

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE FRAGUADO EN LA RESISTENCIA DE LOS ADHESIVOS CERÁMICOS

⁽¹⁾ A.E. Tomás Catalán, ⁽²⁾ M. Pastor Pitarch, ⁽²⁾ Á. Javier Ibáñez

⁽¹⁾ Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción

⁽²⁾ Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales

Arquitectura Técnica

Universitat Jaume I – España

atomas@sg.uji.es

RESUMEN

Es conocida la influencia de la temperatura en el fraguado de los conglomerantes cementosos, de ahí las recomendaciones de los fabricantes referentes a las temperaturas límite de utilización.

El presente trabajo, realizado por alumnos del Aula Cerámica de la Universitat Jaume I, pretende evaluar la alteración de la resistencia a tracción de distintos tipos de adhesivos en los que se han impuesto distintas condiciones de fraguado, una situación ideal de 20°C, una situación en tiempo ligeramente frío a 5°C y una en tiempo caluroso a 40°C.

El procedimiento de ensayo utilizado ha sido el definido en la norma UNE EN 12004, pero sometiendo las probetas durante los primeros 14 días a las temperaturas antes indicadas, y los siguientes a la temperatura de laboratorio.

El ensayo con adhesivos Ci, C1 y C2 y distintos fabricantes permite a su vez comprobar el comportamiento de cada uno de ellos frente a estas situaciones, por tanto comprobar la adecuación de cada uno de los tipos para usos de exteriores tal como recoge la Guía de la Baldosa Cerámica.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En junio de 2006 se formalizó un convenio de colaboración entre la Universitat Jaume I y ASCER en el que, bajo la denominación Aula Cerámica, se desarrolla una experiencia ya vigente en otras universidades con el nombre Cátedra Cerámica. Los objetivos de esta Aula Cerámica son la profundización en el conocimiento de los materiales cerámicos utilizados en los revestimientos, y en sus técnicas de colocación, para provocar una mejora de la calidad en la utilización de estos materiales, mediante el perfeccionamiento de los conocimientos de los futuros técnicos responsables de su prescripción y control de la colocación.

Para ello, se ha organizado una asignatura de libre elección denominada Materiales Cerámicos de Revestimiento, que cuenta con una parte teórica que se desarrolla a lo largo de 14 conferencias y una parte práctica en la que los alumnos realizan un trabajo de investigación o recopilación documental sobre algún aspecto específico de la cerámica.

Esta comunicación es el resultado de uno de estos trabajos de los alumnos sobre los adhesivos cementosos usados para la colocación de revestimientos cerámicos.

2. OBJETIVOS

Según la norma UNE-EN 12004/2008: Adhesivos para baldosas cerámicas. Requisitos, evaluación de la conformidad, clasificación y designación, los adhesivos usados para la colocación de baldosas cerámicas se dividen en tres tipos, en base de su composición química, y varias clases en función de sus características.

Tipos de adhesivos	Clases
Adhesivos Cementoso (C) Adhesivos en Dispersión (D) Adhesivos de Resinas Reactivas (R)	1 Adhesivo normal 2 Adhesivo mejorado F de fraguado rápido T con deslizamiento reducido E con tiempo abierto prolongado S deformable

Tabla 1.

También existen otros adhesivos no contemplados en la norma, pero que cumplen con las exigencias mínimas requeridas por el Anexo ZA-UNE EN 12004 cuyo campo de aplicación estará restringido únicamente a las colocaciones que se realicen en interiores. Estos adhesivos se designan como Ci.

Desde el punto de vista de la colocación de baldosas, una de las características más importantes de los adhesivos es su adherencia. Ésta puede determinarse

comprobando la resistencia que presentan dichos adhesivos a la tracción. El método recomendado para ello, según la norma citada anteriormente se describe en la UNE-EN 1348/2008: *Adhesivos para baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a la tracción de los adhesivos cementosos*.

La exigencia en cuanto a adherencia para los distintas clases de adhesivos cementosos viene dada en la siguiente tabla:

	Ci	C1	C2	Ud	Ensayo
Adherencia inicial	$\geq 0,5$	$\geq 0,5$	$\geq 1,0$	N/mm ²	EN 1348
Adherencia tras inmersión agua	$\geq 0,5$	$\geq 0,5$	$\geq 1,0$	N/mm ²	EN 1348
Adherencia tras acción calor		$\geq 0,5$	$\geq 1,0$	N/mm ²	EN 1348
Adherencia tras acción calor		$\geq 0,5$	$\geq 1,0$	N/mm ²	EN 1348
Tiempo abierto tras 20 min		$\geq 0,5$	$\geq 0,5$	N/mm ²	EN 1348

Tabla 2.

Este trabajo se centra únicamente en el estudio de los adhesivos de tipo cementoso y de la variación de su adherencia con la temperatura. Los objetivos planteados al realizar el trabajo, han sido:

- Estudiar el comportamiento de adherencia con la temperatura de fraguado y endurecimiento para diferentes tipos de adhesivos cementosos existentes en el mercado.
- Comparar el comportamiento de cada uno de los tipos de adhesivos para varios fabricantes presentes en el mercado.

3. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo se basa en la determinación de la adherencia usando un procedimiento basado en la citada norma *UNE-EN 1348/2008: Adhesivos para baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a la tracción de los adhesivos cementosos*. Algunos detalles se han adaptado o modificado para cumplir los objetivos previstos.

3.1. Adhesivos.

En la siguiente tabla aparecen los adhesivos elegidos para los ensayos: se han seleccionado 7 adhesivos, de 2 fabricantes diferentes. Los datos que aparecen son el tipo de adhesivo, una letra que indica el fabricante, la indicación de uso y las limitaciones de cada uno de ellos según su fabricante y, por último, la codificación empleada en el trabajo para designarlos.

ADHES	FABR	INDICACIONES FABRICANTE	LIMITACIONES DE USO	DESIGNACIÓN
Ci	P	Revestimientos y pavimentos interiores. Baldosas de media y alta absorción (>3%)	Baldosas de baja absorción (<3%) y soportes de yeso.	Ci/P
Ci	P	Revestimientos interiores. Baldosas de media y alta absorción (>3%) sobre soporte de yeso	Baldosas de baja absorción (<3%)	Ciy/P
C1TE	P	Revestimientos interiores y pavimentos tanto interiores como exteriores. Especial piscinas, apto sobre cartón-yeso	Baldosas de baja absorción (<3%)	C1TEy/P
C1TE	P	Revestimientos interiores y pavimentos tanto interiores como exteriores. Especial para baldosas de baja absorción (<3%)	Soporte con calefacción radiante	C1TE/P
C1T	K	Revestimientos y pavimentos tanto interiores como exteriores	Soportes no cementosos	C1T/K
C2TES1	P	Revestimientos y pavimentos tanto interiores como exteriores. Especial para fachadas	Soportes de poliéster	C2TES1/P
C2E	K	Revestimientos y pavimentos tanto interiores como exteriores. Especial para porcelánico y fachadas gran formato (también piedra natural)		C2E/K

Tabla 4.

3.2. Probetas.

Para confeccionar las probetas a aplicar con el mortero cementoso, se han elegido baldosas cerámicas esmaltadas tipo BIIa, de acabado liso.

Las medidas de dichas probetas se han elegido de tal forma que permitan la colocación del disco metálico que se va a traccionar. Así, sus dimensiones son: 60 mm x 60 mm.

Se han preparado 4 probetas por cada adhesivo y temperatura.

3.3. Soporte.

Con el objetivo de que la superficie de contacto del adhesivo sea lo más parecida posible a la de una obra, se han utilizado baldosas de mortero de cemento (terrazo) por su parte posterior, como soporte base al que fijar las probetas de baldosa cerámica.

3.4. Procedimiento experimental.

En la realización de los ensayos, podemos distinguir varias fases, que pasamos a describir a continuación:

3.4.1. Preparación del adhesivo, colocación de las probetas y fraguado.

Cada uno de los adhesivos descritos en el apartado anterior, ha sido sometido a 3 condiciones diferentes de temperatura, durante su fraguado:

- Condiciones de tiempo caluroso: 40°C.
- Condiciones ideales: 22°C.
- Condiciones de tiempo ligeramente frío: 5°C.

Estas condiciones se han conseguido mediante una estufa (40°C), en ambiente de laboratorio (20°C) y con un arcón congelador (5°C) y se han mantenido durante 14 días, tiempo tras el que se ha considerado que el fraguado ya se había completado.

Se ha empleado una muestra de 0,5 Kg, de cada uno de los adhesivos cementosos para realizar el amasado correspondiente a cada una de las 3 temperaturas programadas.

La cantidad de agua empleada para el amasado ha sido la indicada para cada caso por su fabricante.

El mezclado se ha llevado a cabo en una amasadora, que permite varias velocidades de amasado y que, además del giro normal, realiza también movimiento planetario.

El procedimiento utilizado para el amasado, es el que se muestra a continuación:

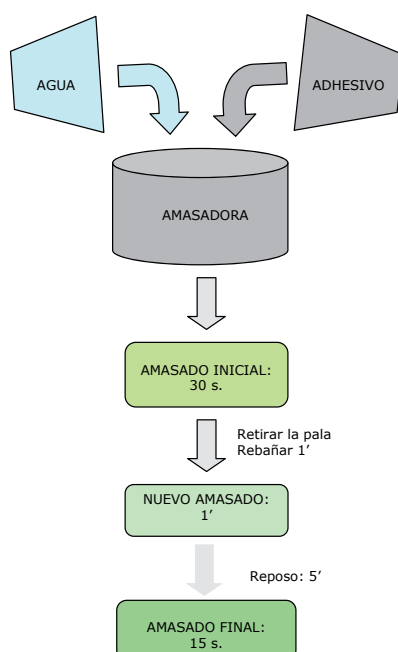


Figura 1.

Una vez amasado el adhesivo, se aplica una capa delgada sobre la base de mortero, con una paleta de borde recto. Seguidamente se aplica una capa más gruesa y se peina con una llana dentada. La llana debe mantenerse formando un ángulo de aproximadamente 60° con el soporte, en ángulo recto con el borde de la placa, y desplazarse paralelamente a dicho borde (en línea recta).

Se esperan 5 min y seguidamente se colocan las 4 probetas de ensayo, dejando entre ellas el espacio suficiente para poder colocar los accesorios del ensayo de tracción.

A continuación, se deja el soporte con las probetas durante 14 días a las condiciones de ensayo que le corresponden: en estufa, ambiente de laboratorio o arcón congelador.



Figuras 2 y 3. Colocación de las probetas sobre el soporte.

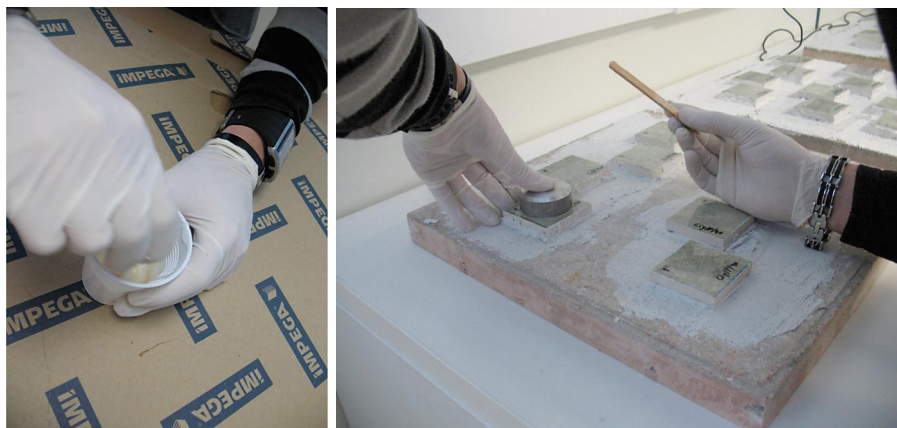
3.4.2. Segunda fase de secado.

Transcurridos los 14 días de la etapa de fraguado, todas las muestras se dejan en condiciones de laboratorio hasta la siguiente fase de pegado de los discos metálicos.

3.4.3. Pegado de discos.

Después de 27 días desde el comienzo del ensayo, se adhieren los discos metálicos mediante una resina epoxídica bicomponente de alta resistencia.

A estos discos se les acopla un tornillo al que se adaptan los dispositivos de tracción que se emplean para medir la adherencia.



Figuras 4 y 5. Preparación resina y pegado de discos metálicos.

3.4.4. Ensayo de tracción.

Tras 24 h desde el pegado de los discos metálicos se realiza el ensayo de resistencia a tracción, procurando que la velocidad de tracción sea lo más uniforme posible.

Se registran los resultados en Newtons.

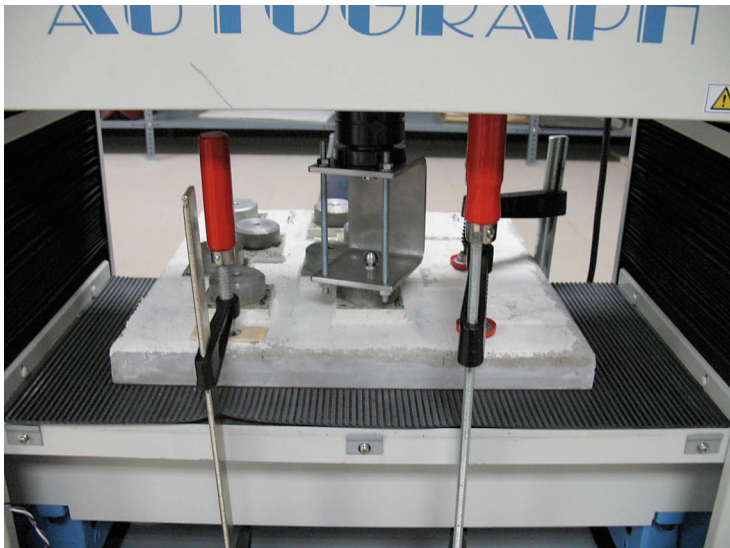


Figura 6. Ensayo de Resistencia a tracción.

3.5. Expresión de los resultados.

Los valores para **cada uno de los ensayos** de resistencia a la tracción realizados se determinan aplicando la siguiente fórmula:

$$A_s = \frac{L}{A}$$

Ecuación 1.

Donde

A_s es el valor individual de la resistencia a la tracción (N/mm²);

L es la carga total (N);

A es la superficie de encolado en milímetros cuadrados (3.600 mm²).

La **resistencia a la tracción, se calcula para cada tipo de adhesivo y fabricante** hallando la media de los valores individuales (se han considerado aberrantes aquellos que difieren más del 20% del dicho valor medio). Se ha considerado este valor el característico de la adherencia de cada producto.

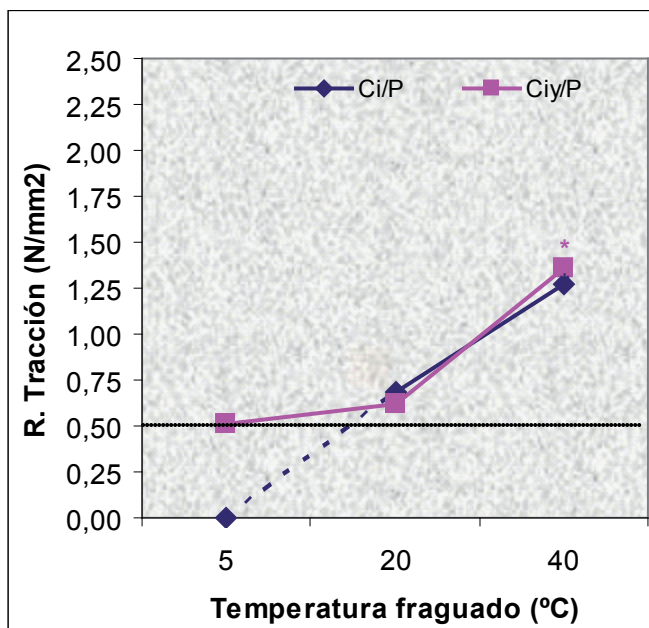
4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez calculados los valores de resistencia a tracción de cada adhesivo, se representan los resultados, **agrupados por tipo de producto**, para comparar entre ellos y extraer conclusiones.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

ADHESIVOS TIPO Ci

Temp. °C	Tensión (N/mm ²)			
	Ci/P		Ciy/P	
40°C	1,39	*	1,39	*
	1,26		1,39	*
	1,39	*	1,28	
	1,03		1,39	*
20°C	0,94		0,50	
	0,54		0,82	
	0,61		0,61	
	0,65		0,53	
5°C	0,00	**	0,00	**
	0,00	**	0,00	**
	0,00	**	0,00	**
	0,00	**	0,52	**



* Valores límite del dispositivo de ensayo.

** Ensayos nulos / sin resistencia.

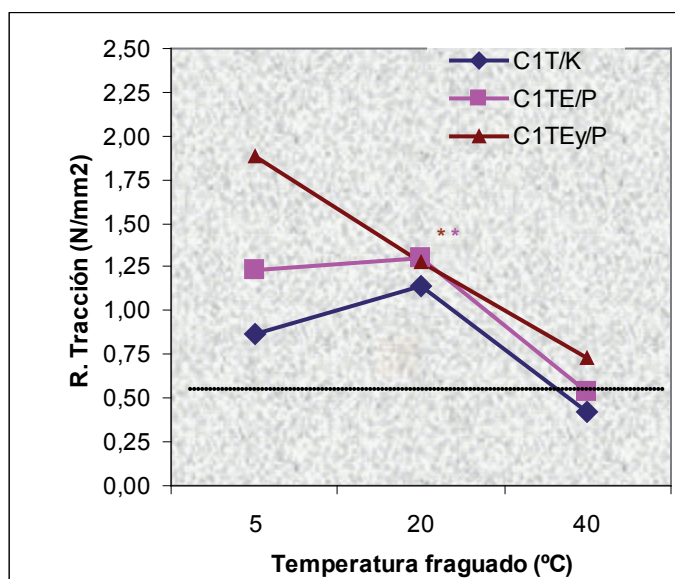
Tabla 5.

Observaciones:

- Las probetas Ciy/P a la temperatura de fraguado de 5°C, no estaban adheridas al soporte, por lo que no aparece ningún resultado en su resistencia a tracción.
- Se evidencia un mejor comportamiento de resistencia a tracción a altas temperaturas de fraguado para ambos productos.

ADHESIVOS TIPO C1

Temp. °C	Tensión (N/mm ²)		
		C1TE/P	C1TEy/P
40°C	0,17	0,25	0,47
	0,15	0,33	0,58
	0,28	0,46	0,46
	1,08	1,11	1,39 *
20°C	1,22	1,01	1,39 *
	1,22	1,39 *	1,39 *
	0,72	1,39 *	0,96
	1,39	1,39 *	1,39 *
5°C	0,90	1,60	1,89
	1,02	0,79	0,00 **
	0,92	0,91	0,00 **
	0,63	1,63	1,86



* Valores límite del dispositivo de ensayo. ** Ensayos nulos / sin resistencia.

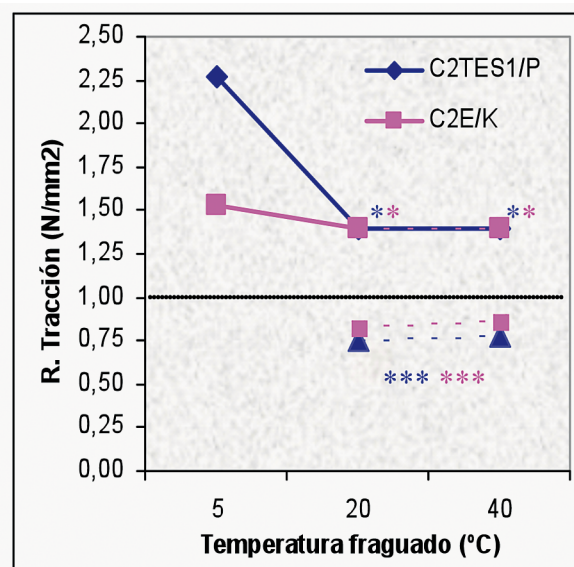
Tabla 6.

Observaciones:

- Para dos de los adhesivos se puede apreciar que las condiciones que dan mejores resultados en la resistencia a tracción, son las de temperatura de fraguado intermedia.
- El tercer producto (C1Tey/P), aunque muestra un valor medio superior para la temperatura de 5°C cabe reseñar que en dicha situación dos muestras han dado valores nulos, de lo que se desprende poca fiabilidad del valor medio. Este adhesivo está indicado por el fabricante para su uso en piscinas.

ADHESIVOS TIPO C2

Temp. °C	Tensión (N/mm ²)					
	C2TES1/P			C2E/K		
40°C	1,39	*	0,82	1,39	*	0,93
	1,39	*	0,69	1,39	*	0,90
	1,39	*	0,79	1,39	*	0,83
	1,39	*	0,81	1,39	*	0,79
20°C	1,39	*	0,80	1,39	*	0,56
	1,39	*	0,73	1,39	*	1,01
	1,39	*	0,85	1,39	*	0,90
	1,39	*	0,64	1,39	*	0,84
5°C	0,00	**		0,00	**	
	2,34			1,30		
	0,00	**		0,00	**	
	2,19			1,75		



* Valores límite del dispositivo de ensayo. ** Ensayos nulos / sin resistencia. *** Valores de tracción con las probetas saturadas de agua.

Tabla 7.

Observaciones:

- No se ha podido determinar la resistencia a tracción de estos adhesivos para las temperaturas de fraguado de 20 y 40°C, no obstante si se puede reseñar que esta resistencia es superior a 1.39N/mm² (límite del equipo de tracción). Sin embargo para ambos adhesivos la resistencia de las muestras saturadas de agua es de aproximadamente 0.75 y 0.85 N/mm², inferior a lo requerido por la norma.

5. ENSAYOS COMPLEMENTARIOS**5.1. Inmersión en agua.**

Algunas de las probetas de los adhesivos tipo C2, han sido sumergidas durante 24 horas en agua a temperatura ambiente, tras lo cual se ha realizado el ensayo de adherencia. El objetivo de esta prueba es apreciar posibles cambios en la resistencia a tracción de los adhesivos cementosos.

Se ha observado una disminución en la resistencia a tracción, es independiente de la temperatura a la cual se había producido fraguado. Se ha evidenciado el mismo comportamiento para ambos fabricantes.



Figura 6. Inmersión en agua.

5.2. Modificación del tiempo abierto con la temperatura.

Se ha realizado una última prueba, para comprobar la posible reducción del tiempo abierto de los adhesivos, bajo condiciones forzadas de secado (sometiendo el soporte con el adhesivo a una corriente continua de aire caliente).

Para ello, la colocación de las probetas sobre el soporte se ha realizado a tres tiempos diferentes: inmediatamente después de amasar el adhesivo y disponerlo en el soporte, a la mitad del tiempo abierto y al final del tiempo abierto marcado por cada fabricante.

Al cabo de una hora, se comprueba cualitativamente la resistencia a ser despegadas que ofrecen las probetas.

Los resultados obtenidos, concuerdan con lo esperado:

- Ninguno de los adhesivos ha mantenido su poder de pegado cuando las muestras se han colocado al final del tiempo abierto.
- Sólo algunas muestras de los adhesivos C2 son capaces de alcanzar una buena adherencia cuando se colocan a la mitad del tiempo abierto. Los adhesivos Ci y C1 no son capaces de realizar la adherencia en estas condiciones.
- Todas las probetas colocadas tras el amasado presentan una buena capacidad de pegado.

6. CONCLUSIONES

A la vista de todo lo que se ha comentado, podemos ofrecer las siguientes conclusiones:

- En condiciones ideales, con una colocación perfecta, las variaciones de temperatura durante las fases de fraguado y endurecimiento de los adhesivos, influyen en su resistencia final. Por ello es de gran importancia respetar las temperaturas de utilización indicadas por los fabricantes para sus productos.
- Las variaciones de resistencia detectadas en estas condiciones se ven influenciadas por la clase de adhesivo, sus características adicionales y el fabricante, por lo que no es posible extrapolar unas conclusiones validas para todos.
- Si se advierte una menor influencia en la resistencia final en los adhesivos C2 que en todos los casos dan resultados superiores a los especificados por la norma.
- Con los resultados obtenidos se intuye un diferente comportamiento en situaciones de calor, de los adhesivos Ci respecto de los C1 y C2, ello puede ser debido a una menor riqueza de conglomerante en el primero que mejora su comportamiento en caso de calor.
- Como ya es conocido, y así lo contempla la norma, la presencia de agua en los adhesivos provoca una reducción importante de la resistencia.
- En condiciones ambientales extremas (temperaturas elevadas o viento) es fundamental reducir al máximo los tiempos de aplicación, pues se produce una falta de adherencia al prolongar el tiempo de aplicación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo económico recibido por ASCER mediante el convenio de Colaboración con la Universitat Jaume I para el desarrollo de actividades del Aula Cerámica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] UNE-EN 1348/2008. Adhesivos para baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a la tracción de los adhesivos cementosos.
- [2] UNE-EN 12004/2008. Adhesivos para baldosas cerámicas. Requisitos, evaluación de la conformidad, clasificación y designación.
- [3] "Guía de la Baldosa Cerámica". Instituto Valenciano de la Edificación. 5ª edición. Valencia 2009.
- [4] Catálogos de los fabricantes de los adhesivos.