



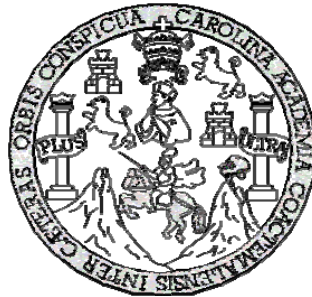
Universidad de San Carlos de Guatemala
Faculta de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**ENSAYOS PARA MORTEROS ADHESIVOS DE
REVESTIMIENTOS CERÁMICOS**

Yefry Valentin Rosales Juárez
Asesorado por Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus

Guatemala, octubre de 2004.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ensayos para morteros adhesivos de revestimientos cerámicos

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

YEFRY VALENTIN ROSALES JUÁREZ

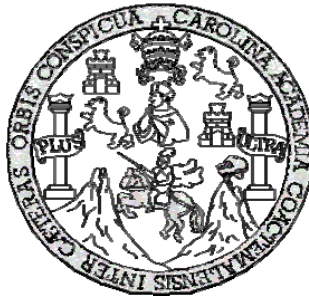
ASESORADO POR: ING. SERGIO VINICIO CASTAÑEDA LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE 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 Isuur 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. Fredy Enrique Ríos Godínes
EXAMINADOR	Ing. Armando Ola Hernández
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordóñez Morales
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:

**ENSAYOS PARA MORTEROS ADHESIVOS DE
REVESTIMIENTOS CERÁMICOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 03 de noviembre de 2003.

Yefry Valentin Rosales Juárez

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO** Por ser el punto principal a seguir, y darme sabiduría para poder alcanzar uno de mis objetivos.
- A MI ESPOSA E HIJO** Jessica y Jeffricito “Pepis”, por el amoroso apoyo que me brindan, los amo.
- A MIS PADRES** Valentín Rosales y Celeste Juárez por todo el apoyo brindado hasta este momento. Que el éxito alcanzado sea un poco de retribución a sus años de esfuerzo.
- A MIS HERMANOS** Merly, Gisel, Axel Foly, Violeta y Rocío Dulcito, por estar conmigo y apoyarme siempre.
- A MIS SOBRINOS** Andreita, Valen y Axelito, José Gabriel, Marco, Teffy, Aldito, que siempre me regalan un besito.
- A MI SUEGRA** Doña Luz, por su apoyo y consejos.
- A MI ABUELO** Efraín, con admiración y respeto.
- A MIS TÍOS** A cada uno de ellos, gracias por su apoyo.
- A MIS PRIMOS** A cada uno de ellos, adelante prosigan, muchas gracias muchachos.

A MIS CUÑADOS

Heissin, Aldo y Sofía, Roberto y Mariela, con respeto y cariño.

A MIS AMIGOS

Saúl y Silvia, Cuches, Edgar, Eric y hermanos Rodas, Moncada, Bladi, Manuel, Ana José, Jeymi, Amilcar Martínez, Edna Girón, Claudia Rivas, Martín León, Las Gradadas S.A., CEIC 2003, al equipo PEGAMAS y chicas PEGAMAS, a la Iglesia Palabra Viva y su grupo de músicos, Flor Hernández, y todos mis amigos de la Promoción.

RECONOCIMIENTOS

Ing. Sergio Castañeda

Ing. Gabriel Ordóñez

Centro de Investigaciones de Ingeniería –CII-

Kennet Molina

Pegamas de Guatemala

Familia Vanegas Arrivillaga

Familia Girón Rosales

Familia Kroell Estrada

A todos mis clientes y amigos.

Muchísimas gracias por el apoyo en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XII
GLOSARIO	XIV
RESUMEN.....	XVI
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
1. REVESTIMIENTOS CERÁMICOS.....	1
1.1 Historia de la evolución de los revestimientos cerámicos.....	1
1.2 Tipología de los revestimientos cerámicos.....	2
1.3 Métodos y procesos de fabricación.....	2
1.4 Propiedades de los revestimientos cerámicos.....	4
1.4.1 Producto natural.....	4
1.4.2 Fácil de limpiar.....	5
1.4.3 Higiénico y antialérgico.....	5
1.4.4 Instalación definitiva.....	6
1.4.5 Inerte.....	6
1.5 Elección de revestimientos cerámicos.....	7
1.5.1 Revestimientos exteriores.....	7
1.5.2 Baldosas para revestimientos de cubierta	7
1.5.3 Construcción residencial, baños y cocinas.....	8
1.5.4 Edificios comerciales e industriales.....	8
1.5.5 Equipamiento urbano.....	8
1.6 Funciones de los revestimientos cerámicos.....	9
1.7 Características técnicas.....	10
1.8 Clasificación de los revestimientos cerámicos.....	11
1.8.1 Tipo superficie.....	11

1.8.2	Método de fabricación.....	11
1.8.3	Grupos de absorción de agua.....	12
1.8.4	Resistencia a la abrasión superficial.....	13
1.8.5	Resistencia a las manchas o a clases de limpieza.....	15
1.8.6	Resistencia al ataque de agentes químicos.....	15
1.8.7	Aspecto superficial o análisis virtual.....	16
2.	MORTEROS ADHESIVOS DE REVESTIMIENTOS CERÁMICOS.....	17
2.1	Desarrollo histórico de los morteros adhesivos para revestimientos cerámicos.....	17
2.2	Tipos de morteros adhesivos para revestimientos cerámicos.....	18
2.2.1	Morteros adhesivos estándares.....	18
2.2.1.1	Adhesivos muy simples.....	18
2.2.1.2	Adhesivos simples.....	19
2.2.1.3	Adhesivos de alta calidad.....	19
2.2.2	Morteros adhesivos elásticos.....	19
2.3	Características de un mortero adhesivo.....	20
2.4	Superficies de aplicación para un mortero adhesivo.....	21
2.5	Composición de un mortero adhesivo.....	21
2.6	Normas internacionales para morteros adhesivos de revestimientos cerámicos.....	22
2.7	Utilización de los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos.....	23
2.7.1	Técnica tradicional o de capa gruesa para colocar revestimiento cerámico.....	23
2.7.2	Técnica de capa fina para colocar revestimiento cerámico.....	24
2.8	Método de colocación del revestimiento cerámico por la técnica de capa fina.....	25
2.8.1	Método de colocaciones generales.....	25

2.8.2	Método de colocación en ambientes interiores y exteriores	26
2.8.3	Método de colocación en suelo de cemento	27
2.8.4	Método de colocación sobre revestimiento cerámico viejo	27
2.8.5	Otros casos de colocaciones	28
2.8.5.1	Superficies revestidas con plástico	28
2.8.5.2	Superficies metálicas	28
2.8.5.3	Superficies de madera	28
3.	DESCRIPCIONES DE LOS MORTEROS ADHESIVOS A Y B DE REVESTIMIENTOS CERÁMICOS QUE FUERON UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	29
3.1	Descripción mortero adhesivo A	29
3.1.1	Preparación y aplicación	29
3.2	Descripción mortero adhesivo B	31
3.2.1	Preparación y aplicación	31
4.	NORMAS UTILIZADAS EN LOS ENSAYOS PARA MORTEROS ADHESIVOS DE REVESTIMIENTOS CERÁMICOS	33
4.1	Definiciones según ANSI 118.1	33
4.1.1	Objeto	33
4.1.2	Que es un mortero adhesivo de revestimientos cerámicos	33
4.1.3	Aplicación de capa delgada	33
4.1.4	Superficie de aplicación	33
4.1.5	Soporte de aplicación	34
4.1.6	Procedimiento de aplicación por ranurado	34
4.1.7	Procedimiento de aplicación por untado	34
4.1.8	Procedimiento combinado	34

4.1.9	Tecnología del uso del adhesivo.....	35
4.1.9.1	Llana dentada.....	35
4.1.9.2	Adherencia.....	35
4.1.9.3	Agua de empaste	35
4.1.9.4	Tiempo de maduración.....	36
4.1.9.5	Tiempo abierto.....	36
4.1.9.6	Tiempo de corrección.....	36
4.1.9.7	Formación de piel.....	36
4.1.9.8	Deslizamiento.....	37
4.1.9.9	Rendimiento	37
4.2	Requisitos según ANSI 118.1.....	38
4.2.1	Objeto.....	38
4.2.2	Alcance.....	38
4.2.3	Condiciones generales.....	38
4.2.4	Requisitos.....	39
4.3	Ensayos con mortero adhesivo en seco.....	40
4.3.1	Inspección y recepción según ANSI 118.1.....	40
4.3.1.1	Objeto.....	40
4.3.1.2	Muestreo.....	40
4.3.1.2.1	Extracción de la muestra	40
4.3.1.2.1.1	Productos en bolsa.....	40
4.3.1.2.1.2	Método alternativo.....	42
4.3.1.3	Preparación de las muestras para ensayos	42
4.3.1.4	Aceptación o rechazo.....	42
4.3.1.4.1	Inspección visual	42
4.3.1.4.2	Productos en bolsa.....	43
4.3.1.4.3	Condiciones generales y requisitos.....	44
4.3.2	Ensayo de determinación de la pérdida por calentamiento a 110°C según ANSI 118.1.....	45
4.3.2.1	Objeto.....	45

4.3.2.2	Instrumental.....	45
4.3.2.3	Procedimiento.....	45
4.3.2.4	Cálculos	46
4.3.2.5	Informe	46
4.3.3	Ensayo de tamizado según ANSI 118.1.....	47
4.3.3.1	Objeto.....	47
4.3.3.2	Instrumental.....	47
4.3.3.3	Procedimiento.....	47
4.3.3.4	Cálculos	48
4.3.3.5	Informe	48
4.4	Ensayos con mortero adhesivo preparado	49
4.4.1	Preparación del mortero adhesivo para ensayos según ANSI 118.1.....	49
4.4.1.1	Objeto	49
4.4.1.2	Condiciones ambientales de la sala de ensayos	49
4.4.1.3	Preparación del mortero.....	49
4.4.1.4	Instrumental.....	49
4.4.1.5	Procedimiento	50
4.4.2	Ensayo de adherencia según ANSI 118.1	51
4.4.2.1	Objeto	51
4.4.2.2	Instrumental y elementos.....	51
4.4.2.2.1	Aparato para determinar la resistencia a la tracción.....	51
4.4.2.2.2	Placas de concreto.....	51
4.4.2.2.2.1	Dosificación del concreto	52
4.4.2.2.2.2	Asentamiento	53
4.4.2.2.2.3	Método de compactación.....	53

4.4.2.2.2.4	Curado y tratamiento de las placas.....	53
4.4.2.2.3	Llana dentada.....	53
4.4.2.3	Mortero adhesivo y probetas.....	53
4.4.2.3.1	Mortero adhesivo.....	53
4.4.2.3.2	Probetas.....	54
4.4.2.4	Preparación del ensayo.....	54
4.4.2.5	Procedimiento.....	55
4.4.2.6	Cálculos.....	57
4.4.2.7	Informe.....	57
4.4.3	Ensayo de deslizamiento según ANSI 118.1.....	58
4.4.3.1	Objeto.....	58
4.4.3.2	Instrumental.....	58
4.4.3.3	Mortero adhesivo y probetas.....	58
4.4.3.3.1	Mortero adhesivo.....	58
4.4.3.3.2	Probetas.....	58
4.4.3.4	Condiciones ambientales de la sala de ensayo.....	59
4.4.3.5	Procedimiento.....	59
4.4.3.6	Cálculos.....	60
4.4.3.7	Informe.....	61
4.4.4	Ensayo de determinación del tiempo de corrección según ANSI 118.1.....	62
4.4.4.1	Objeto.....	62
4.4.4.2	Definiciones.....	62
4.4.4.3	Instrumental.....	62
4.4.4.4	Mortero adhesivo y probetas.....	62
4.4.4.4.1	Mortero adhesivo.....	62
4.4.4.4.2	Probetas.....	63
4.4.4.5	Condiciones ambientales de la sala de ensayo.....	63
4.4.4.6	Procedimiento.....	63

4.4.4.7	Informe	65
4.4.5	Ensayo de determinación del tiempo abierto según ANSI 118.1.....	66
4.4.5.1	Objeto.....	66
4.4.5.2	Instrumental	66
4.4.5.3	Mortero adhesivo y probetas.....	66
4.4.5.3.1	Mortero adhesivo.....	66
4.4.5.3.2	Probetas	66
4.4.5.4	Condiciones ambientales de la sala de ensayo.....	67
4.4.5.5	Procedimiento.....	67
4.4.5.6	Informe.....	69
5.	RESULTADOS DE ENSAYOS A MORTEROS ADHESIVOS A Y B.....	71
5.1	Resultados de ensayos mortero adhesivo A.....	71
5.2	Resultados de ensayos mortero adhesivo B.....	74
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	77
6.1	Análisis de resultados mortero adhesivo A	77
6.1.1	Ensayo pérdida por calentamiento a 110°C	77
6.1.2	Ensayo de tamizado.....	77
6.1.3	Ensayo de adherencia	77
6.1.4	Ensayo de deslizamiento.....	78
6.1.5	Ensayo de determinación del tiempo de corrección	78
6.1.6	Ensayo de determinación del tiempo de abierto.....	78
6.1.7	Ensayo a compresión	80
6.1.8	Ensayo a tensión.....	81

6.2	Análisis de resultados mortero adhesivo B	82
6.2.1	Ensayo pérdida por calentamiento a 110°C.....	82
6.2.2	Ensayo de tamizado.....	82
6.2.3	Ensayo de adherencia	82
6.2.4	Ensayo de deslizamiento.....	83
6.2.5	Ensayo de determinación del tiempo de corrección	83
6.2.6	Ensayo de determinación del tiempo de abierto.....	83
6.2.7	Ensayo a compresión.....	85
6.2.8	Ensayo a tensión	86
6.3	Análisis comparativo mortero adhesivo A y B.....	87
CONCLUSIONES		91
RECOMENDACIONES.....		93
BIBLIOGRAFÍA		95
ANEXOS.....		97

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Tubo sacamuestras para bolsas	41
2	Elementos de transmisión de fuerzas y probetas para ensayo	56
3	Elementos de transmisión de fuerzas fabricado en madera	56
4	Conjunto pesa soporte de 300 gramos para ensayo de deslizamiento	60
5	Herramienta de acero para colocación y ensayo de probetas	64
6	Vista superior de herramienta para ensayo de tiempo de corrección	65
7	Plancha acrílica de 10cm x 7.5cm, cuadrícula de 0.5cm x 0.5cm	68
8	Gráfica para determinar el tiempo abierto mortero adhesivo A	79
9	Gráfica de resistencia a compresión mortero adhesivo A	80
10	Gráfica de resistencia a tensión mortero adhesivo A	81
11	Gráfica para determinar el tiempo abierto mortero adhesivo B	84
12	Gráfica de resistencia a compresión mortero adhesivo B	85
13	Gráfica de resistencia a tensión mortero adhesivo B	86
14	Gráfica comparativa de resistencia a compresión mortero adhesivo A y B	87
15	Gráfica comparativa de resistencia a tensión mortero adhesivo A y B	88
16	Gráfica comparativa de tiempo abierto mortero adhesivo A y B	89
17	Gráfica comparativa de tiempo de corrección mortero adhesivo A y B	90
18	Informe de laboratorio mortero adhesivo A	98
19	Informe de laboratorio mortero adhesivo A y B	99
20	informe de laboratorio mortero adhesivo B	100

TABLAS

I	Normas de ensayo para revestimiento cerámico	10
II	Grupos de absorción de agua	12
III	Método de fabricación con el grupo de absorción de agua	12
IV	Clases de resistencia a la abrasión	13
V	Usos recomendados por la clase abrasión	14
VI	Niveles de resistencia a manchas	15
VII	Niveles de resistencia química	15
VIII	Normas internacionales para morteros adhesivos	22
IX	Requisitos para morteros adhesivos de revestimientos cerámicos	39
X	Tamaño de la muestra	41
XI	Cantidad de envases	43
XII	Discrepancias en el contenido	43
XIII	Datos de ensayo de pérdida por calentamiento mortero A	71
XIV	Datos de ensayo de tamizado mortero A	71
XV	Datos de ensayo de adherencia mortero A	71
XVI	Datos de ensayo de deslizamiento mortero A	72
XVII	Datos de ensayo de tiempo de corrección mortero A	72
XVIII	Datos de ensayo de tiempo abierto mortero A	72
XIX	Datos de ensayo a compresión mortero A	73
XX	Datos de ensayo a tensión mortero A	73
XXI	Datos de ensayo de pérdida por calentamiento mortero B	74
XXII	Datos de ensayo de tamizado mortero B	74
XXIII	Datos de ensayo de adherencia mortero B	74
XXIV	Datos de ensayo de deslizamiento mortero B	75
XXV	Datos de ensayo de tiempo de corrección mortero B	75
XXVI	Datos de ensayo de tiempo abierto mortero B	75
XXVII	Datos de ensayo a compresión mortero B	76

XXVIII Datos de ensayo a tensión mortero B	76
XXIX Requisitos tiempo de corrección	90

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área de contacto entre mortero y probeta expresada en mm^2 .
ABTN	Asociación Brasileña de Normas Técnicas
ANSI	Institución Americana Nacional de Estándares
ASTM	Sociedad Americana de Ensayos y Materiales
B	Nivel de resistencia química media
BS	Estándares de Gran Bretaña
C	Nivel de resistencia química baja
C1	Morteros adhesivos estándares
C2	Morteros adhesivos elásticos
CEN	Comité Europeo de Normalización
C%	Cantidad porcentual de mortero
DIN	Institución Alemana de Estándares
EN	Normas Europeas
g	Gramo
GL	Revestimiento cerámico esmaltado
H	Ácidos alta concentración
ISO	Organización Internacional de Estandarización
L	Álcalis baja concentración
m1	Masa de la muestra expresada en gramos
m2	Masa después del secado expresada en gramos
ma	Masa total del material expresada en gramos
mm^2	Milímetro cuadrado
mr	Masa retenida en determinado tamiz expresada en gramos
N	Newton
Nu	Número de cuadros que permanecen con mortero
P	Pérdida por calentamiento expresada en gramos

PEI	Resistencia del revestimiento cerámico a la abrasión superficial
Q	Carga en el momento de despegue expresada en N
Qd	Carga de despegue expresada en N
R	Retención en el tamiz correspondiente expresada en gramos
UGL	Revestimiento cerámico no esmaltado
σ_{ad}	Resistencia al despegue para ensayo de adherencia expresada en N/mm^2

GLOSARIO

Abrasión	Es la acción y efecto de desgastar por fricción.
Absorción	Proceso por el cual un líquido es arrastrado dentro de un cuerpo sólido poroso, y tiende a llenar los poros permeables del mismo.
Agente hidrofóbico	Polvo polimérico que se agrega al mortero para mejorar la permeabilidad.
Bicocción	Proceso de fabricación de revestimientos cerámicos por dos cocciones.
<i>Clinker</i>	Material gris oscuro obtenido de la molienda y cocción de arcilla y caliza.
<i>Glazed</i>	Es el tipo de revestimiento cerámico esmaltado.
Gres porcelánico	Denominación generalizada de las baldosas cerámicas de muy baja absorción de agua, prensadas en seco y no esmaltadas.
Llana dentada	Herramienta con dientes empleada para ranurado del adhesivo extendido sobre la superficie de aplicación.
Monococción	Proceso de fabricación de revestimientos cerámicos por única cocción.
Pavimento	Superficie para instalación de revestimiento cerámico,

flotante	compuesta de capa de deslizamiento y capa de regularización o nivelación.
Plaster	En la construcción son muros enlucidos con yeso.
Polvo redispersable	Ligante polimerico que se añade a los morteros secos para mejorar sus propiedades.
Quarry	Piedra natural extraída de la cantera.
Revestimientos cerámicos	Son placas de poco espesor, esmaltadas y no esmaltadas fabricadas a partir de arcillas cocidas a temperaturas suficientes, para revestir suelos y paredes.
Tablayeso	Panel constituido por dos capas de cartón, y su intermedio por yeso.
Tiempo abierto	Periodo de tiempo que transcurre desde que el adhesivo se ha extendido sobre la superficie, hasta que quede adherido en no menos del 50% de la superficie del revestimiento.
Tiempo de corrección	Tiempo desde que se asienta la pieza de revestimiento sobre el adhesivo extendido, logrando desplazarla sin pérdida de adherencia.
Tortus	Nombre que recibe el ensayo para medir la resistencia antideslizante del revestimiento cerámico.
Unglased	Es el tipo de revestimiento cerámico no esmaltado.

RESUMEN

Se desarrolla el estudio sobre los revestimientos cerámicos su historia, evolución y aplicaciones para el periodo vigente; dentro de la evolución se encuentran los métodos y procesos de fabricación; describiendo las propiedades, ventajas y funciones de estos, luego se presenta la elección del revestimiento cerámico para el medio donde se aplicará en función de las características del espacio; interiores, exteriores, residencias, edificios, etc.; después se describen sus características técnicas, así como normas que deben cumplir y la clasificación de acuerdo con éstas.

Se presenta el estudio detallado de los morteros adhesivos para revestimientos cerámicos; como han evolucionado desde sus primeras utilidades hasta el presente; describiendo los tipos, características, superficies de aplicación, composición, utilización; luego se presentan las técnicas de colocación de revestimientos cerámicos, la tradicional o de capa gruesa y la técnica de capa fina ejecutada con morteros adhesivos; incluyendo el método de colocación para cada caso específico.

Finalmente se describen las normas aplicables a los ensayos, en los morteros adhesivos A y B, determinando la capacidad de deformación, plasticidad, durabilidad, eficacia, capacidad de absorber esfuerzos a tensión, compresión y adherencia, tiempo de corrección, tiempo abierto, deslizamientos, etc. Evaluando los resultados de cada ensayo realizado y presentando las conclusiones obtenidas

OBJETIVOS

◆ **General**

Presentar al estudiante y al profesional de la ingeniería, la metodología para realizar ensayos de laboratorio para evaluar los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos que se están utilizando con gran frecuencia en la industria de la construcción.

◆ **Específicos**

1. Dar a conocer los distintos tipos de revestimientos cerámicos y morteros adhesivos de revestimiento cerámicos, técnicas y métodos de colocación y aplicación, tipos, clasificaciones, normas y requisitos que deben cumplir.
2. Proporcionar una metodología específica para la realización de ensayos de laboratorio, y así poder evaluar los distintos morteros adhesivos de revestimientos cerámicos.
3. Establecer los parámetros y requisitos mínimos que debe tener un mortero adhesivo de revestimiento cerámico para poderlo utilizar con confianza al momento de la instalación del piso cerámico y azulejos.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se describirá de manera precisa los revestimientos cerámicos, su historia, tipología, características, métodos y procesos de fabricación; propiedades y ventajas, funciones, clasificaciones y normas internacionales que deben de cumplir.

Luego se procederá a definir los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos, su desarrollo histórico; tipos de morteros adhesivos estándares, elásticos, y clasificaciones dentro de cada tipo, además de recomendar el tipo de revestimiento cerámico que es el adecuado para cada uno de los tipos de mortero adhesivos; composición, características; técnicas y métodos de aplicación y colocación de los morteros adhesivos para cada tipo de superficie donde serán utilizados.

Lo más importante es la descripción detallada de los diferentes ensayos de laboratorio para morteros adhesivos de revestimientos cerámicos, la metodología se divide en: ensayos con mortero adhesivo en seco y ensayos con mortero adhesivo preparado. Además de presentar los morteros adhesivos A y B, que fueron evaluados en la realización de los ensayos de laboratorio.

Para el estudio de cada ensayo se utilizó normas internacionales, adaptándolas para el medio nacional, dichas normativas presentan procedimientos y especificaciones para poder evaluar los materiales utilizados, se definirá la metodología del uso del adhesivo, detallando herramientas y explicando los términos técnicos de uso común.

1. REVESTIMIENTOS CERÁMICOS

1.1 Historia de la evolución de los revestimientos cerámicos

La historia de los revestimientos cerámicos se remonta hace siglos, teniendo su origen perdido entre el oriente (China) y oriente medio (Turquía). A pesar de que la tecnología en decoración era avanzada para la época, su producción aún era artesanal.

Por muchos siglos el revestimiento cerámico fue sinónimo de producto lujoso, usado en el piso y pared de las casas de personas ricas. Después de la II Guerra Mundial, la producción de cerámica (lajotas y azulejos) presentó un considerable desarrollo industrial con el advenimiento de las técnicas de producción. La posibilidad de producir en escala industrial bajó los precios y los tornó accesible a gran parte de la población

En la etapa inicial de este periodo, los revestimientos cerámicos fueron usados principalmente para satisfacer necesidades funcionales, como por ejemplo higiene y facilidad de limpieza y, de esa manera, empleado en baños y cocinas. La industria cerámica ha evolucionado con rapidez, desarrollando nuevos materiales que ampliaron considerablemente las opciones y tipos de revestimiento disponibles.

Como resultado, la cerámica gradualmente pasó a ser una opción para otros ambientes domésticos, como salas de estar, recibidores y dormitorios, y como un material utilizado en la construcción.

1.2 Tipología de los revestimientos cerámicos

Las baldosas cerámicas son placas de poco espesor, generalmente utilizadas para revestimiento de suelos y paredes. Se fabrican a partir de composiciones de arcillas, sílice, fundentes, colorantes y otras materias primas inorgánicas, que se someten a molturación y/o amasado, se moldean y seguidamente son secadas y cocidas a temperatura suficiente para que adquieran con carácter estable las propiedades requeridas.

Las baldosas cerámicas pueden ser no esmaltadas (UGL) o esmaltadas (GL). Las primeras se someten a una cocción única, las segundas reciben una cubierta vitrificable entre una primera y una segunda cocción (bicocción) o antes de la única cocción (monococción).

Las arcillas utilizadas en la composición del soporte pueden ser de cocción roja o bien de cocción blanca. Las baldosas, tanto de pavimento como de revestimiento de paredes, son piezas cerámicas impermeables que están constituidas normalmente por un soporte arcilloso y un recubrimiento vítreo: el esmalte cerámico.

1.3 Métodos y procesos de fabricación de los revestimientos cerámicos

La fabricación de revestimientos cerámicos ha experimentado cambios considerables y continuos en los últimos años. Los revestimientos cerámicos para pared son normalmente porosos, lo que favorece la adherencia a la pared. En cambio los revestimientos cerámicos para suelos poseen una porosidad baja, inferior al 3 por ciento frente a la absorción de agua, con lo que se consiguen mejores características técnicas.

Tradicionalmente el azulejo ha sido fabricado siguiendo métodos diferentes y mediante un proceso prácticamente manual. A partir de los años sesenta, se ha ido automatizando y los métodos se han unificado bastante, siendo los dos métodos más utilizados en la manufactura del revestimiento cerámico, los siguientes:

- **Método de prensado en polvo:** por medio de este método el material crudo, después de haber sido molido, mezclado y humectado, es prensado en la forma deseada por medio de compresión en prensa hidráulica. Las piezas son entonces, esmaltadas y pasadas a un horno. Las temperaturas de cocción llegan hasta 1,250°C. El resultante es una pieza dura de arcilla con vidriado.
- **Método de extrusión:** el método de extrusión consiste en forzar la arcilla cruda, maleable, a través de un dado. La pieza resultante es, cortada en tamaños uniformes y horneada a la dureza deseada. La mayoría de pisos tipo *quarry*, *klinker* y terracota, son formados de esta manera..

El revestimiento cerámico puede ser formado a mano para obtener una apariencia rústica, moldeado para crear un bajo relieve o una decoración por incisión. Se puede hornear hasta tres veces para obtener efectos decorativos especiales.

Términos que se refieren a la forma como el revestimiento cerámico está formado. Pudiendo continuar la fabricación de dos formas distintas:

- **Por proceso de bicocción:** en este proceso, la pasta prensada se quema para formar la base llamada también galleta y posteriormente se aplica el esmalte sobre ésta y se cuece nuevamente para dar el acabado final.

- **Por proceso de monococción:** en este proceso el esmalte se aplica directamente sobre la pasta prensada y cruda, ambas se queman simultáneamente para dar el acabado final.

Durante muchos años ha existido la controversia acerca de cuál de los dos métodos es mejor. En realidad, teniendo la formulación adecuada tanto del cuerpo como del esmalte, y observando un rígido control de todas las etapas de fabricación, es posible producir un buen revestimiento cerámico con cualquiera de los dos métodos.

1.4 Propiedades de los revestimientos cerámicos

La utilización del azulejo como elemento de la construcción se está generalizando por todo el mundo. Hoy día ya no sólo se usan en países donde por razones históricas se aplicaban de una forma generalizada, sino que también otras culturas comienzan a descubrir sus ventajas.

1.4.1 Producto natural

Los pavimentos y revestimientos cerámicos son piezas impermeables constituidas por un soporte de naturaleza arcillosa, con o sin un recubrimiento esencialmente vítreo: el esmalte cerámico. Las materias primas que lo forman provienen de la tierra que, junto al agua y el fuego de cocción, componen un producto natural y de alta calidad.

Gracias a la utilización de estos materiales y el alto desarrollo tecnológico, hoy día existe una amplia oferta de productos cerámicos que ofrecen muchas ventajas. Todo ello, sólo con la utilización de tres elementos básicos del medio ambiente: la tierra o la arcilla, el agua y el fuego.

1.4.2 Fácil de limpiar

La cerámica se caracteriza por su alta facilidad de limpieza, su baja capacidad de preservación de la suciedad y de cualquier tipo de contaminación.

La limpieza se realiza con facilidad simplemente con un paño húmedo y, si la superficie presenta suciedad o grasa, se pueden añadir agentes de limpieza como detergentes o lejías. La naturaleza de la superficie cerámica evita cualquier fenómeno de adherencia y las grasas se pueden eliminar con gran facilidad. Gracias a ello, hoy en día se ha generalizado su uso en los baños, cocinas, hospitales, laboratorios, piscinas, instalaciones industriales, donde su uso evita la generación de suciedad y olores.

Por otro lado, su capacidad de aislante eléctrico, repercute en que los recubrimientos cerámicos eviten la captación del polvo ambiental eléctricamente activo, con ello contribuyen al bienestar.

1.4.3 Higiénico y antialérgico

La capacidad del recubrimiento cerámico de prevenir la humedad, evita el desarrollo de colonias de gérmenes y hongos, que se generan con facilidad en construcciones donde la permeabilización es deficiente.

La acción de estos organismos sobre algunos recubrimientos no cerámicos es progresiva y pueden ocasionar manchas en su superficie y deterioro de su interior. Por otra parte, por razones higiénicas, siempre hay que evitarse que estos agentes prosperen.

Por ello, también se ha extendido su utilización en donde el uso del agua es continuado como en baños, cocinas, instalaciones industriales, laboratorios, piscinas, fachadas.

1.4.4 Instalación definitiva

Los recubrimientos cerámicos no necesitan ningún mantenimiento después de su puesta en obra, excepto las normales operaciones de limpieza. Su resistencia a los cambios bruscos de temperatura, a los agentes químicos y biológicos, su dureza, resistencia al rozamiento, repercute en su gran durabilidad en las edificaciones. Una nueva instalación de azulejos puede permanecer intocable en cualquier lugar. Por ello se ha proliferado su utilización en todos los lugares, destacando en las fachadas, en los espacios públicos, centros comerciales, paseos y avenidas. También su incombustibilidad evita la propagación de incendios.

1.4.5 Inerte

Su carácter inerte, es decir, que repele cualquier posibilidad de vida biológica, evita la degradación del medio ambiente, pues el barro o la arcilla, una vez pasada la fase de cocción, adquiere la misma propiedad que la piedra o elementos de la naturaleza similares.

1.5 Elección de revestimientos cerámicos

En la elección de un revestimiento adecuado es imprescindible conocer el medio donde se aplicará. En función de las características del espacio tendremos en cuenta determinadas características técnicas:

1.5.1 Revestimientos exteriores

Revestimientos cerámicos de paredes exteriores expuestos a la intemperie. Se les suele exigir un nivel bajo de prestaciones mecánicas. Junto a una exigible facilidad de limpieza, hay que considerar en cada caso el nivel de resistencia a los agentes químicos en función de la ubicación (contaminación, zonas limítrofes con el mar).

Debemos considerar los cambios bruscos de temperatura o ciclos de helada (se recomienda gresificados vidriados o sin vidriar).

La moderna tecnología de puesta en obra, incluidos los diferentes sistemas de sujeción mecánica y la prefabricación, permiten colocarlo en cualquier lugar.

1.5.2 Baldosas para revestimientos de cubiertas

Elemento acorde con las exigencias arquitectónicas que permite un buen acabado gracias a los sistemas completos de piezas. Características similares a los revestimientos exteriores.

1.5.3 Construcción residencial, baños y cocinas

Condiciones higiénicas y facilidad de limpieza. Requiere prestaciones medias altas por los cambios de temperatura regulares y por los agentes químicos y detergentes; además una buena resistencia mecánica.

1.5.4 Edificios comerciales e industriales

Locales y galerías comerciales, bares y restaurantes, bancos, instalaciones deportivas, aeropuertos y estaciones, hospitales y laboratorio.

El denominador común es la actividad intensa y con ellos un nivel alto o muy alto de exposición a las acciones y agentes de naturaleza mecánica, física y química.

1.5.5 Equipamiento urbano

Se utiliza en parques y plazas, en zócalos exteriores y cerramientos, bancos de espacios públicos y conjuntos ornamentales, como fuentes, estanques o, en los que es usual utilizar azulejos tradiciones, de alto valor decorativo por sus colores y dibujos.

Hay que tener en cuenta los cambios de temperatura y prestar atención a la colocación sobre bases en las cuales se estanca el agua para evitar eflorescencias y cristalización de sales solubles que afectan su aspecto, pueden llegar a desprender el vidriado de la baldosa.

1.6 Funciones de los revestimientos cerámicos

El revestimiento cerámico tiene las funciones de:

- Proteger los elementos estructurales.
- Auxiliar en las losas y contrapisos en el cumplimiento de sus funciones:
 - Aislamiento térmico.
 - Seguridad al fuego.
 - Estanqueidad de agua y gases.
 - Regularizar la superficie de los elementos de las losas y contrapisos.
- Constituir en el acabado final, cumpliendo las exigencias de:
 - Estética.
 - Valorización económica.
 - Higiene, etc.

1.7 Características técnicas

Normas EN (Normas Europeas) para revestimientos cerámicos utilizados en suelos y paredes.

Tabla I. **Normas de ensayo para revestimiento cerámico**

Norma	Característica técnica
EN 99 ISO 10545 - 3	Absorción de agua
EN 101	Dureza superficial (escala MOHS)
EN 154 ISO 10545 - 7	Resistencia a la abrasión (PEI)
EN 102 ISO 10545 - 6	Resistencia a la abrasión. Baldosas no esmaltadas
EN 105 ISO 10545 - 11	Resistencia al cuarteo. Baldosas esmaltadas
EN 202 ISO 10545 - 12	Resistencia a la helada
EN 106 ISO 10545 - 13	Resistencia al ataque químico
ISO 10545 - 14	Resistencia a las manchas
Tortus	Resistencia antideslizante

Fuente: Comité Europeo de normalización.

1.8 Clasificación de revestimiento cerámico

De acuerdo con las normas EN y basado en las ISO 13006, los revestimientos cerámicos son clasificados por los siguientes criterios:

1.8.1 Tipo de superficie

- Esmaltadas (*glazed*) o codificadas con la sigla GL.
- No esmaltada (*unglazed*) o codificadas con la sigla UGL.

1.8.2 Método de fabricación

- Extrudadas - (A).
- Prensadas - (B).
- Otros - (C).

1.8.3 Grupos de absorción de agua

Son clasificados en tres grupos con división en sub-grupos como se muestra en tabla II:

Tabla II. Grupos de absorción de agua

Grupos	Absorción de agua (%)
Ia	0 a 0,5
Ib	0,5 a 3,0
IIa	3,0 a 6,0
IIb	6,0 a 10,0
III	arriba de 10,0

Fuente: Comité Europeo de normalización.

En la especificación de un revestimiento cerámico se debe conciliar el método de fabricación con el grupo de absorción de agua, como se muestra en la tabla III.

Tabla III. Método de fabricación con el grupo de absorción de agua

Absorción de agua (%)	Método de fabricación		
	Extrudado (A)	Prensado (B)	Otros (C)
Menor que 0,5	AI	Bia	CI
0,5 a 3,0	AI	Bib	CI
3,0 a 6,0	IIa	BIIa	CIIa
6,0 a 10,0	IIb	BIIb	CIIb
arriba de 10,0	III	BIII	CIII

Fuente: Comité Europeo de normalización.

Por ejemplo, el revestimiento cerámico clasificado como BIIa, es un revestimiento producido por el método de fabricación prensado (B). Si está clasificado en el segundo grupo de absorción de agua (II) y en el sub-grupo (a), es un revestimiento cerámico prensado y con absorción de agua de 3,0 a 6,0 por ciento.

1.8.4 Resistencia a la abrasión superficial

Son clasificados en 5 clases de resistencia conocidas como PEI.

Tabla IV. Clases de resistencia a la abrasión

Práctica de abrasión Nro. de ciclos para visualización	Clase de abrasión
100	PEI 0
150	PEI 1
600	PEI 2
750, 1500	PEI 3
2100, 6000, 12000	PEI 4
arriba de 12000	PEI 5

Fuente: Comité Europeo de Normalización.

Para cada clase de abrasión se recomienda el siguiente local de uso:

Tabla V. **Usos recomendados por la clase de abrasión**

Clase de abrasión	Local de uso recomendado
PEI 0	Paredes
PEI 1	Baños y cuartos residenciales
PEI 2	Dependencias residenciales sin vínculo con áreas externas
PEI 3	Todas las dependencias residenciales
PEI 4	Todas las dependencias residenciales y ambientes comerciales de tráfico medio
PEI 5	Todas las dependencias residenciales y ambientes comerciales de tráfico intenso

Fuente: Comité Europeo de normalización

1.8.5 Resistencia a las manchas, o a clases de limpieza

Esta clasificación indica la facilidad de remoción de manchas

Tabla VI. Niveles de resistencia a manchas

Nivel de resistencia	Descripción
Clase 5	Máxima facilidad de remoción de manchas.
Clase 4	Mancha amovible con producto de limpieza flaco.
Clase 3	Mancha amovible con producto de limpieza fuerte.
Clase 2	Mancha amovible con ácido clorhídrico, hidróxido de potasio y tricloroetileno.
Clase 1	Imposibilidad de remoción de manchas.

Fuente: Comité Europeo de normalización.

1.8.6 Resistencia al ataque de agentes químicos

Tabla VII. Niveles de resistencia química

Agentes químicos		Niveles de resistencia química		
		Alta(A)	Media(B)	Baja(C)
Ácidos	Alta concentración (H)	HA	HB	HC
Álcalis	Baja concentración(L)	LA	LB	LC
Productos domésticos y de piscinas		A	B	C

Fuente: Comité Europeo de normalización.

En la especificación de un revestimiento cerámico, se debe poner el tipo de revestimiento (esmaltado o no esmaltado) con concentración de los agentes químicos (alta = H o baja = L) y el nivel de resistencia química.

Por ejemplo: GLA

G = Esmaltado

L = Baja concentración

A = Alto nivel de resistencia química

1.8.7 Aspecto superficial o análisis visual

Las normas EN, clasifican los revestimientos cerámicos como producto de primera calidad cuando 95 por ciento de las piezas examinadas, o más, no presentan defectos visibles en la distancia padrón de observación (1,00 +/- 0,05 m de distancia de un panel de 1m² preparado por otra persona).

Algunos fabricantes clasifican los productos de primera calidad como productos de calidad A. Productos que no atienden a los criterios especificados por la que, son clasificados como de calidad C o D, y no poseen garantía técnica.

2. MORTEROS ADHESIVOS DE REVESTIMIENTOS CERÁMICOS

2.1 Desarrollo histórico de los morteros adhesivos para revestimientos cerámicos

El método de la capa fina ejecutados con morteros adhesivos secos cementosos para la colocación de cerámicos comenzó a aplicarse en Estados Unidos a comienzos de la década de los cincuenta.

Para ello se añadió al mortero mezclado en obra, un ligante polimérico en forma de dispersión líquida de látex. La producción de morteros secos poliméricos envasados en fábrica se hizo posible en 1953 con la invención, por parte de la química alemana *Wacker-Chemie GmbH*, de los polvos redispersables.

Esto permitió que al amasar con agua un producto que contiene polvos redispersables, se obtuviera un mortero polimérico cementoso de alta calidad; propiedades físicas y mecánicas bien definidas y constantes.

Los polvos redispersables son dispersiones atomizadas, que pueden añadirse fácilmente a los morteros secos para mejorar sus propiedades. Al mezclar el mortero con agua se reconstituye la dispersión original, actuando ésta en la misma forma que las dispersiones acuosas utilizadas con anterioridad en los morteros.

En comparación con las dispersiones acuosas, los polvos redispersables tienen como principales ventajas la eliminación del riesgo de errores de dosificación, la resistencia a las heladas y a las contaminaciones bacterianas, la simplicidad de almacenaje y eliminación de los envases, y la reducción de costos de transporte.

2.2 Tipos de morteros adhesivos para revestimientos cerámicos

El Comité Europeo de Normalización (CEN) regula en Europa los materiales utilizados para la colocación de pavimentos cerámicos y La Institución Americana Nacional de Estándares (ANSI) que regula en América los morteros de cemento para revestimientos cerámicos.

Clasifican los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos secos cementosos en dos grupos:

- Morteros adhesivos estándares (C1).
- Morteros adhesivos elásticos (C2).

2.2.1 Morteros adhesivos estándares

Los adhesivos estándares se clasifican en:

2.2.1.1 Adhesivos muy simples

Sin ligantes poliméricos; no satisfacen ningún tipo de normas. Su capacidad de adherencia es exclusivamente mecánica, limitando su uso a la fijación de azulejos muy pequeños y porosos sobre superficies porosas, estables, duras y muy minerales, no sometidos a contracciones o movimientos. Sirven sólo para aplicaciones interiores.

2.2.1.2 Adhesivos simples

Incorporan un bajo porcentaje de ligante polimérico en forma de polvos redispersables lo que mejora su adherencia; satisfaciendo pocas de las normas mínimas requeridas. Permiten fijar revestimientos cerámicos no porosos y azulejos de tamaño medio, incluso sobre superficies minerales menos porosas y estables dimensionalmente, en aplicaciones interiores y exteriores.

2.2.1.3 Adhesivos de alta calidad

Incorporan el porcentaje óptimo de ligante polimérico en forma de polvos redispersables lo que mejora su adherencia. Satisfacen las nuevas y más estrictas normas requeridas. Pueden utilizarse para fijar revestimientos cerámicos y azulejos grandes a superficies no porosas y/o inestables dimensionalmente, en aplicaciones interiores y exteriores, ofreciendo en los usos tradicionales gran seguridad y estabilidad a largo plazo.

2.2.2 Morteros adhesivos elásticos

Los adhesivos elásticos son morteros minerales poliméricos de gran eficacia, durabilidad, fiabilidad y seguridad, aplicables sobre todo tipo de superficies y que permiten la colocación de cerámicos de cualquier tamaño y composición. Sus formulaciones contienen un alto porcentaje de polvos redispersables y se utilizan para fijar los revestimientos cerámicos esmaltados y de gres porcelánico, ambos tipos de máxima vigencia actualmente (absorción de agua inferior a un 0,1 por ciento, que no permite un anclaje mecánico de la cal del cemento).

Con estos adhesivos es posible incluso fijar azulejos sobre:

- Superficies que van a estar sometidas a un cierto grado de contracción, inestabilidad dimensional o algún movimiento.
- Revestimientos de superficies con calefacción de piso.
- Revestimientos de azulejos antiguos.
- Superficies críticas, como el yeso, los tableros de madera aglomerada, y las planchas de aislación térmica y acústica.

2.3 Características de un mortero adhesivo

Las características de un mortero adhesivo deben ser:

- Fácil de mezclar
- Consistencia cremosa
- Fácil de aplica
- Tiempo abierto alto
- Tiempo de corrección alto
- Resistencia al deslizamiento
- Adecuado tacto
- Suficiente resistencia al esfuerzo a la tensión.

Los morteros adhesivos deben mezclarse con el porcentaje óptimo de agua que indique el fabricante, estos pueden estar de un 20 a 30 por ciento respecto al peso del mortero a utilizar.

2.4 Superficies de aplicación para un mortero adhesivo

Las superficies en donde puede ser aplicado el mortero adhesivo son:

- Concreto
- Estuco
- Ladrillos
- Azulejo sobre azulejo
- Madera
- Tablayeso
- Plaster
- Piso sobre piso

Estas superficies de aplicación deben estar especificadas por el fabricante del mortero adhesivo como superficie recomendable de aplicación para determinar así qué tipo de adhesivo se debe utilizar para cada caso en particular.

2.5 Composición de un mortero adhesivo

Un mortero adhesivo seco cementoso está compuesto por tres elementos principales:

- **Aglomerante**
 - cemento Portland tipo I gris o blanco
- **Agregados**
 - arena sílice
 - carbonato de calcio
 - dolomita

- **Aditivos**

- éteres celulósicos
- resina redispersable
- retardante de fraguado
- agentes hidrofóbicos
- plastificantes
- acelerantes
- inclusores de aire

2.6 Normas internacionales para morteros adhesivos de revestimientos cerámicos

Tabla VIII. Normas Internacionales para morteros adhesivos

País	Estándar	Título
Europa	UEATC/CEN	Fundamento para la fijación de azulejos de cerámica y adhesivos.
Alemania	DIN 18 156	Materiales para revestimientos cerámicos en el procedimiento de capa delgada de material adhesivo.
Gran Bretaña	BS 5980	Adhesivo para uso con azulejos de cerámica y mosaicos.
USA	ANSI 118	Especificaciones para la instalación de pega azulejos de cerámica.
Brasil	ABTN 18:406.04	Argamasa colante industrializada para asentamiento de placas de cerámica.

Fuente: Institución Americana nacional de estándares.

2.7 Utilización de los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos

La reducida porosidad de los nuevos tipos de azulejos, revestimientos cerámicos y de piedras naturales, la creciente preferencia hacia las unidades de mayores dimensiones, la gran diversidad de superficies que caracterizan actualmente a la industria de la construcción, como también la exigencia de métodos de fijación confiables, seguros, rápidos, eficientes y económicos, hacen imprescindible el uso de morteros adhesivos de revestimiento cerámicos de alta calidad.

La situación descrita ha propiciado que, en los países industrializados, la colocación de cerámicos con la tradicional técnica “de capa gruesa”, y uso de morteros de cemento mezclados en obra, se reemplace por la técnica “de capa fina” utilizando morteros adhesivos de alto rendimiento mezclados en seco y modificados con polímeros, que brindan una excelente adherencia y una satisfactoria capacidad de deformación o flexibilidad.

2.7.1 Técnica tradicional o de capa gruesa para colocar revestimiento cerámico

Hasta no hace mucho tiempo los adhesivos para colocar azulejos cerámicos eran de morteros corrientes de cemento Pórtland elaborados a pie de obra. Se recurría la llamada técnica de capa gruesa, aplicando una capa de 10 a 25 mm de mortero en el reverso de los azulejos previamente humedecidos y fijándolos luego a presión en la pared o en el suelo, también previamente humedecidos.

Estos morteros no ofrecen resistencia al deslizamiento, por lo que al trabajar sobre paredes exige una colocación de abajo hacia arriba usando una regla basal y separadores entre hiladas para mantener la horizontalidad y asegurar una separación uniforme entre los azulejos.

El método resulta efectivo para azulejos con elevada capacidad de absorción de agua y permiten la penetración de cierta cantidad de mortero en su reverso, consiguiéndose, por medio del cemento, un anclaje mecánico suficiente entre la pieza y superficie de la base.

El mecanismo no funciona con los nuevos tipos de azulejos cerámicos esmaltados y de gres porcelánico, los cuales presentan resistencias a la abrasión y durabilidad superiores, pero absorben muy poca agua. El hecho que se fabriquen habitualmente en formatos mayores dificulta aún más la colocación.

2.7.2 Técnica de capa fina para colocar revestimiento cerámico

En los países industrializados, el método anterior se reemplazó por la técnica de capa fina, ejecutados con morteros adhesivos secos cementosos, envasados en fábrica y aditivados con polvos redispersables poliméricos.

Después del amasado con agua, el mortero adhesivo se extiende con una llana dentada sobre una amplia superficie a recubrir. El espesor de la capa varía entre 2 y 6 mm dependiendo de la profundidad de los dientes de la llana (usualmente 6x6 mm), lo que determina un ahorro importante de material. Las excelentes propiedades de retención de agua que el polímero confiere a la capa de mortero evitan la humectación previa de los azulejos y la superficie, e incrementan considerablemente el tiempo abierto.

Las propiedades antidescuelgue inducidas por el polímero permiten, además, colocar los azulejos de arriba hacia abajo, sin necesidad de separadores y reglas básales.

Se reducen así significativamente los costos con productividades superiores, permitiéndose trabajos, considerando las más diversas superficies y materiales de revestimiento, bajo condiciones climatológicas dispares, y en ocasiones, extremas, ya que los polvos redispersables mejoran además la adherencia, la elasticidad y la trabajabilidad del adhesivo.

El factor clave es la formación de películas poliméricas o zonas de resina en la matriz del cemento fraguado. Estas zonas incrementan la cohesión interna del adhesivo, al crear un agarre adicional entre el cemento fraguado y el material de carga (normalmente arena silíceo), ya que la resistencia a la tracción del polímero, es superior a la del cemento. El anclaje físico entre revestimiento y mortero lo brinda el polímero mediante la resistencia adhesiva a la tracción que le otorga su contacto superficial con el azulejo (las películas poliméricas forman bisagras, que al deformarse acomodan y relajan el efecto de las fuerzas de *cizalle*).

2.8 Método de colocación del revestimiento cerámico por la técnica de capa fina

2.8.1 Método de colocaciones generales

- Preparación de la superficie limpiándola y verificando su planitud.
- Regularizar la superficie con un material compatible.
- Preparar el adhesivo según las indicaciones del fabricante verificando su homogeneidad y la inexistencia de grumos.

- En el caso del revestimiento cerámico se recomienda usar juntas de colocación (separadores).
- Se extiende el mortero adhesivo sobre el soporte y se ranura con una llana dentada según las recomendaciones del fabricante (en el caso del revestimiento, así como en el pavimento de gran formato, es necesario untar y ranurar el dorso de las piezas).
- Las piezas se pondrán ejerciendo una ligera presión manteniendo la junta de colocación (separadores) prevista.
- Realizar un batido enérgico pieza por pieza con una plancha de goma la cual se golpeará con un martillo de goma para conseguir un buen asentamiento.
- Para garantizar una buena adherencia se levantarán periódicamente las piezas para comprobar el macizado del adhesivo. Esto si fuese muy necesario su comprobación adhesiva del mortero.
- Limpiar todos los restos de adhesivo para un adecuado rejuntado.
- Para el relleno de las juntas se debe esperar al menos 24 horas después de terminada la instalación.
- Limpiar las juntas antes de que se endurezca el material usando una esponja húmeda.

2.8.2 Método colocación en ambientes interiores y exteriores

- Realizar un estudio sobre las juntas perimetrales, de dilatación y de unión a realizar.
- Usar una junta de colocación de al menos 5mm y se recomienda interponer una capa de deslizamiento (pavimento flotante: capa de deslizamiento + capa de regularización).

- Es necesario tomar precauciones contra condiciones climáticas adversas que puedan afectar el fraguado del material (en ambientes exteriores no protegidos es necesario dar pendientes 1% - 2% para garantizar la evacuación de la lluvia).
- Utilizar como material de agarre un mortero adhesivo estándar de alta calidad flexible e impermeable y que no tengan retracción.
- Aplicación del mortero adhesivo tanto en el soporte como en la pieza de manera de lograr un perfecto macizado.
- El material para rejuntado debe tener características de gran adherencia a la cerámica y el soporte, que sea impermeable y altamente flexible.

2.8.3 Método colocación en suelo de cemento

- Preparación de la superficie limpiándola y verificando su planitud (en caso contrario aplicar una capa de nivelación). Es aconsejable la utilización del pavimento flotante (pavimento flotante: capa de deslizamiento + capa de regularización).
- Se continua con el método de colocaciones generales.

2.8.4 Método colocación sobre revestimiento cerámico viejo

- Se recomienda la utilización de pavimento flotante una vez eliminado al viejo pavimento.
- En caso de conservarlo, el revestimiento cerámico viejo se aplicará un tratamiento para quitar la suciedad y partes adheridas. Aplicar una capa de imprimación para mejorar la adherencia (en el caso de necesitarse aplicar una capa mortero para nivelar).
- Utilizar como material de agarre, mortero adhesivo elástico modificado recomendado para la instalación de piso sobre piso.

- Aplicación del mortero adhesivo tanto en el soporte como en la pieza de manera de lograr un perfecto macizado.
- El material para rejuntado debe tener características de gran adherencia a la cerámica y el soporte, que sea impermeable y altamente flexible.

2.8.5 Otros casos de colocaciones

2.8.5.1 Superficies revestidas con plástico

- Eliminar y trabajar con la superficie interior.
- Se continua con el método de colocaciones generales.

2.8.5.2 Superficies metálicas

- En el caso de óxido, se debe lijar la superficie hasta suprimirse en su totalidad.
- Se recomienda usar una capa de imprimación entre el soporte y el adhesivo.
- Los adhesivos a utilizarse deben ser de tipo elásticos recomendados para metales.

2.8.5.3 Superficies de madera

- Se necesita verificar que la estructura resiste el peso.
- Reparación de posibles elementos sueltos así como grietas.
- Se recomienda el uso de pavimento flotante: capa de deslizamiento sobre la madera, poniendo sobre ella una capa de nivelación de mortero con capa de refuerzo.
- Aplicar un adhesivo de agarre en capa fina del tipo mortero adhesivo elástico modificado recomendado para madera.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS MORTEROS ADHESIVOS DE REVESTIMIENTOS CERÁMICOS, QUE FUERON UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1 Descripción mortero adhesivo A

El mortero adhesivo “A” es un compuesto de cemento, minerales y agregados químicos de alta calidad dosificado en forma óptima para hacer de él un mortero adhesivo de alta eficiencia y calidad. Sus usos, la instalación de recubrimientos cerámicos y piedras naturales de alta y baja absorción de humedad.

- **Rango de aplicación**

Esta capacitado para realizar una serie de trabajos de alta exigencia en la instalación de:

- pisos cerámicos
- azulejos
- pisos de granito
- mármol
- porcelanato
- piedras naturales
- materiales traslúcidos

- **Presentación y rendimiento**

Se presenta en empaque de 3 capas de papel bond laminado de 20 kilos de peso neto, rindiendo de 3 m² a 5 m² en la instalación; éste puede variar dependiendo la superficie de aplicación, grosor de la aplicación y la capacidad del instalador.

3.1.1 Preparación y aplicación

Antes de aplicar asegurarse de que las superficies estén limpias, sólidas, niveladas y libres de polvo, grasas o sarros.

- **Mezclado:** verter una sola bolsa de mortero adhesivo “A” de 20 kilos en un recipiente limpio agregando 5 a 7 litros de agua y mezclar hasta tener la consistencia deseada en la pasta.
- **Aplicación:** se aplica utilizando una plancha de acero dentada (llana dentada), sobre la superficie, obteniendo un grosor adecuado a la pieza a instalar, utilizando un mazo de hule se golpean las piezas para llevarlas a su nivel.
- **Limpieza:** no permitir que el mortero adhesivo “A” se seque sobre la superficie de las piezas cerámicas, asegúrese de que las juntas estén totalmente vacías y limpias.
- **Medidas de seguridad:** usar guantes y lentes de seguridad, este material es alcalino al mezclarse. Evitar el contacto con los ojos y la piel.

3.2 Descripción mortero adhesivo B

El mortero adhesivo “B” es un adhesivo blanco o gris en polvo para la instalación de recubrimientos cerámicos y piedra naturales de baja absorción de humedad.

- **Rango de aplicación**

Esta capacitado para la instalación de:

- pisos cerámicos
- azulejos
- losetas extruidas
- pisos de barro
- mármol
- piedras naturales
- granito

- **Presentación y rendimiento**

Se presenta en empaque de 3 capas de papel bond laminado de 20 kilos de peso neto, rindiendo de 3.6 m² a 5.4 m², éste puede variar dependiendo la superficie de aplicación, grosor de la aplicación, y la capacidad del instalador.

3.2.1 Preparación y aplicación

Toda superficie de instalación deberá estar seca y firme, libre de polvo, aceite, grasa, pintura, cera, agentes de curado, desmoldantes o cualquier sustancia que pueda inferir con la acción adhesiva de este producto. No se debe aplicar en superficies de yeso.

- **Mezclado:** en un recipiente limpio verter 6 litros de agua fría, agregar gradualmente una bolsa de 20 kilos de mortero adhesivo “B” mezclar hasta obtener una pasta suave y sin grumos.

- **Aplicación:** aplicar una capa de adhesivo con el lado liso de la llana presionando sobre la superficie, enseguida aplicar más material y ranurar horizontalmente con la parte dentada de la llana.

No extender adhesivo en una superficie mayor a la que pueda ser cubierta con cerámica en 20 minutos. Proceder a colocar las piezas en su lugar; presionar o golpear suavemente las piezas para ajustar en su lugar con un mazo de hule.

- **Limpieza:** no permitir que el mortero adhesivo “B” se seque sobre la superficie de las piezas cerámicas, asegurarse de que las juntas estén totalmente vacías y limpias.

- **Medidas de seguridad:** usar guantes y lentes de seguridad, este material se adhiere a la piel y ojos si llega a secar.

4. NORMAS UTILIZADAS EN LOS ENSAYOS PARA MORTEROS ADHESIVOS DE REVESTIMIENTOS CERÁMICOS

4.1 Definiciones según ANSI A118.1

4.1.1 Objeto

Establecer las definiciones referentes a los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos.

4.1.2 Qué es un mortero adhesivo de revestimientos cerámicos

Está formado por materiales ligantes hidráulicos, agregados minerales con un tamaño de partícula no mayor de 1.5 mm y aditivos orgánicos. Se presenta como mezcla seca (polvo) que se empasta con agua antes de proceder a su empleo.

4.1.3 Aplicación de capa delgada

Procedimiento en el cual se emplean los morteros adhesivos, para la colocación de revestimientos cerámicos.

4.1.4 Superficie de aplicación

Aquella sobre la cual se coloca directamente el mortero adhesivo empastado. Será lo más lisa, continua y plana posible, y no presentará diferencias de la cota de nivel previsto mayores que 2 mm. Se denomina también base o base de aplicación.

4.1.5 Soporte de aplicación

Conjunto constructivo que es rematado, en su cara superior, por la superficie de aplicación.

4.1.6 Procedimiento de aplicación por ranurado

Es cuando la colocación se efectúa con una llana lisa para extender el adhesivo empastado sobre la superficie de aplicación, y otra dentada con la que se ranura la masa extendida. Así se consigue que la capa de adhesivo tenga el espesor uniforme deseado.

4.1.7 Procedimiento de aplicación por untado

Es aquel en que el mortero adhesivo se coloca sin ranurar, en el reverso de la pieza del revestimiento cerámico, y luego el conjunto se coloca sobre la superficie de aplicación.

4.1.8 Procedimiento combinado

Aquel en que la mezcla adhesiva se coloca sin ranurar, tanto sobre la superficie de aplicación como sobre el dorso de la pieza la que se coloca sobre la superficie de aplicación con la capa adhesiva extendida, antes que comience la formación de la piel.

4.1.9 Tecnología del uso del adhesivo

4.1.9.1 Llana dentada

Herramienta dentada que se emplea para el ranurado de la capa de adhesivo extendido sobre la superficie de aplicación y que permite dejar ranuras de profundidad uniforme para toda la superficie.

El tamaño de los dientes de la llana dentada varia según el procedimiento de trabajo, características de la superficie de aplicación (poco o muy poco absorbente), su planitud, características de la pieza de revestimiento, si la colocación es en vertical u horizontal, etc. Debe cuidarse que el dentado conserve sus medidas originales.

4.1.9.2 Adherencia

Fuerza en Newton que se necesita para despegar el revestimiento adherido con el adhesivo por tracción normal a la superficie de aplicación. La relación entre la adherencia y el área adherida es llamada resistencia al despegue, se expresa en N/mm^2 .

4.1.9.3 Agua de empaste

Cantidad de agua necesaria y suficiente para preparar la pasta del adhesivo, con una consistencia óptima para la aplicación (referida a la masa del material seco) expresada en cm^3 .

4.1.9.4 Tiempo de maduración

Transcurre desde la adición de agua al polvo hasta que la pasta se encuentra en condiciones de ser aplicada. Durante ese tiempo la mezcla adhesiva comienza a hidratarse y gelificarse antes del comienzo del fraguado del ligante hidráulico.

4.1.9.5 Tiempo abierto

Transcurre desde que el adhesivo se ha extendido sobre la superficie de aplicación hasta que quede adherido en no menos del 50 por ciento de la superficie del revestimiento colocado. Está limitado por la formación de piel (ver 4.1.9.7).

4.1.9.6 Tiempo de corrección

Transcurre desde el momento que se asienta una pieza de revestimiento sobre el adhesivo extendido, hasta que puede ser desplazada de su posición, sin pérdida apreciable de adherencia.

4.1.9.7 Formación de piel

Proceso por el cual en la superficie libre del adhesivo extendido, se forma una capa que disminuye la adhesividad superficial y limita el tiempo abierto. La capa se forma por evaporación de agua superficial y endurecimiento, a pesar que el interior de la masa continua en estado plástico y adherente.

4.1.9.8 Deslizamiento

Corrimiento de las piezas colocadas sobre el adhesivo extendido en planos perpendiculares y/o inclinados respecto a la horizontal por efecto del propio peso.

4.1.9.9 Rendimiento

Cantidad en masa de polvo del adhesivo que una vez empastado podrá ser extendido en la superficie de 1 m², produciendo una adhesión satisfactoria. El rendimiento depende de la composición del adhesivo, del estado de la superficie de aplicación, y del tamaño de los dientes de la llana dentada.

Este valor lo da normalmente el fabricante, haciendo mención al tipo de llana usada y ángulo de inclinación de la llana durante el extendido de la mezcla adhesiva.

4.2 Requisitos según ANSI A118.1

4.2.1 Objeto

Establecer los requisitos que deben cumplir los morteros adhesivos, agregados y aditivos de aplicación en capa delgada, para la colocación de revestimientos cerámicos de pisos y paredes.

Para climas fríos, donde las temperaturas mínimas promedio sean aproximadas a 0°C, para altas temperaturas mayores que 50°C, y para ambientes agresivos se recomienda consultar con el fabricante.

4.2.2 Alcance

Comprende a las mezclas adhesivas preelaboradas, en polvo, para ser empastadas únicamente con agua.

4.2.3 Condiciones generales

El producto se presentará, a simple vista, como un polvo seco, libre de terrones compactos y materiales extraños.

4.2.4 Requisitos

El producto cumplirá con los requisitos indicados en la tabla IX.

Tabla IX. **Requisitos para morteros adhesivos de revestimientos cerámicos**

Ensayo		Unidad	Mínimo	Máximo
Pérdida por calentamiento a 110°C ± 5°C		g/100 g	---	0.5
Tamizado	Retención en tamiz No 16 (1.19 mm)	g/100 g	---	0.0
	Retención en tamiz No 20 (0.833mm)		---	1.0
Adherencia (en las condiciones de ensayo indicadas)		N/mm ²	0.4	---
Deslizamiento		mm	---	2
Tiempo de corrección (probetas que cumplen sobre 4 ensayadas)	A los 20 minutos.	---	3	---
	A los 25 minutos.		2	---
	A los 30 minutos.		1	---
Tiempo abierto		minutos	15	---

Fuente: Institución Americana nacional de estándares.

4.3 Ensayos con mortero adhesivo en seco

4.3.1 Inspección y recepción según ANSI A118.1

4.3.1.1 Objeto

Establecer el método de muestreo y de preparación de las muestras para análisis y las condiciones de aceptación y rechazo aplicables a morteros adhesivos de revestimientos cerámicos.

4.3.1.2 Muestreo

4.3.1.2.1 Extracción de la muestra

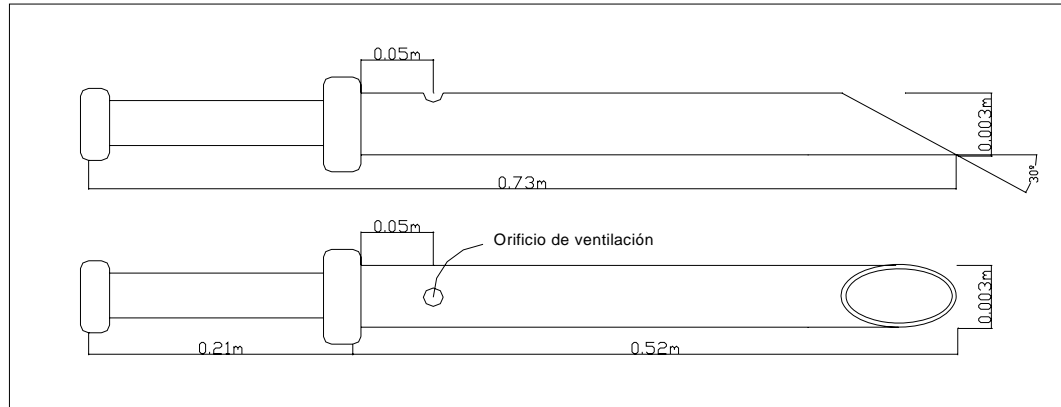
A efecto de lograr una mayor facilidad y representatividad en el muestreo, se recomienda tomar las muestras en el momento de la recepción.

4.3.1.2.1.1 Productos en bolsa

Para extraer muestras de bolsas se empleará un tubo saca muestras (figura No.1) que posee las características siguientes:

- a) Sección circular y diámetro exterior de, aproximadamente, 30 mm;
- b) Uno de los extremos estará obturado con un taco de madera dura que a la vez servirá como mango;
- c) El otro extremo estará cortado de modo que la sección forme un ángulo de, aproximadamente, 30° con el eje del tubo;
- d) A 50 mm del extremo obturado, tendrá un orificio de ventilación de un diámetro aproximado de 1.5 mm, practicado normalmente al eje.

Figura 1. **Tubo saca muestras para bolsas**



Fuente: Institución Americana nacional de estándares.

Se agruparan los envases pertenecientes a un mismo lote y se extraerán el número de bolsas indicado en la tabla X.

Tabla X. **Tamaño de la muestra**

Tamaño del lote (bolsas)	Tamaño de muestra (bolsas)
Hasta 90	5
91 a 150	8
151 a 280	13
281 a 500	20
501 o' más	32

Fuente: Institución Americana nacional de estándares.

De cada bolsa se tomará una cantidad igual de material, a manera de obtener un total de aproximadamente 50 kg a 75 kg. En el caso de lotes de tamaño pequeño y envases unitarios pequeños, se emplearan sus contenidos totales o, de ser necesario, se extraerán envases adicionales.

La extracción se realizará con el tubo saca muestras que se introducirá por la boca de carga.

4.3.1.2.1.2 Método alternativo

Se preparará la muestra, volcando el contenido correspondiente de cada bolsa, extraído según tabla X, sobre una superficie limpia y seca.

4.3.1.3 Preparación de las muestras para ensayos

Se mezclará íntimamente el conjunto de las muestras parciales sobre una superficie limpia y seca, y se dividirá en fracciones de 7 kg o más cada una, separándose tres muestras iguales, que se envasarán por separado, protegiéndolas de la humedad.

Estos envases se presentarán debidamente y constituirán las muestras destinadas a los ensayos para ambas partes y la muestra reservada para casos de discrepancia que quedará en poder del comprador.

Todos los ensayos y determinaciones se efectuarán utilizando la muestra tal como llega al laboratorio, luego de eliminar del envase una capa superficial de 1 cm a 2 cm de espesor.

4.3.1.4 Aceptación o rechazo

4.3.1.4.1 Inspección visual

En el momento de la recepción, se verificarán en las bolsas o envases de un mismo lote si cumplen con las exigencias de marcado, rotulado y peso, rechazándose individualmente las bolsas que no cumplan. Si más del 10 por ciento de las bolsas del lote no cumpliera con los requisitos, o estuviera dañado por el transporte o la humedad se rechazará el lote.

4.3.1.4.2 Productos en bolsa

De cada lote que cumpla con la inspección visual, se extraerá la cantidad de envases que se indican en la tabla XI .

Tabla XI. **Cantidad de envases**

Tamaño del lote	Tamaño de la muestra	Número de envases con error en defecto	
		Criterios de aceptación	Criterios de rechazo
50 a 90	13	1	2
91 a 150	20	1	2
151 a 280	32	2	3
281 a 500	50	3	4
501 a 1200	80	5	6
1201 a 3200	125	7	8
3201 y más	200	10	11

Fuente: Institución Americana nacional de estándares.

La discrepancia en el contenido neto de cada envase se indica en la tabla XII.

Tabla XII. **Discrepancias en el contenido**

Contenido neto (gramos)	Discrepancias en menos (%)
5000	- 4.0
10000	- 2.5
30000	- 1.5
50000	- 1.5

Fuente: Institución Americana nacional de estándares.

El lote será rechazado si el contenido no cumple con lo indicado en tabla XI y tabla XII.

4.3.1.4.3 Condiciones generales y requisitos

- Si al efectuar las determinaciones y ensayos de laboratorio, se obtuvieran resultados satisfactorios, se aceptará el lote.
- Si al efectuar las determinaciones y ensayos de laboratorio se obtuvieran resultados que no cumplen con los requisitos establecidos en la sección 4.2 se rechazará el lote correspondiente.

4.3.2 Ensayo de determinación de la pérdida por calentamiento a 110°C según ANSI A118.1

4.3.2.1 Objeto

Establecer el método de ensayo de determinación de la pérdida por calentamiento, a 110°C, de los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos.

4.3.2.2 Instrumental

- Estufa u horno, capaz de mantener la temperatura a 110°C \pm 5°C.
- Vaso o recipiente de diámetro tal que los 10 g de muestra por ensayar formen, en su interior, una capa de aproximadamente 3mm de espesor.
- Balanza, que permita pesar asegurando al miligramo.

4.3.2.3 Procedimiento

El ensayo se realizará por duplicado:

- Se pesan asegurando al miligramo, 10.0 g \pm 0.5 g de muestra en polvo (m1), empleando el vaso o recipiente tarado.
- Se introducen en la estufa u horno a 110°C \pm 5°C durante 3 horas, se deja enfriar en desecador como mínimo 30 minutos y se pesa asegurando el miligramo (m2).

4.3.2.4 Cálculos

Se calcula la pérdida por calentamiento de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$P = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \times 100$$

siendo:

P = la pérdida por calentamiento, expresada con dos cifras decimales en gramos por 100 gramos.

m₁ = la masa de la muestra, en gramos;

m₂ = la masa después del secado, en gramos.

Si ambos resultados difieren en menos de 0.1 g/100g, se promedian. En caso contrario deben efectuarse nuevos ensayos.

4.3.2.5 Informe

Se informará:

- a) El método de ensayo empleado, y referencias;
- b) La identificación de la muestra;
- c) Los valores individuales;
- d) El promedio de los dos valores individuales considerados válidos;
- e) Cualquier otra indicación que se considere de interés o hecho destacable.

4.3.3 Ensayo de tamizado según ANSI A118.1

4.3.3.1 Objeto

Establecer el método de ensayo de tamizado de los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos.

Este ensayo representa la cantidad de partículas mayores que 0.833 mm, (tamiz No 20) que pueden ocasionar dificultades en el empleo del mortero adhesivo de revestimiento cerámico.

4.3.3.2 Instrumental

- Juego de tamices que contenga los siguientes números; No 8 (2.38 mm), No 16 (1.19 mm), No 20 (0.833 mm), No 30 (0.600 mm);
- Balanza, que permita pesar asegurando al miligramo.

4.3.3.3 Procedimiento

El ensayo se realizará por duplicado.

- a) Se pesan, asegurando el miligramo, $200 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ de material.
- b) Se arma el juego de tamices con su tapa y fondo. Se coloca la carga en el tamiz superior, de mayor tamaño de abertura y se tamiza como se indica en los párrafos siguientes.
- c) El juego de tamices de ensayo se toma en una mano o se coloca en forma suelta contra un brazo y se golpea con un ritmo de 120 veces por minuto con la otra mano, inclinándolo de 10° a 20° respecto a la vertical.
- d) Cada 30 golpes, se coloca el juego de tamices de ensayo en posición horizontal, se gira 90° y se golpea energéticamente con la mano, se efectúa posteriormente una sacudida vertical.

- e) Se repite el procedimiento indicado en c y d, tres veces más, descartando la fracción de material que pasa.
- f) Se pesa, asegurando al miligramo, descartándose la fracción de material que pasa. Se repite todo el procedimiento de tamizado hasta que la fracción que pasa sea menor que 0.1 g / 100 g.
- g) Se pesa el retenido en cada uno de los tamices indicados.

4.3.3.4 Cálculos

Se calcula la retención en cada tamiz, mediante la fórmula siguiente:

$$R = \left(\frac{m_r}{m_a} \right) \times 100$$

Siendo:

R = la retención en el tamiz correspondiente, expresada con dos cifras decimales en gramos por cien gramos;

m_r = la masa retenida en dicho tamiz, en gramos;

m_a = la masa total de material para el ensayo en gramos.

4.3.3.5 Informe

Se informará:

- El retenido sobre tamiz No 16 (1.19 mm);
- El retenido acumulado sobre tamiz No 20 (0.833 mm).

4.4 Ensayos con mortero adhesivo preparado

4.4.1 Preparación del mortero adhesivo para ensayos según ANSI A118.1

4.4.1.1 Objeto

Establecer el método de preparación del mortero, para el ensayo de morteros adhesivos de revestimientos cerámicos.

4.4.1.2 Condiciones ambientales de la sala de ensayos

La sala de ensayos debe presentar una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\% \pm 5\%$ de humedad relativa ambiente y protegiendo las probetas de las corrientes de aire.

4.4.1.3 Preparación del mortero

La preparación del mortero adhesivo para ensayos físicos y mecánicos, será la mezcla de mortero adhesivo seco y la cantidad de agua necesaria para mezclar el mortero adhesivo, la cual debe ser indicada por el fabricante en unidades de peso de agua en relación al mortero adhesivo seco.

4.4.1.4 Instrumental

- Mezcladora a velocidad lenta.
- Balanza, que permita pesar asegurando al miligramo.
- Agua para análisis.

4.4.1.5 Procedimiento

- a) Pesar como mínimo 1.5 kg de mortero adhesivo seco.
- b) Medir el volumen o pesar la masa de agua para mezclado de acuerdo con las indicaciones del fabricante.
- c) Verter el agua en el fondo del recipiente de mezclado.
- d) Colocar el mortero adhesivo seco sobre el agua de mezclado en forma continua en un periodo de 30 segundos.
- e) Se mezcla durante 30 segundos, a velocidad lenta.
- f) Se quita la paleta de mezclado.
- g) Con la ayuda de una espátula se incorpora a la masa de mortero, en un lapso de 30 segundos, el material adherido a la paleta de mezclado y al borde del recipiente.
- h) Se reubica la paleta de mezclado y se mezcla 30 segundos, a velocidad lenta.
- i) Se deja en reposo 15 minutos.
- j) Se mezcla 15 segundos, a velocidad lenta.

Este mortero de no usarse inmediatamente, se cubrirá el recipiente que lo contenga con un trapo húmedo, de modo que no moje la muestra, hasta un máximo de 30 minutos después de terminado el procedimiento de preparación del mortero.

4.4.2 Ensayo de adherencia según ANSI A118.1

4.4.2.1 Objeto

Establecer el método de determinación de la adherencia de los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos.

4.4.2.2 Instrumental y elementos

- Aparato para determinar la resistencia a la tracción.
- Balanza, que permita pesar asegurando al miligramo.
- Llana dentada.
- Placas de concreto.

4.4.2.2.1 Aparato para determinar la resistencia a la tracción

Aparato con una velocidad tal que el incremento de la carga durante el ensayo, sea aproximadamente 100 N/s (\approx 10 kgf/s). Tendrá una capacidad de carga mayor o igual que 5,000 N, con un dispositivo que permita retener el valor del máximo de carga aplicada y con diferencia de cota de nivel no mayor que 0.5 mm.

4.4.2.2.2 Placas de concreto

Las placas de concreto serán utilizadas para adherir sobre ellas las probetas, de revestimientos cerámicos. Placas de concreto para ensayo de adherencia de 10 cm x 10 cm x 4 cm; para los demás ensayos se utilizarán placas de 50cm x 25 cm x 4cm con las características siguientes:

4.4.2.2.1 Dosificación del concreto

Será por metro cúbico, la siguiente:

Cemento Pórtland tipo I	400 kg
Agua	180 kg
Agregados	<u>1,775 kg</u>
Total	2,355 kg

Las características de los componentes serán:

- El cemento cumplirá con la norma ASTM C150
- El agua libre de impurezas y materia orgánica.
- Los agregados estarán compuestos por canto rodado, cuya granulometría aproximada, indicada en masas por metro cúbico de concreto, será la siguiente:

Retenido en tamiz	Masa aproximada de material (kg)
1/3"-1/2"	0
No. 4	497
No. 8	479
No.10	266
No.30	213
No.50	177
Pasa tamiz No.50	<u>143</u>
Total	1,775

4.4.2.2.2 Asentamiento

Determinado con el cono de Abrahams, estará comprendido entre 1.0 cm y 2.0 cm.

4.4.2.2.3 Método de compactación

Se hará por vibración fuerte y apisonado enérgico en capas delgadas.

4.4.2.2.4 Curado y tratamiento de las placas

Antes de desmoldar, se mantendrán durante 24 horas en un ambiente de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $90\% \pm 5\%$ de humedad relativa. Se desmoldan, se lavan en ambas caras con una solución de 10 g/100 g de ácido clorhídrico y se enjuagan con agua corriente. Se mantienen 6 días en agua a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y a continuación 21 días paradas y separadas en forma individual a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\% \pm 5\%$ de humedad.

4.4.2.3 Llana dentada

Llana dentada o espátula dentada, con dientes de 6mm x 6mm y espacios de 6mm para la aplicación del mortero.

4.4.2.3 Mortero adhesivo y probetas

4.4.2.3.1 Mortero adhesivo

Se empleará un mortero (preparado según sección 4.4.1, norma ANSI A118.1).

4.4.2.3.2 Probetas

Se emplearán 9 probetas a razón de 3 probetas por cada serie de ensayos.

Las probetas serán de azulejo, con absorción de agua del $18 \% \pm 3\%$ en masa (según EN 99), de 150 mm x 50 mm por el espesor de un azulejo original). Se obtendrán cortando azulejos de 150 mm x 150 mm.

Las probetas se mantendrán, desde no menos de 24 horas antes de su adhesión a la placa de concreto, en un ambiente con $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \% \pm 5 \%$ de humedad , protegidas de las corrientes de aire.

4.4.2.4 Preparación del ensayo.

- a) Se adhieren las probetas a cada placa, a razón de 1 probetas por placa, mediante el procedimiento siguiente:
 - Se extiende el mortero adhesivo sobre la placa y se ranura en forma recta con una llana dentada, con dientes de 6mm x 6mm y espacios de 6mm. La inclinación de la llana será tal que quede un espesor de aproximadamente 5mm de mortero (aproximadamente 60°).
- b) Se colocan las probetas cumpliendo con las instrucciones siguientes:
 - Se colocan las placas horizontalmente.
 - Se dejan no menos de 25mm entre los lados externos de las probetas y el borde de la placa, colocar las probetas en un plazo de 5 minutos, tomados a partir de la finalización de extensión del mortero, cargar cada probeta, inmediatamente después de colocada, con una masa de 4kg, durante 30 segundos.
 - Luego de su colocación mantener las probetas no menos de 24 horas en posición horizontal.

- c) Se someten las placas con las probetas a los procedimientos siguientes:
- Se dejan 3 placas 7 días en un ambiente $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\% \pm 5\%$ de humedad relativa ambiente.
 - Se dejan otras 3 placas en las mismas condiciones durante 28 días.
 - Se dejan otras 3 placas 7 días en un ambiente $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\% \pm 5\%$ de humedad relativa, a continuación 21 días en agua, se retira y se procede de inmediato a ensayarlas.

4.4.2.5 Procedimiento

Los ensayos se realizaran a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\% \pm 5\%$ de humedad relativa ambiente, inmediatamente después de finalizado el tratamiento ya indicado, de acuerdo con los párrafos siguientes:

- a) Se coloca la placa que se va a ensayar sobre una mesa. Se coloca la máquina de tracción sobre la placa, cuidando no golpear las demás probetas. Se acopla la máquina de tracción a los elemento de sujeción y transmisión de fuerza (figuras 2 y 3) y se comienza a ejercer fuerza, incrementándola a razón de aproximadamente 100 N/s, hasta el despegue, registrando la carga en newton, en ese momento.
- b) Se continua con las probetas restantes.

Figura 2. Elementos de transmisión de fuerzas y probeta para ensayo



Fuente: CII Facultad de Ingeniería USAC.

Figura 3. Elementos de transmisión de fuerzas fabricados en madera



Fuente: CII Facultad de Ingeniería USAC.

4.4.2.6 Cálculos

Se calcula la resistencia al despegue por tracción de acuerdo con las fórmulas siguientes:

$$Q_d = (Q \times L); \quad \text{y} \quad \sigma_{ad} = \frac{Q_d}{A}$$

Siendo:

Q_d = carga de despegue en newton

Q = carga en el momento de despegue, en newton

L = longitud de la probeta en mm

σ_{ad} = resistencia a despegue para el ensayo de adherencia en N/mm^2

Q_d = la carga de despegue, en newton

A = área de contacto entre mortero y probeta en mm^2

Se desechan los valores máximos y mínimos y se promedian los restantes.

4.4.2.7 Informe

Se informará:

- a) El método de ensayo empleado, y referencias;
- b) La identificación de la muestra;
- c) Los valores individuales y los promedios de las series. A los efectos de determinar el cumplimiento de la especificación se tendrán en cuenta los valores medios para cada una de las series;
- d) Cualquier otra indicación que se considere de interés o hecho destacable.

4.4.3 Ensayo de deslizamiento según ANSI 118.1

4.4.3.1 Objeto

Establecer el método de ensayo de deslizamiento de los revestimientos cerámicos, cuando son colocados mediante el uso de morteros adhesivos.

4.4.3.2 Instrumental

- Placas de concreto de medidas mínimas 50cm X 25 cm X 4 cm
- Reloj
- Llana dentada
- Pesas de 300 g(incluyendo el soporte) y 5 kg.
- Calibrador de coliza o regla graduada, que permita medir asegurando el 0.1 mm.
- Soporte, que permita colgar un peso de 300g (masa del conjunto) del borde superior del azulejo con una superficie perpendicular de agarre. El ancho mínimo de la superficie de apoyo será de 50 mm (figura No.4).

4.4.3.3 Mortero adhesivo y probetas

4.4.3.3.1 Mortero adhesivo

Se empleara un mortero preparado (sección 4.4.1, según norma ANSI A118.1).

4.4.3.3.2 Probetas

Se emplearan azulejos de 150mm X 150mm sin modificación alguna.

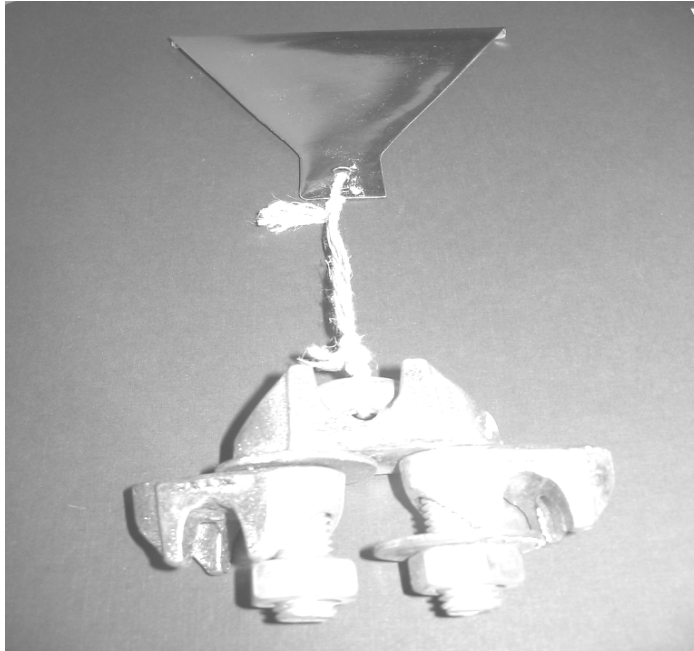
4.4.3.4 Condiciones ambientales de la sala de ensayo

La sala de ensayos debe presentar una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\% \pm 5\%$ de humedad y protegiendo las probetas de las corrientes de aire.

4.4.3.5 Procedimiento

- a) Se extiende el mortero adhesivo sobre cada una de las dos placas colocadas horizontalmente y se ranura en el sentido del deslizamiento con una llana dentada. La inclinación de la llana será tal que quede un espesor del orden de 5 mm de mortero (aproximadamente 60°).
- b) A los 5 min del extendido se colocan dos azulejos en cada una de las placas con una separación entre ambos, mínima de 15 mm y 50 mm del borde de la pieza.
- c) Cargar cada probeta, inmediatamente después de colocada, con una masa de 5 kg, durante 30 segundos, lapso durante el cual se marcan, en cada azulejo, las posiciones de los bordes que luego serán los superiores.
- d) Se coloca el conjunto de inmediato, en posición vertical sin someterlos a golpes o movimientos bruscos, y se deja que los azulejos actúen por su propio peso durante 10 minutos.
- e) Se cuelga a continuación, centrado en el canto superior, limpio de cada azulejo, el conjunto pesa soporte de 300 g, y se deja actuar 1 minuto (fig. 4).
- f) Se determina el deslizamiento, en cada probeta, midiendo la distancia entre la posición original del azulejo y la final.

Figura 4. **Conjunto pesa soporte de 300 gramos para ensayo de deslizamiento**



Fuente: CII Facultad de Ingeniería USAC.

4.4.3.6 Cálculos

Se calcula el deslizamiento de cada uno de los cuatro azulejos según la medida tomada entre la posición inicial y la final.

Se considera que el producto cumple satisfactoriamente el ensayo si por lo menos tres de los cuatro azulejos satisface el requisito indicado en la sección 4.2 (según norma ANSI A118.1).

4.4.3.7 Informe

Se informará:

- El método de ensayo empleado, y referencias;
- La identificación de la muestra;
- Los 4 valores individuales;
- Los 3 valores individuales considerados válidos;
- Cualquier otra indicación que se considere de interés o hecho destacable.

4.4.4 Ensayo de determinación del tiempo de corrección según ANSI 118.1

4.4.4.1 Objeto

Establecer el método de determinación del tiempo de corrección de los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos.

4.4.4.2 Definiciones

Tiempo de corrección: tiempo durante el cual pueden ser corregidas las posiciones de los azulejos y revestimientos cerámicos colocados mediante el empleo de morteros adhesivos. Este tiempo es denominado comúnmente ajustabilidad.

4.4.4.3 Instrumental

- Herramienta de material metálico inoxidable de las características indicadas en las figuras 5 y 6, para la colocación y ensayo de las probetas.
- Reloj.
- Llana dentada.
- Placas de concreto de medidas mínimas 50cm X 25 cm X 4 cm.

4.4.4.4 Mortero adhesivo y probeta

4.4.4.4.1 Mortero adhesivo

Mortero preparado según (sección 4.4.1, norma ANSI A118.1).

4.4.4.4.2 Probetas

Se emplearan 12 probetas de 75 mm X 75mm por el espesor de un azulejo original. Se cortan azulejos planos o de escaso combado de 150 mm X 150 mm, en cuatro porciones iguales.

4.4.4.5 Condiciones ambientales de la sala de ensayo

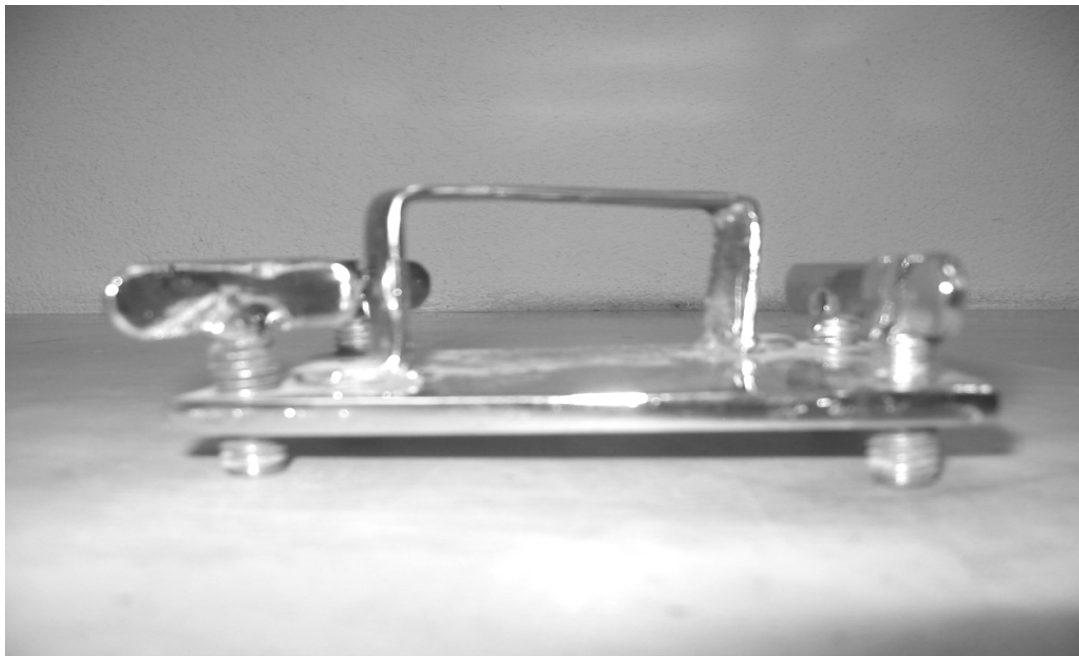
La sala de ensayos debe presentar una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\% \pm 5\%$ de humedad relativa ambiente y protegiendo las probetas de las corrientes de aire.

4.4.4.6 Procedimiento

- a) Se extiende el mortero adhesivo sobre la placa, dispuesto horizontalmente y se ranura con una llana dentada, con dientes de 6 mm X 6 mm y espacios de 6 mm. La inclinación de la llana será tal que quede un espesor de aproximadamente 5 mm de mortero.
- b) Empleando la herramienta indicada en figuras 5 y 6 , se colocan las probetas, en posición horizontal sin golpearlas ni someterlas a movimientos bruscos en las condiciones siguientes:
 - Se disponen 3 filas de 4 probetas, empleando dos o más placas y dejando 50 mm, como mínimo, entre los lados de las probetas;
 - Se presionan con la herramienta indicada en figuras 5 y 6, previamente regulada para que, cuando los tornillos hagan tope contra la placa, queden 2 mm de espesor de mortero adhesivo debajo del revestimiento cerámico;
 - De inmediato se coloca el conjunto verticalmente.

- c) A los 20 minutos se gira, empleado la herramienta indicada en figuras 5 y 6, las 4 probetas de una fila. El giro será de 90° hacia un sentido cualquiera, y de 90° en el sentido inverso hasta retomar la posición original. Se considera que cada probeta cumple en el ensayo si permanece adherida.
- d) Se repite el procedimiento indicado en el inciso c, con la segunda fila, a los 25 minutos.
- e) Se repite el procedimiento indicado en el inciso c, con tercera fila, a los 30 minutos.

Figura 5. **Herramienta de acero para colocación y ensayo de probetas**



Fuente: CII Facultad de Ingeniería USAC.

Figura 6. **Vista superior de herramienta para ensayo de tiempo de corrección**



Fuente: CII Facultad de Ingeniería USAC

4.4.4.7 Informe

Se informará:

- El número de probetas que cumplen a los 20 minutos.
- El número de probetas que cumplen a los 25 minutos.
- El número de probetas que cumplen a los 30 minutos.
- El número total de probetas ensayadas en cada caso (cuatro por tiempo).

4.4.5 Ensayo de determinación del tiempo abierto según ANSI A118.1

4.4.5.1 Objeto

Establecer el método de determinación del tiempo abierto, de los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos.

4.4.5.2 Instrumental

- Pesa de 2 kg.
- Reloj que aprecie el segundo.
- Llana dentada
- Placas de concreto de medidas mínimas 50cm X 25 cm X 4 cm.
- Cuadrícula, de material acrílico (figura 7), con las medidas indicadas en las figuras, subdivididas en cuadrados de 5 mm x 5 mm.

4.4.5.3 Mortero adhesivo y probetas

4.4.5.3.1 Mortero adhesivo

Se empleara un mortero preparado (sección 4.4.1, según norma ANSI A118.1).

4.4.5.3.2 Probetas

Serán de 50 mm por 50 mm por el espesor del azulejo original. Para obtenerlas se cortaran azulejos planos o de escaso combado, de 150 mm por 150 mm, en nueve porciones esmaltadas iguales.

El pequeño combado que puede resultar del corte de azulejos con caras inferiores no planas, no incide los resultados. Se emplearan dos probetas de este tipo, cada 5 minutos de ensayo.

4.4.5.4 Condiciones ambientales de la sala de ensayo

La sala de ensayos debe presentar una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50\% \pm 5\%$ de humedad relativa ambiente y protegiendo las probetas de las corrientes de aire.

4.4.5.5 Procedimiento

- a) Se extiende el mortero adhesivo sobre cada una de dos placas colocadas horizontalmente y se ranura en forma recta con una llana dentada. La inclinación de la llana será tal que quede un espesor del orden de 5 mm de mortero (aproximadamente 60°). Se acciona de inmediato el reloj.
- b) A los 5 minutos de extendido el mortero, se colocan dos probetas dejando 50 mm entre sus lados, como mínimo.
- c) Se coloca en forma inmediata, sobre cada probeta, una masa de 2 kg, que se deja actuar durante 30 segundos, y se retira.
- d) Se despegan las dos probetas y se determina la cantidad porcentual de mortero remanente en ellas, empleando la cuadrícula indicada en 4.4.5.2, (figura 7) mediante la fórmula siguiente:

$$C = \left(\frac{Nu}{100} \right) \times 100$$

siendo:

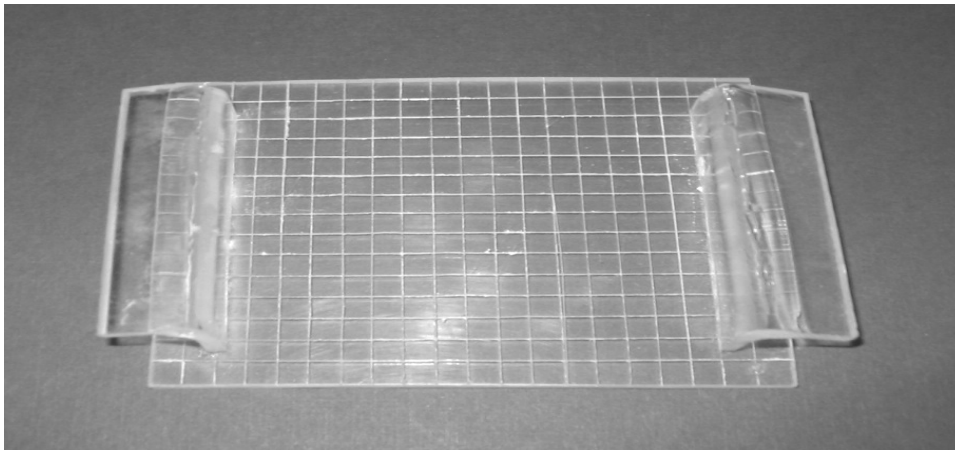
C = la cantidad porcentual de mortero,

Nu = el número de cuadrados de 5 mm por 5 mm que permanecen con mortero en cada una de las probetas; Se considera con mortero a todo cuadrado que tenga cubierta no menos del 50% del área;

100 = factor para expresar los resultados, en por ciento;

100= el número total de cuadrados, a contarse en cada probeta de 50mm por 50 mm.

Figura 7. **Plancha acrílica de 10cm x 7.5cm, cuadrícula de 0.5 cm x 0.5 cm.**



Fuente: CII Facultad de Ingeniería USAC

- e) Se promedian los valores obtenidos en las dos probetas.
- f) A los 10 minutos de haber extendido el mortero, se colocan otras dos probetas sobre una porción de mortero no utilizado, dejando 50 mm entre sus lados como mínimo y continua como se indica en c y d.
- g) Se repite el procedimiento cada 5 minutos hasta que el valor C promedio sea menor del 50 por ciento. Es conveniente continuar por un lapso de 5 minutos o 10 minutos para detectar posibles resultados anormales.

- h) Se considera como tiempo abierto, el último tiempo en el cual el valor C promedio sea no menor que el 50 por ciento.
- i) Es muy recomendable efectuar un gráfico de C promedio en función del tiempo, de modo de poner en evidencia eventuales valores anormales. De existir alguna sospecha en ese sentido los ensayos deben repetirse empleando un nuevo mortero. De igual manera se procederá, de notarse diferencias mayores que el 30% entre duplicados efectuados en el mismo tiempo.

4.4.5.6 Informe

Se informará:

- El método de ensayo empleado, y referencias;
- La identificación de la muestra;
- Los valores de C en función de tiempo y el gráfico, en el caso de haberlo trazado;
- El valor de tiempo abierto, en minutos;
- Cualquier observación de interés o aspecto no previsto, producido durante el ensayo.

5. RESULTADOS DE ENSAYOS A MORTEROS ADHESIVOS A Y B

5.1 Resultados mortero adhesivo A

- **Ensayo pérdida por calentamiento a 110°C**

Tabla XIII. **Datos de ensayo de pérdida por calentamiento mortero A**

No.muestra	Tara g.	m1 g.	m2 g.	P g.	Pérdida determinada g.
S-35	21.5	10.00	10.00	0.00	0.00
S-06	15.1	10.00	10.00	0.00	

- **Ensayo de tamizado**

Tabla XIV. **Datos de ensayo de tamizado mortero A**

Tara g.	m g.	mr 16 g.	mr 20 g.	R16 g.	R 20 g.	Fondo g.	Retención determinada prom.
1	200	0.3	0.7	0.15	0.35	0.10	0.00125
2	200	0.2	0.8	0.10	0.40	0.10	0.00375

- **Ensayo de adherencia**

Tabla XV. **Datos de ensayo de adherencia mortero A**

Edad días	Condiciones	No. Probeta y carga Kg.			Q prom. Kg.	Qd Kg.	σ_{ad} Kg/cm ²	Adherencia determinada N/mm ² .
		1	2	3				
7	Ambiente	15	14	16	15.00	225	4.5	0.45
28	Ambiente	8	11	12	10.33	155	3.1	0.31
28	21días en agua	15	12	13	13.33	200	4.0	0.40

- **Ensayo de deslizamiento**

Tabla XVI. **Datos de ensayo de deslizamiento mortero A**

No. Fila	No. Probeta y lectura en mm				Total de probetas que cumplen.		
1	1	6 mm	2	2 mm	No.2	cumple	2
2	3	2 mm	4	3 mm	No.3	cumple	

- **Ensayo de determinación del tiempo de corrección**

Tabla XVII. **Datos de ensayo de tiempo de corrección mortero A**

No. Fila	Tiempo	No. Probeta si/no cumple				Total de probetas que cumplen	Tiempo de corrección determinado
		1	2	3	4		
1	20 min.	si	si	si	si	4	30 minutos
2	25 min.	no	si	si	si	3	
3	30 min.	no	si	si	si	3	

- **Ensayo de determinación del tiempo abierto**

Tabla XVIII. **Datos de ensayo de tiempo abierto mortero A**

Tiempo	Número de probeta		Cuadrados con mortero(N)		C% de probetas		C% promedio	Tiempo abierto determinado
5 min.	1	2	100	100	100	100	100	15 minutos
10 min.	3	4	49	65	49	65	57	
15 min.	5	6	58	50	58	50	54	
20 min.	7	8	15	0	15	0	7.5	
25 min.	9	10	0	0	0	0	0	

- **Ensayo a compresión**

Tabla XIX. **Datos de ensayo a compresión mortero A**

Edad días	Condiciones	No. Probeta y carga Kg.			Q prom. Kg.	Área cm ²	$\sigma_c=Q/A$ kg./cm ²
		1	2	3			
7	En agua	2363	2181	2318	2287.33	25	91.49
14	En agua	2318	2136	2136	2196.66	25	87.87
28	En agua	2575	2750	1750	2358.33	25	94.33

- **Ensayo a tensión**

Tabla XX. **Datos de ensayo a tensión mortero A**

Edad días	Condiciones	No. Probeta y carga Kg.			Q prom. Kg.	Área cm ²	Tensión determinada kg/cm ²
		1	2	3			
7	En agua	153	150	150	151.0	6.25	23.2
14	En agua	127	134	127	129.3	6.25	20.0
28	En agua	137	164	137	146.0	6.25	22.5

5.2 Resultados mortero adhesivo B

- **Ensayo pérdida por calentamiento a 110°C**

Tabla XXI. **Datos de ensayo de perdida por calentamiento mortero B**

No.muestra	Tara g.	m1 g.	m2 g.	P g.	Pérdida determinada g.
C-11	24.8	10.00	9.90	1.00	0.005
C-36	24.3	10.00	10.00	0.00	

- **Ensayo de tamizado**

Tabla XXII. **Datos de ensayo de tamizado mortero B**

Tara g.	m g.	mr 16 g.	mr 20 g.	R16 g.	R 20 g.	Fondo g.	Retención determinada prom.
1	200	0.4	1.4	0.20	0.70	0.00	0.0020
2	200	0.4	1.8	0.20	0.90	0.10	0.0080

- **Ensayo de adherencia**

Tabla XXIII. **Datos de ensayo de adherencia mortero B**

Edad días	Condiciones	No. Probeta y carga Kg.			Q prom. Kg	Qd Kg	σ_{ad} Kg/cm ²	Adherencia determinada N/mm ² .
		1	2	3				
7	Ambiente	5.0	8.0	8.0	7.00	105.0	2.1	0.210
28	Ambiente	2.5	3.5	2.5	2.83	42.45	0.85	0.085
28	21días en agua	4.5	5.0	5.0	4.83	72.5	1.45	0.145

- **Ensayo de deslizamiento**

Tabla XXIV. **Datos de ensayo de deslizamiento mortero B**

No. Fila	No. Probeta y lectura en mm.				Total de probetas que cumplen.		
1	1	1 mm	2	1 mm	No.1 y 2	cumple	4
2	3	1 mm	4	2 mm	No.3 y 4	cumple	

- **Ensayo de determinación del tiempo de corrección**

Tabla XXV. **Datos de ensayo de tiempo de corrección mortero B**

No. Fila	Tiempo	No. Probeta si/no cumple				Total de probetas que cumplen	Tiempo de corrección determinado
		1	2	3	4		
1	20 min.	si	no	no	no	1	Menor a 20 minutos
2	25 min.	no	si	no	no	1	
3	30 min.	no	no	no	no	0	

- **Ensayo de determinación del tiempo abierto**

Tabla XXVI. **Datos de ensayo de tiempo abierto mortero B**

Tiempo	Número de probeta		Cuadrados con mortero(N)		C% de probetas		C% promedio	Tiempo abierto determinado
5 min.	1	2	92	86	92	86	94	5 minutos
10 min.	3	4	34	38	34	38	36	
15 min.	5	6	7	8	7	8	7.5	
20 min.	7	8	0	0	0	0	0	
25 min.	9	10	0	0	0	0	0	

- **Ensayo a compresión**

Tabla XXVII. **Datos de ensayo a compresión mortero B**

Edad días	Condiciones	No. Probeta y carga Kg.			Q prom. Kg.	Área cm ²	$\sigma_c=Q/A$ kg./cm ²
		1	2	3			
7	En agua	363	350	350	354.33	25	14.17
14	En agua	300	310	320	310.00	25	12.40
28	En agua	375	450	445	423.33	25	16.93

- **Ensayo a tensión**

Tabla XXVIII. **Datos de ensayo a tensión mortero B**

Edad días	Condiciones	No. Probeta y carga Kg.			Q prom. Kg.	Área cm ²	Tensión determinada kg/cm ²
		1	2	3			
7	En agua	22	40	38	33.33	6.25	5.2
14	En agua	34	29	36	33.00	6.25	5.1
28	En agua	32	14	22	22.67	6.25	3.5

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 Análisis de resultados mortero adhesivo A

6.1.1 Ensayo pérdida por calentamiento a 110°C

Cumple con los requisitos del ensayo de pérdida por calentamiento a 110°C, establecidos en la sección 4.2.4 según ANSI A118.1(ver tabla IX y XIII), indicándonos que el aglomerante, agregados y aditivos utilizados en la formulación del mortero adhesivo, son estables a los cambios de temperatura, no reportando diferencia alguna al momento de ser sometido al ensayo.

6.1.2 Ensayo de tamizado

El mortero adhesivo cumple con los requisitos del ensayo de tamizado, establecidos en la sección 4.2.4 según ANSI A118.1(ver tabla IX y XIV), en sus agregados dentro de los cuales visualmente se identificaron sílice y carbonato de calcio, ambos de primera calidad en colores blanco y gris.

6.1.3 Ensayo de adherencia

Se utilizó el 30% de agua para el mezclado del mortero adhesivo, preparado según la sección 4.4.1. El mortero adhesivo cumple con los requisitos del ensayo de adherencia, establecidos en la sección 4.2.4 según ANSI A118.1(ver tabla IX y XV), en 2 de las 3 condiciones indicadas, dando como aceptado su resultado, el ensayo se realizó con azulejos de alta absorción de agua siendo el de mayor exigencia para el desempeño del mortero.

6.1.4 Ensayo de deslizamiento

Se utilizó el 30% de agua para el mezclado del mortero adhesivo, preparado según la sección 4.4.1. Este no cumplió con los requisitos del ensayo de deslizamiento, establecidos en la sección 4.2.4 según ANSI A118.1 (ver tabla IX y XVI), cuerpo, textura, viscosidad, plasticidad y adherencia al tacto.

6.1.5 Ensayo de determinación del tiempo de corrección

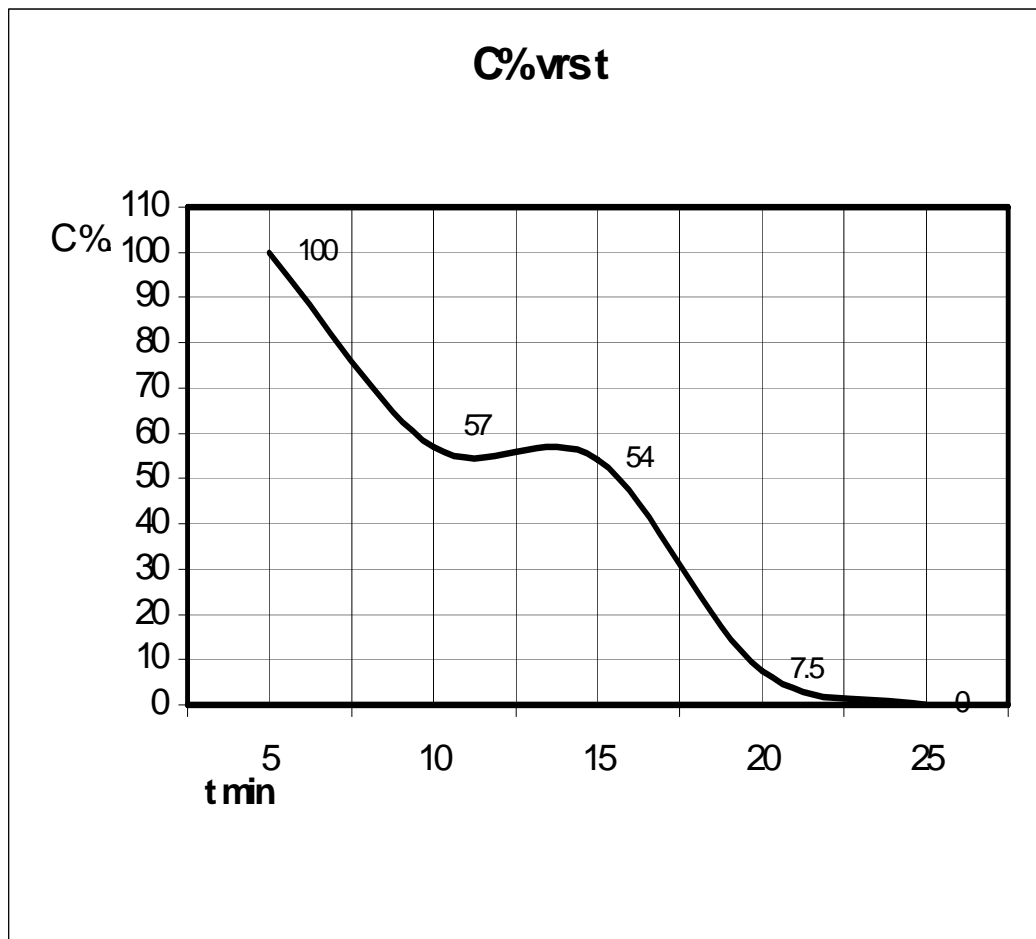
Se utilizó el 30% de agua para el mezclado del mortero adhesivo, preparado según la sección 4.4.1. Se determinó un tiempo de 30 minutos, el mortero adhesivo cumple con los requisitos del ensayo de tiempo de corrección, establecidos en la sección 4.2.4 según ANSI A118.1 (ver tabla IX y XVII), sus propiedades al tacto en textura y plasticidad son buenas.

6.1.6 Ensayo de determinación del tiempo abierto

Se utilizó el 30% de agua para el mezclado del mortero adhesivo, preparado según la sección 4.4.1. El mortero adhesivo cumple con los requisitos del ensayo de tiempo abierto, establecidos en la sección 4.2.4 según ANSI A118.1 (ver tabla IX y XVIII).

El tiempo que se determina gráficamente para el mortero adhesivo es de 16 minutos el cual está con un $C = 50\%$, cumpliendo con la condición que el C promedio no sea menor al 50%. Excediendo el mínimo aceptado de 15 minutos, (ver fig. No. 8).

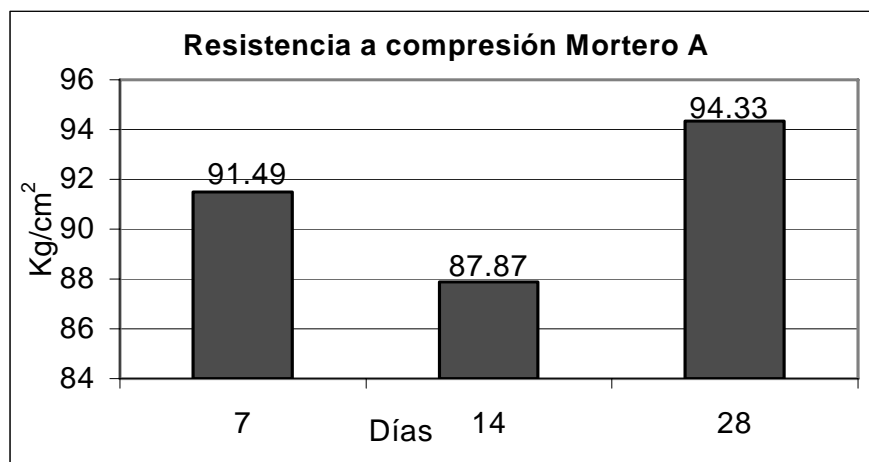
Figura 8. Gráfica para determinar el tiempo abierto mortero adhesivo A



6.1.7 Ensayo a compresión

Se utilizó el 30% de agua para el mezclado del mortero adhesivo, preparado según la sección 4.4.1, se realizó el ensayo bajo las condiciones de la norma ASTM C-109. Debido a su alta plasticidad fue difícil la realización del ensayo, porque en el momento de fundir las probetas en los moldes se forman vacíos y burbujas de aire interna, alterando las propiedades mecánicas del mortero al momento de ser sometido a dicho ensayo (ver tabla XIX).

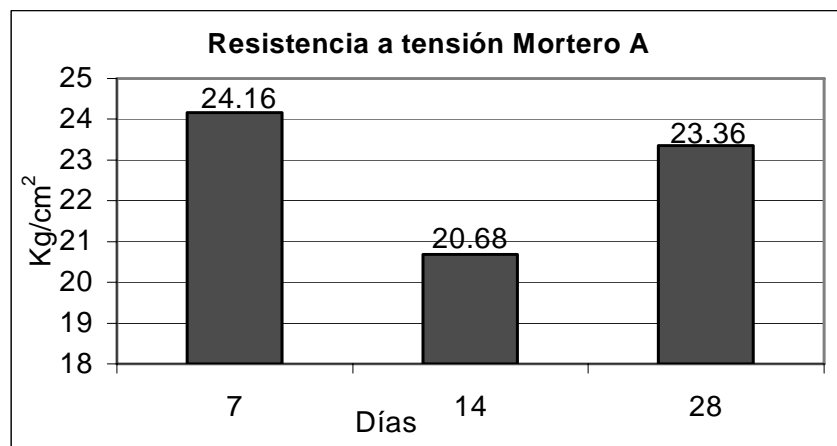
Figura 9. **Gráfica de resistencia a compresión mortero adhesivo A**



6.1.8 Ensayo a tensión

Se utilizó el 30% de agua para el mezclado del mortero adhesivo, preparado según la sección 4.4.1, se realizó el ensayo bajo las condiciones de la norma ASTM C-190. Debido a su alta plasticidad fue difícil la realización del ensayo, por esto en el momento de fundir las probetas en los moldes, se forman vacíos y burbujas de aire interna, alterando las propiedades mecánicas del mortero al momento de ser sometido a dicho ensayo. Este mortero ofrece una alta resistencia a la tensión, con valores por arriba del mínimo requerido que es de 5 kg/cm² para este tipo de morteros adhesivos (ver tabla XX).

Figura 10. **Gráfica de resistencia a tensión mortero adhesivo A**



6.2 Análisis de resultados mortero adhesivo B

6.2.1 Ensayo pérdida por calentamiento a 110°C

Cumple con los requisitos del ensayo de pérdida por calentamiento a 110°C, establecidos en la sección 4.2.4 según ANSI A118.1 (ver tabla IX y XXI), indicándonos que el aglomerante, agregados y aditivos utilizados en la formulación del mortero adhesivo son estables a los cambios de temperatura, no reportando diferencia alguna al momento de ser sometido al ensayo.

6.2.2 Ensayo de tamizado

El mortero adhesivo cumple con los requisitos del ensayo de tamizado, establecidos en la sección 4.2.4 según ANSI A118.1 (ver tabla IX y XXII), en sus agregados dentro de los cuales visualmente se identificaron sílice y carbonato de calcio, ambos de primera calidad en colores blanco, gris y beige.

6.2.3 Ensayo de adherencia

Se utilizó el 30% de agua para el mezclado del mortero adhesivo, preparado según la sección 4.4.1. El mortero adhesivo no cumple con los requisitos del ensayo de adherencia, establecidos en la sección 4.2.4, según ANSI A118.1 (ver tabla IX y XXIII), en las 3 condiciones indicadas, dando como deficiente su resultado, el ensayo se realizó con azulejos de alta absorción de agua siendo el de mayor exigencia para el desempeño del mortero.

6.2.4 Ensayo de deslizamiento

Se utilizó el 30% de agua para el mezclado del mortero adhesivo, preparado según la sección 4.4.1. El mortero adhesivo cumple con los requisitos del ensayo de deslizamiento, establecidos en la sección 4.2.4 según ANSI A118.1 (ver tabla IX y XXIV), es de resaltar que el proceso fraguado inicial es muy rápido, esto ayuda para evitar deslizamientos, pero afecta a otras propiedades físicas y mecánicas del mortero adhesivo, como tiempo abierto, tiempo de corrección, y adherencia.

6.2.5 Ensayo de determinación del tiempo de corrección

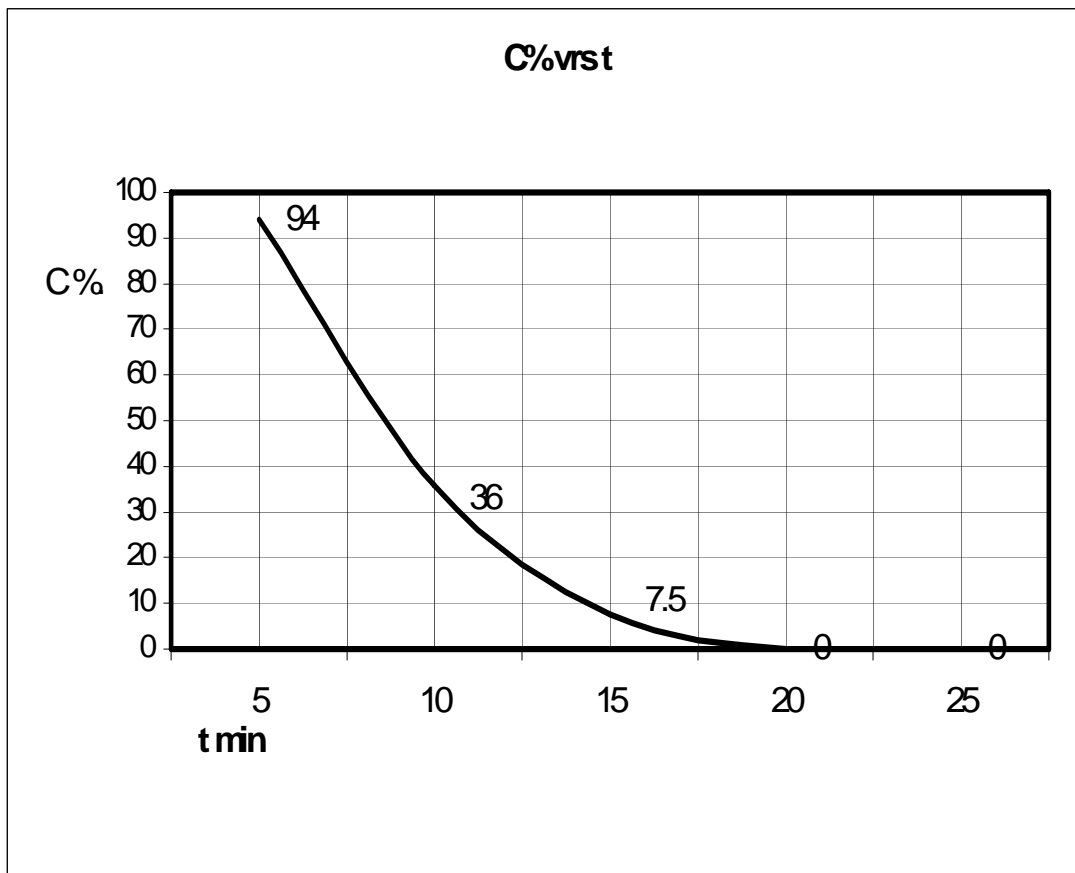
Se utilizó el 30% de agua para el mezclado del mortero adhesivo, preparado según la sección 4.4.1. Se determinó un tiempo menor a 20 minutos, el mortero adhesivo no cumple con los requisitos del ensayo de tiempo de corrección, establecidos en la sección 4.2.4 según ANSI A118.1 (ver tabla IX y XXV).

6.2.6 Ensayo de determinación del tiempo abierto

Se utilizó el 30% de agua para el mezclado del mortero adhesivo, preparado según la sección 4.4.1. El mortero adhesivo no cumple con los requisitos del ensayo de tiempo abierto, establecidos en la sección 4.2.4 según ANSI A118.1 (ver tabla IX y XXVI).

El tiempo que se determina gráficamente para el mortero es de 8 minutos el cual está con un $C = 50\%$, cumpliendo con la condición que el C promedio no sea menor a 50% ; mas no cumpliendo con el mínimo establecido de 15 minutos, (ver fig. 11).

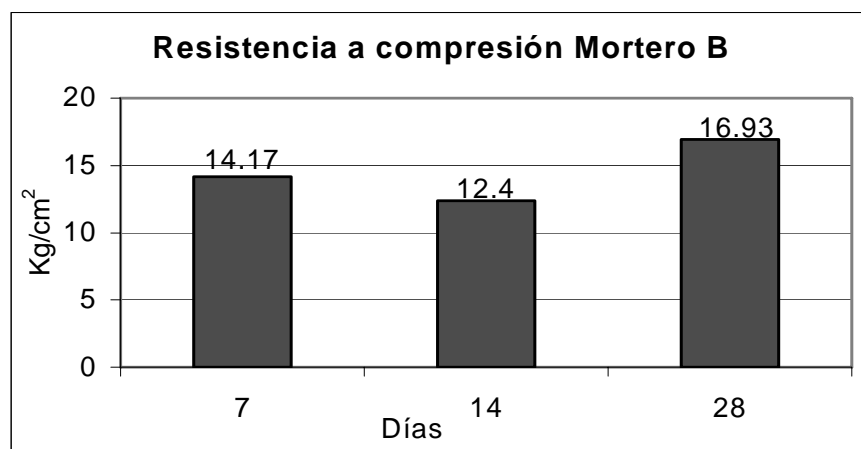
Figura 11. Gráfica para determinar el tiempo abierto mortero adhesivo B



6.2.7 Ensayo a compresión

Se utilizó el 30% de agua para el mezclado del mortero adhesivo, preparado según la sección 4.4.1, se realizó el ensayo bajo las condiciones de la norma ASTM C-109. Debido a su alta plasticidad fue difícil la realización del ensayo, en el momento de fundir las probetas en los moldes, se formaron vacíos y burbujas de aire interna, alterando las propiedades mecánicas del mortero al momento de ser sometido a dicho ensayo, (ver tabla XXVII).

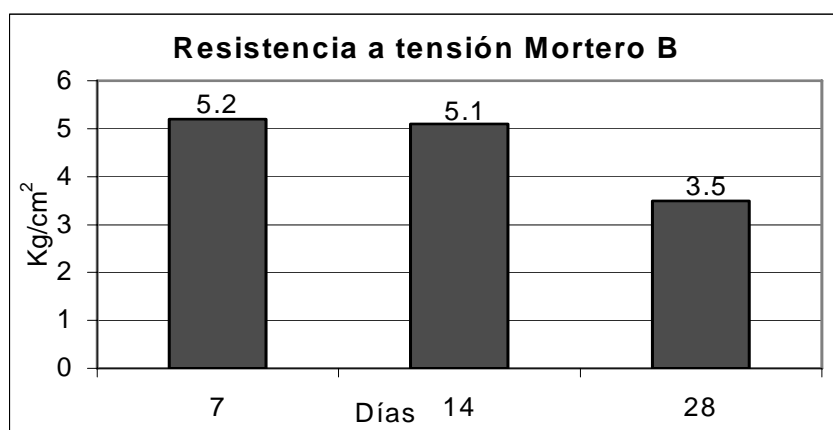
Figura 12. **Gráfica de resistencia a compresión mortero adhesivo B**



6.2.8 Ensayo a tensión

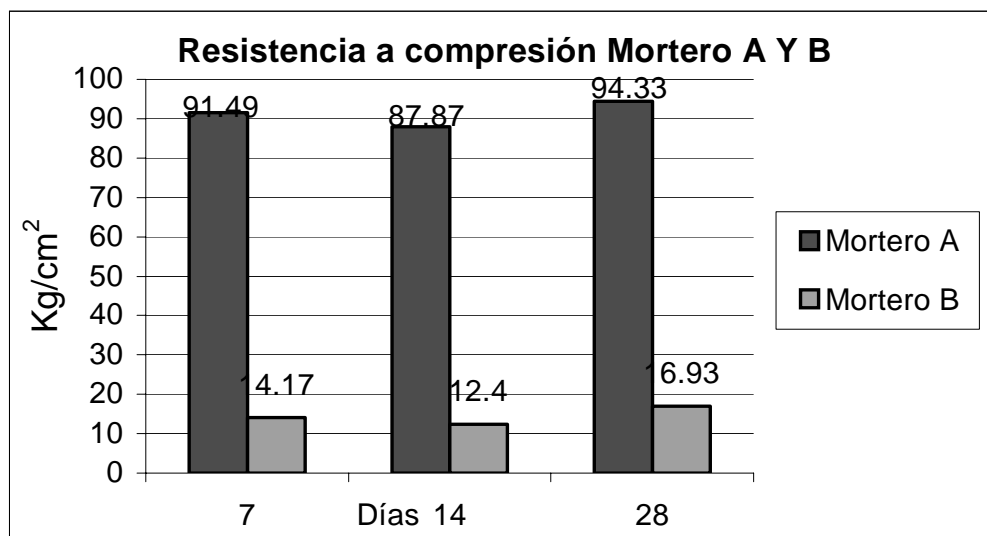
Se utilizó el 30% de agua para el mezclado del mortero adhesivo, preparado según la sección 4.4.1, se realizó el ensayo bajo las condiciones de la norma ASTM C-190. Debido a su alta plasticidad fue difícil la realización del ensayo, por esto en el momento de fundir las probetas en los moldes, se formaron vacíos y burbujas de aire interna, alterando las propiedades mecánicas del mortero al momento de ser sometido a dicho ensayo. Este cumple con los requisitos mínimos hasta la edad de 14 días luego falla en los 28 días, del mínimo requerido que es de 5 kg/cm^2 para este tipo de morteros adhesivos, (ver tabla XXVIII y fig. 13), debido al contenido menor del 30 % de cemento en el mortero, se observa que le es difícil fraguar, además de contener más de un 70 % de agregado fino; componente que lo hace bajar su resistencia a la tensión.

Figura 13. **Gráfica de resistencia a tensión mortero adhesivo B**



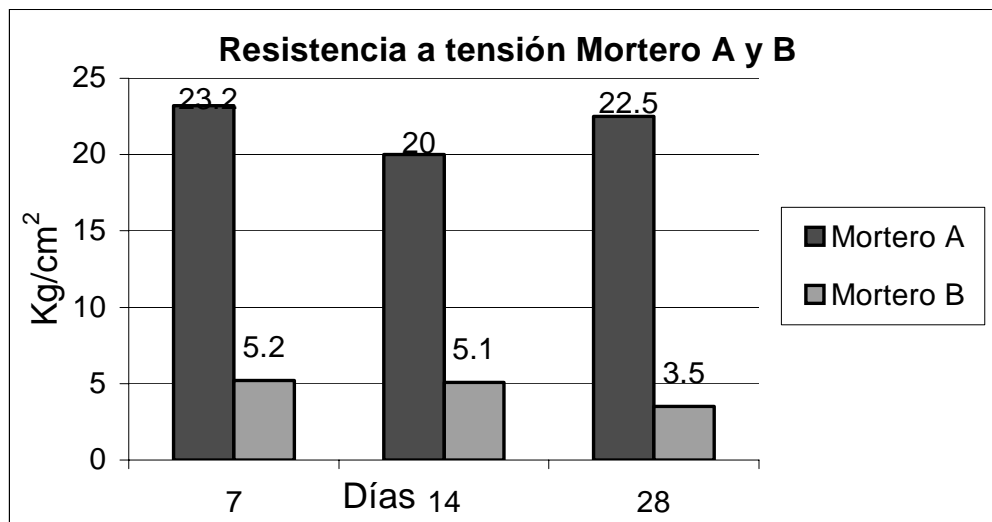
6.3 Análisis comparativo mortero adhesivo A y B

Figura 14. Gráfica comparativa de resistencia a compresión mortero adhesivo A y B



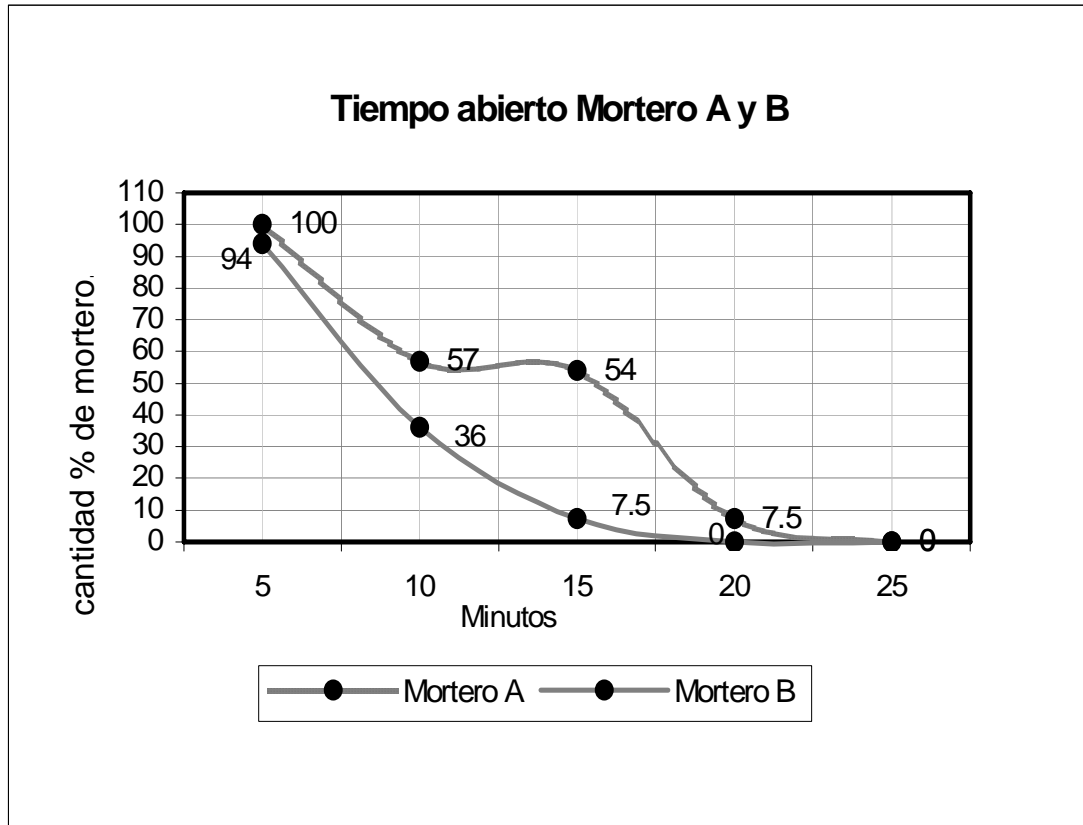
Entre los dos adhesivos sí se reportan diferencia significativas, en el ensayo de resistencia a compresión, siendo evidente en el mortero adhesivo B, que resiste únicamente un 15.84% promedio, de la resistencia obtenida con el mortero adhesivo A, en las tres edades a la que fueron sometidos ambos morteros adhesivos.

Figura 15. **Gráfica comparativa de resistencia a tensión mortero adhesivo A y B**



Entre los dos adhesivos sí se reportan diferencia significativas, en el ensayo de resistencia a tensión, siendo evidente en el mortero adhesivo B, que resiste únicamente un 14.48% promedio, de la resistencia obtenida con el mortero adhesivo A, en las tres edades a la que fueron sometidos ambos morteros adhesivos, el mínimo requerido es de 5 kg/cm² para este tipo de morteros adhesivos.

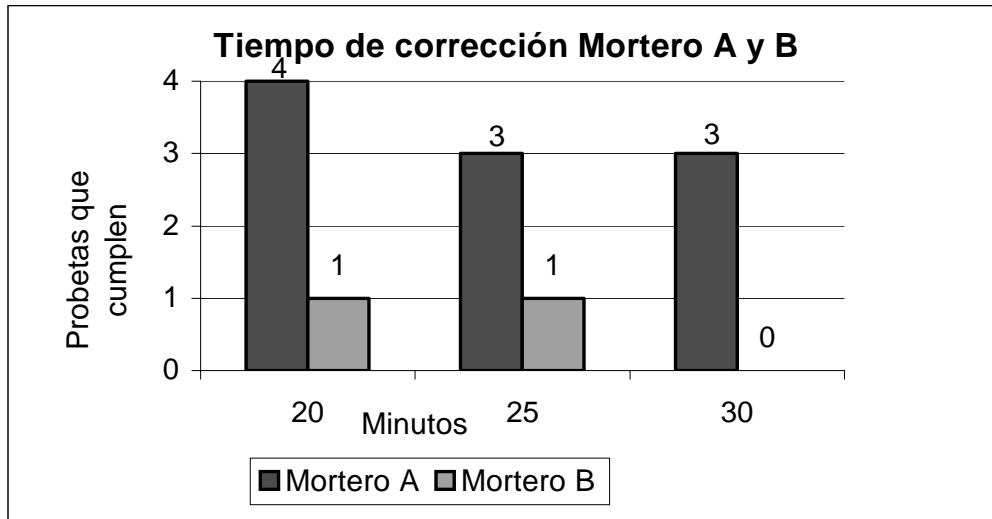
Figura 16. **Gráfica comparativa de tiempo abierto mortero adhesivo A Y B**



El contenido de agregados mayor a un 70%, en el cemento menor al 30%, y en el polvo redispersable menor a un 0.5%, son los interventores directos en los resultados de ensayos físicos y mecánicos.

El ensayo de determinación del tiempo abierto es uno de los principales, teniendo un tiempo mínimo de aceptación de 15 minutos con área del 50% cubierta de adhesivo en la pieza cerámica, con los morteros adhesivos A y B, se puede realizar una comparación gráfica en dicho ensayo (ver fig.16), haciéndose notaria la diferencia entre ambos morteros.

Figura 17. **Gráfica comparativa de tiempo de corrección mortero adhesivo A y B**



El ensayo de determinación del tiempo de corrección es también uno de los principales, teniendo establecidos sus requisitos así:

Tabla XXIX. **Requisitos tiempo de corrección**

Descripción	Tiempos	Mínimo aceptado
Tiempo de corrección (probetas que cumplan sobre 4 ensayadas)	A los 20 minutos	3
	A los 25 minutos	2
	A los 30 minutos	1

Con los morteros adhesivos A y B, se puede realizar una comparación gráfica en dicho ensayo (ver fig.17), el mortero adhesivo A cumple el ensayo con tiempo de 30 minutos y el mortero adhesivo B no cumple el mínimo de 20 minutos debido a que sólo 1 de 4 probetas ensayadas cumple (ver tabla XXIX para requisitos del ensayo), haciéndose notoria la diferencia entre ambos morteros.

CONCLUSIONES

1. Los revestimientos cerámicos en la actualidad son utilizados en la industria de la construcción con mayor frecuencia, en diferentes tipos de superficie, en paredes, en suelos, etc. Logrando una buena aceptación y un eficiente desempeño en cualquiera que sea necesaria su utilización.
2. La variada gama de revestimientos cerámicos con diferentes tipos de absorción de agua en sus bases y superficies, hacen necesaria la utilización de un mortero adhesivo, garantizando una buena instalación de dichos revestimientos.
3. Los ensayos en laboratorio han probado que la capacidad de deformación y la plasticidad de un mortero adhesivo son los factores decisivos para garantizar su durabilidad y eficacia en el largo plazo. Los adhesivos deben ser capaces de absorber las tensiones entre los materiales de recubrimiento y el soporte, a fin de evitar daños que puedan causar finalmente agrietamientos o desprendimientos.
4. La falta de metodología específica para la realización de ensayos en morteros adhesivos de revestimientos cerámicos, hacen muy difícil la evaluación de estos, por lo que el presente trabajo sirve de referencia para la realización de ensayos para este material.

5. Después de realizarse los ensayos de laboratorio en los morteros adhesivos A y B, es notoria la diferencia que existe entre estos mismos, calificando al mortero A en los ensayos de mayor importancia, tiempo de corrección, tiempo abierto, y adherencia; satisfactorio cumpliendo en cada uno de ellos. El mortero adhesivo B no cumple ninguno de estos ensayos.

RECOMENDACIONES

1. Al estudiante y al profesional de la ingeniería civil que al momento de la utilización de un revestimiento cerámico sea identificando el tipo, capacidad de absorción de agua, método de fabricación y algún otro dato técnico de interés que proporcione el fabricante, para luego determinar cuál será el mortero adhesivo apropiado para garantizar una buena instalación de dichos revestimientos.
2. Que sean utilizados los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos, debido a la reducida porosidad de los nuevos tipos de azulejos, revestimientos cerámicos y de piedras naturales, además de la creciente preferencia hacia las unidades de mayor dimensión, la gran diversidad de superficies que caracterizan actualmente a la industria de la construcción, la exigencia de métodos de fijación confiables, rápidos, eficientes, y económicos, hacen imprescindible el uso de dichos morteros adhesivos de alta calidad.
3. Al ser necesaria la utilización de los morteros adhesivos para la instalación de los revestimientos cerámicos, se hace indispensable la realización de ensayos al mortero adhesivo para evaluar las características físicas y mecánicas, y verificar si se encuentra dentro de los requisitos mínimos que debe cumplir un mortero adhesivo.

4. Que las partes interesadas en el mercado del azulejos y revestimiento cerámico, apoyen la difusión de los requisitos mínimos que deben cumplir los morteros adhesivos de revestimientos cerámicos y la realización de ensayos para su evaluación; logrando que los fabricantes mejoren su control de calidad, obteniendo certificados de calidad, y el interesado tenga garantía sobre el producto que utilizará.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABNT18:406.04. **Argamasa colante industrializada para asentamiento de placas de cerámica**, *Associação Brasileira De Normas Técnicas*. 2ª ed. Brasil: s.e 1995. 28pp.
2. ANSI A118.1. **Specifications for dry-set Portland cement mortar**, *American National Standards Institution*. USA: s.e. 1985. 10pp.
3. CEN. **Tecnología de la fabricación de azulejos**, Comité Europeo de Normalización. España: Editorial SACMI. 1986. 125pp.
4. C.Palmomari, y Timellin G, **Claims and controversies in ceramic tile fixing**, *Italian Ceramic Tile Layer Association*. Italia: s.e.1992. 38pp.
5. CEMENTOS PROGRESO. “El cemento” **Hablemos en concreto** (Guatemala)(3);3.1999.
6. DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. 21ª ed. (Tomo 1 y 2) Madrid España: s.e. 1997.
7. DIN 18 156. **Materiales para revestimientos cerámicos en el procedimiento de capa delgada de material adhesivo**, *Deutsches Institut Für Normung*. (Parte 1y 2) Alemania: s.e. 1978. 16pp.
8. <http://www.cchc.cl/portal.asp>, agosto 2004.
9. http://www.fa.utl.pt/materiais/ceramicos/2/ceramica/normas_revestimientos_b.htm, agosto del 2004.

10. http://www.navarti.com/colocacion_05.htm, agosto del 2004.
11. <http://www.revistabit.cl/body-articulo.asp>, agosto del 2004.
12. ICAITI, **Guía para el uso del sistema internacional de unidades**,
Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial.
Guatemala C.A: s.e. s.a. 101pp.

ANEXOS

Figura 18. Informe de laboratorio mortero adhesivo A



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



4. Resultados:

4.1 Mortero Adhesivo "A"

4.1.1 ENSAYO A COMPRESIÓN Y TENSIÓN

Edad (días)	Resistencia a la Compresión kg/cm ² (lb/pl ²)	Resistencia a la Tensión kg/cm ² (lb/pl ²)
7	88 (1258)	23 (332)
14	85 (1208)	20 (285)
28	91 (1297)	22 (320)

4.1.2 DETERMINACIÓN DE TIEMPO ABIERTO

Tiempo	C (%)
5 min.	100
10 min.	57
15 min.	54
20 min.	7.5
25 min.	0

4.1.3 DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE CORRECCIÓN

No. Fila	Tiempo	Total de probetas que cumplen.
1	20 min.	4
2	25 min.	3
3	30 min.	3

4.1.4 DETERMINACIÓN DE DESLIZAMIENTO

No. Fila	Total de probetas que cumplen	
1	1	2
2	1	

4.1.5 DETERMINACIÓN DE ADHERENCIA

Edad días	Condiciones de fraguado	Resistencia de adherencia Kg/cm ² (lb/cm ²)
7	Ambiente	4.5 (64)
28	Ambiente	3.10 (44)
28	21 días en agua	4.00 (57)

Figura 19. Informe de laboratorio mortero adhesivo A y B



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



4.1.6 PÉRDIDA POR CALENTAMIENTO A 100 C

No. muestra	Peso Inicial P ₀ (gr.)	Peso Final P _f (gr.)	Diferencia de Peso ΔP (gr.)	Promedio g.
1	10.00	10.00	0.00	0.00
2	10.00	10.00	0.00	

4.1.7 TAMIZADO

Muestra	Peso (gr.)	Peso Retenido Tamiz No. 16 (gr.)	Peso Retenido Tamiz No. 20 (gr.)	Porcentaje retenido Tamiz No. 16 (gr.)	Porcentaje retenido Tamiz No. 20 (gr.)
1	200	0.3	0.7	0.15	0.35
2	200	0.2	0.8	0.10	0.40

4.2 Mortero Adhesivo "B"

4.2.1 ENSAYO A COMPRESIÓN Y TENSIÓN

Edad (días)	Resistencia a la Compresión kg/cm ² (lb/pl ²)	Resistencia a la Tensión kg/cm ² (lb/pl ²)
7	14 (195)	5 (75)
14	12 (171)	5 (73)
28	16 (233)	3 (50)

4.2.2 DETERMINACIÓN DE TIEMPO ABIERTO

Tiempo	C (%)
5 min.	94
10 min.	36
15 min.	7.5
20 min.	0
25 min.	0

4.2.3 DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE CORRECCIÓN

No. Fila	Tiempo	Total de probetas que cumplan.
1	20 min.	1
2	25 min.	1
3	30 min.	0

Figura 20. Informe de laboratorio mortero adhesivo B



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



4.2.4 DETERMINACIÓN DE DESLIZAMIENTO

No. Fila	Total de probetas que cumplen	
1	2	4
2	2	

4.2.5 DETERMINACIÓN DE ADHERENCIA

Edad días	Condiciones de fraguado	Resistencia de adherencia Kg/cm ² (lb/cm ²)
7	Ambiente	2.1 (30)
28	Ambiente	0.85 (12)
28	21 días en agua	1.45 (21)

4.2.6 PÉRDIDA POR CALENTAMIENTO A 100 C

No. muestra	Peso Inicial P _i (gr.)	Peso Final P _f (gr.)	Diferencia de Peso ΔP (gr.)	Promedio g.
1	10.00	9.90	0.10	0.05
2	10.00	10.00	0.00	

4.2.7 TAMIZADO

Muestra	Peso (gr.)	Peso Retenido Tamiz No. 16 (gr.)	Peso Retenido Tamiz No. 20 (gr.)	Porcentaje retenido Tamiz No. 16 (gr.)	Porcentaje retenido Tamiz No. 20 (gr.)
1	200	0.4	1.4	0.20	0.70
2	200	0.4	1.8	0.20	0.90

Atentamente,

Sergio Viniño
Ing. Sergio Viniño Castañeda Lemus
Jefe Sección Aglomerantes y Morteros

Vo. Bo.

Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CIUSAC



c.c.: Archivo.