dióxido de titanio	0.02	15.68	0.35
gal	Agua	0.11	0.02	0.00
rollo	Masking tape	0.08	4.50	0.34
@	Periódico	0.03	20.00	0.50
m2	Plástico	1.00	0.25	0.25
Total materiales				9.60

### Mano de obra

Uni	Actividad	Cantidad	Costo	Subtotal
m2	Texturizado	1.00	3.50	3.50
	Subtotal			3.50
	Prestaciones		74%	2.59
Total mano de obra				6.09

Costo del revestimiento plástico	Q15.69
Rendimiento diario estimado	25 m2

### 6.3. Costos del mortero unicapa

#### 6.3.1. Mortero unicapa aplicación a mano

Tabla XVII. Integración de costos del mortero unicapa a mano

##### Materiales

Uni	Material	Cantidad	Costo	Subtotal
bol	Mortero unicapa 40 kg	0.16	50.00	8.00
lt	Agua	1.00	0.01	0.01
Total materiales				<u>8.01</u>

##### Mano de obra

Uni	Actividad	Cantidad	Costo	Subtotal
m2	Aplicación	1.00	7.50	7.50
m2	Andamio hpared=2.30m	1.00	0.98	<u>0.98</u>
Subtotal				8.48
Ayudante			17%	1.44
Prestaciones			74%	<u>7.34</u>
Total mano de obra				<u>17.26</u>

Costo del mortero unicapa	Q25.27
Rendimiento diario estimado de 1 albañil	<u>14 m2</u>

### 6.3.2. Mortero unicapa aplicación con compresor

Tabla XVIII. Integración de costos del mortero unicapa con compresor

#### Materiales

Uni	Material	Cantidad	Costo	Subtotal
bol	Mortero unicapa 40 kg	0.16	50.00	8.00
lt	Agua	1.00	0.01	0.01
Total materiales				<u>8.01</u>

#### Mano de obra

Uni	Actividad	Cantidad	Costo	Subtotal
m2	Aplicación	1.00	3.50	<u>3.50</u>
Subtotal				3.50
Prestaciones			74%	<u>2.59</u>
Total mano de obra				<u>6.09</u>

Costo del mortero unicapa	Q14.10
Rendimiento diario estimado	<u>25 m2</u>

#### 6.4. Comparación de revestimientos por costos y rendimientos

Tabla XIX. Cuadro comparativo de costos y rendimientos

Tipo de revestimiento	Precio x M2		Rendimiento
	Aplicación a mano	Aplicación con compresor	
Revestimiento tradicional	Q45.55	--	7 m2
Revestimiento plástico	--	Interior Q14.71 Exterior Q15.59	25 m2
Mortero unicapa	Q25.27	Q14.10	A mano 14 m2 Compresor 25 m2

## **6.5. Análisis de costos del mortero unicapa vrs otros revestimientos**

La aplicación de dos capas del mortero tradicional (repello y cernido) repercute principalmente en el costo de mano de obra teniéndose que pagar dos veces por concepto de aplicación y haciendo que el rendimiento sea bajo. Este revestimiento se recomienda para obras de poco volumen o pequeñas remodelaciones, ya que tiende a elevar los costos de la obra y no se alcanza una buena producción con su utilización.

El renglón favorable de costos del mortero tradicional es su materia prima, esta es de un costo bajo a comparación de otros revestimientos, por ser de uso común en la construcción y estar disponibles en la mayoría de ventas de materiales de construcción e inclusive en algunas ferreterías. Este renglón es el que engaña muchas veces al constructor y hace pensar en una falsa economía con su utilización.

El revestimiento plástico es un producto de alto nivel de consumo en el mercado actual debido a su bajo costo y a la alta producción que alcanza, además que incorpora en su capa final diferentes texturas y colores.

La necesidad de aplicación de dos capas persiste con la utilización de este revestimiento, la primera capa sirve para lograr un soporte homogéneo y eliminar sus imperfecciones, y la segunda es la que proporciona la textura y color del revestimiento, pero a diferencia del mortero tradicional con el revestimiento plástico se logra alcanzar una alta producción, lo cual hace que el costo por concepto de mano de obra baje a un nivel tal que no sea significativo la aplicación de estas dos capas.

A diferencia del mortero tradicional, el renglón fuerte en costos del revestimiento plástico es el de sus materias primas, estos son producidos casi exclusivamente para este revestimiento. Uno de los inconvenientes de uso de este tipo de revestimiento es muchas veces que las únicas propiedades que garantizan son su textura y color, siendo sus puntos blandos su débil resistencia de adherencia y su poca durabilidad ante la acción de la intemperie. Otro punto a señalar, es la cantidad adecuada látex que se utiliza en la mezcla, ya que esta impide el desprendimiento de partículas que provocan problemas de contaminación para personas que habitan la edificación.

Una característica favorable del revestimiento plástico, es que con la aplicación de su segunda capa incorpora color al revestimiento, eliminando el renglón de pintura en los costos y tiempo de la obra que con el mortero tradicional y el mortero unicapa sin pigmento no se logra.

Analizando el desglose de costos del mortero unicapa, el renglón de materiales podríamos clasificarlo como de mediano costo, ya que no es tan barato como el mortero tradicional pero si de menor costo que el revestimiento plástico, no obstante por los beneficios que provee la calidad de estos materiales se hace meritorio absorber este incremento.

La versatilidad del mortero unicapa hace posible tanto su aplicación a mano como con equipo de aplicación y su comparación con un mortero tradicional o con un revestimiento plástico, permitiéndole al constructor tener más opciones para seleccionar la que más se ajuste a las posibilidades y necesidades.

Con la aplicación a mano del mortero unicapa se tiene si bien es cierto un incremento significativo en el renglón de materiales a comparación del mortero tradicional, pero también se obtiene una reducción a la mitad de los costos por concepto de mano de obra y un aumento de más del doble de la producción que alcanza con un mortero tradicional; esto es debido a la eliminación de actividades que se logran con la utilización de un mortero premezclado y a la necesidad de aplicar una sola capa de revestimiento.

La aplicación por medio de compresor del mortero unicapa es una opción de mayor economía y de alta productividad, pudiendo competir con el revestimiento plástico en el mercado actual, además de obtenerse una mejor calidad en las propiedades del revestimiento.



## CONCLUSIONES

1. El mortero unicapa es un diseñado para el recubrimiento de paredes que posee propiedades hidrófugas y mantiene uniformes tanto sus características físicas como mecánicas.
2. El mortero unicapa cumple satisfactoriamente con las dos funciones primordiales de un revestimiento, dar protección y estética de las paredes.
3. Los requisitos primordiales que debe cumplir la arena para mortero de revestimiento son una granulometría que cumpla con las especificaciones de la norma ASTM C 144 y un bajo contenido de materias orgánicas.
4. La densidad de las capas de revestimiento del mortero unicapa se debe en gran parte a la excelente graduación de sus agregados, que minimiza los espacios vacíos, logrando una baja permeabilidad y una buena adherencia al soporte.
5. La producción industrial del mortero unicapa logra un mejor control y uniformidad en las propiedades que desarrolla el revestimiento.

6. La calidad del mortero unicapa se determina mediante la evaluación de propiedades íntimamente ligadas a su permeabilidad (retracción volumétrica, módulo de elasticidad y resistencia de adherencia) y de sus características estéticas (textura, color, sombreado, eflorescencia.)
7. El mortero unicapa es un material más elástico que un mortero tradicional, razón por la cual tiene menor tendencia a la fisuración.
8. Una de las grandes ventajas del mortero unicapa es su versatilidad de aplicación, ya que puede ser aplicado tanto a mano como con equipo de aplicación, gracias a esto puede competir con cualquier producto en el mercado.
9. El ahorro en costos y el aumento de rendimientos que se obtiene con la utilización del mortero unicapa, se debe principalmente a la aplicación de una sola capa para lograr un revestimiento durable y estético.
10. Finalmente el costo de uso del mortero unicapa es menor en comparación con otros revestimientos que existen, además ofrece mejores características tanto para su aplicación como en su durabilidad.

## **RECOMENDACIONES**

1. Las empresas fabricantes deben realizar periódicamente ensayos y controles de calidad de las diferentes materias primas que se utilizan para la fabricación del mortero unicapa.
2. También se debe mantener el mismo control de calidad sobre las propiedades del mortero producido, para detectar y corregir a tiempo sus variaciones.
3. Así mismo una estricta supervisión durante la fabricación del producto es necesaria y obligatoria para garantizar la calidad del producto.
4. Es preferible utilizar un equipo de mezclado mecánico con el mortero unicapa, para obtener las características adecuadas y mejorar los rendimientos.
5. Se exhorta a las empresas a seguir con las investigaciones de nuevas variantes del mortero unicapa, tales como morteros de colores, diferentes agregados para nuevas texturas y otros aditivos.

6. El mortero unicapa es un producto nuevo en Guatemala, haciendo imprescindible que se aprenda de las experiencias de otros países, para avanzar de forma acelerada en su perfeccionamiento.
  
7. Es importante hacer asesorar a nuevos y antiguos constructores sobre los beneficios y alcances del mortero unicapa, para que conozcan el producto y lo utilicen adecuadamente.

## REFERENCIAS

1

Annual book of ASTM standard. **Section Four Construction.**  
(Estados Unidos 2002). ASTM C 91, C 109, C 120, C 780, C 1148 – 92a.

2

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).  
**Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para  
revoco y enlucido.** (España 2003). AENOR UNE – EN 998 – 1.



## BIBLIOGRAFÍA

Barahona Garrido, Rubén. Evaluación de los morteros premezclados para levantado en Guatemala. Tesis Ing. Civil Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1999. 49pp.

Beall, Christine. **Mortero**. Primera edición. Estados Unidos: editorial The Arberdeen Group, 1994. 63pp.

Herrera Rodas, Plinio Estuardo. Evaluación preliminar de la arena manufacturada de caliza como agregado fino para el concreto. Tesis Ing. Civil Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1994. 73pp.

Instituto mexicano del cemento y del concreto. **Manual de aplanados de mortero de cemento portland**. Primera edición. México. 1992. 94pp.

Annual book of ASTM standard. **Section Four, Construction**. (Volumen 4.05). Estados Unidos. 2002.

Sánchez de Guzmán, Diego. **Tecnología del concreto y del mortero**. Quinta edición. Colombia: editorial Bandhar Editores. 2001. 349pp.

