

I+D+i

pavimentos de hormigón prefabricado

DESARROLLO DE SOLUCIONES TÉCNICAS ORIENTADAS
AL ASEGURAMIENTO DE LA DURABILIDAD DE LOS
PAVIMENTOS DE TERRAZO EN TODA SU CADENA DE VALOR



Investigación, desarrollo e innovación tecnológica

El sector industrial europeo tiene claro que las actividades de I+D+i son la clave para la regeneración del tejido industrial. Este documento ha resultado como consecuencia de la ejecución del proyecto de "Identificación de necesidades tecnológicas, desarrollos de soluciones técnicas y organizativas comunes y utilización de servicios avanzados compartidos por grupos de pequeñas y medianas empresas (PYME)", concedido en la convocatoria 2009 de ayudas del programa nacional de proyectos de innovación, de la línea instrumental de actuación de proyectos de I+D+i, en el marco del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011, que engloba al subprograma de apoyo a la innovación de las pequeñas y medianas empresas (Innoempresa) para proyectos de carácter suprarregional del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC). Dicho programa está a su vez cofinanciado por la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) en las regiones convergencia, phasing-out y phasing-in.

La Fundación Gómez Pardo consciente de las necesidades de esta industria ha liderado este trabajo en colaboración con el Laboratorio Oficial para Ensayo de Materiales de Construcción LOEMCO y con la Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón ANDECE. Pero todo este esfuerzo ha tenido sentido gracias a ocho empresas fabricantes que han aportado su experiencia, conocimiento, sistema productivo y personal para que el proyecto se haya basado en preserías industriales y no sólo en pruebas de laboratorio.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto ha sido el desarrollo e implantación de soluciones técnicas para mejorar las propiedades de los pavimentos de terrazo. Los fabricantes de terrazo tradicionalmente han centrado sus esfuerzos en optimizar su material basándose en características como la resistencia a flexión y rotura así como el desgaste por abrasión. Hoy en día ambas características están ampliamente estudiadas y controladas por lo que la mejora que se ha afrontado ha ido encaminada a evaluar características de deslizamiento, durabilidad y propiedades anti mancha.

Para obtener información objetiva y representativa se ha optado por trabajar con documentos normativos en vigor, en concreto ensayos de resistencia al deslizamiento según la UNE ENV 12633 (norma de referencia en el Código Técnico de la Edificación) y según la UNE EN 13748-1 y UNE EN 13748-2 (normas de baldosas de terrazo de uso interior y exterior) y ensayos de absorción de agua superficial y total según la UNE EN 13748-1 y UNE EN 13748-2 (normas de baldosas de terrazo de uso interior y exterior), además del método de ensayo de la UNE EN 1339 (norma de baldosas de hormigón). Este último, que inicialmente no estaba previsto, tuvo que incluirse ante la inconsistencia de resultados en este ensayo al aplicar el método de las normas de terrazo.



FASES DEL ESTUDIO

Durante el desarrollo del proyecto se cubrieron las tres etapas de la I+D+i a través de objetivos parciales:

INVESTIGACIÓN:

- Conocer las características de una gama de productos representativa del mercado e identificar los puntos en los que incidir para la mejora del material con el mínimo coste.
- Buscar las técnicas industriales aplicables al terrazo con incidencia en las características ensayadas. En concreto:
 - Aditivos en masa.
 - Tratamientos mecánicos.
 - Tratamientos químicos superficiales.
- Analizar los procesos posteriores a la colocación del producto tanto asociados a la construcción como al uso, para documentar los más representativos y poder estudiarlos a través de un procedimiento científico.
 - Proceso de descejado.
 - Proceso de pulido.
 - Proceso de abrillantado.
 - Procesos de limpieza y mantenimiento.

DESARROLLO:

- Realizar preserías de baldosas fabricadas con distintos aditivos en masa en las instalaciones de los fabricantes participantes en el proyecto para evaluar el comportamiento sobre las piezas acabadas, especialmente en su característica absorción de agua (superficial y total).
- Someter a una serie de muestras a distintos tratamientos mecánicos superficiales para evaluar su influencia sobre el índice de deslizamiento y las propiedades anti mancha del material.

Caracterización de la gama de productos - Deslizamiento

La etapa de caracterización ha tenido como objeto determinar el punto de partida de las gamas de productos de las PYMEs participantes en lo referente a cumplimiento normativo, bien con las normas de producto, la UNE EN 13748-1 y la UNE EN 13748-2 bien con el CTE y la norma de referencia en temas de deslizamiento la UNE ENV 12633.

Los ensayos realizados han sido ensayos de deslizamiento según la UNE EN 13748-1 y UNE EN 13748-2 (mismo procedimiento) y según la UNE ENV 12633. Las diferencias entre las dos primeras y la tercera son mínimas:

- El número mínimo de probetas a ensayar en las normas de producto es 5 y en la norma del CTE es 4 u 8 si la desviación entre las primeras 4 es muy alta.
- El rango de dureza permitido de la goma difiere levemente.

Para determinar los valores medios de estos pavimentos se realizó un muestreo valorando la cuota de mercado de los productos en la situación actual.

Así se ensayaron productos de todos los participantes del proyecto con distintos acabados tanto de exterior como de interior mediante los métodos anteriormente descritos. Los resultados se exponen a continuación:



ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL PARA PAVIMENTOS DE EXTERIOR

El CTE determina que para pavimentos de exterior se requiere que los productos cumplan la denominada clase 3 que corresponde con valores del índice de deslizamiento superiores a 45.

Los pavimentos de exterior presentan índices de deslizamiento superiores a 50 en todos los casos salvo los fabricados a partir de canto rodado mediante el procedimiento de lavado superficial y uno de los modelos de pastillas. Por tanto esta característica debe ser estudiada en estos productos.



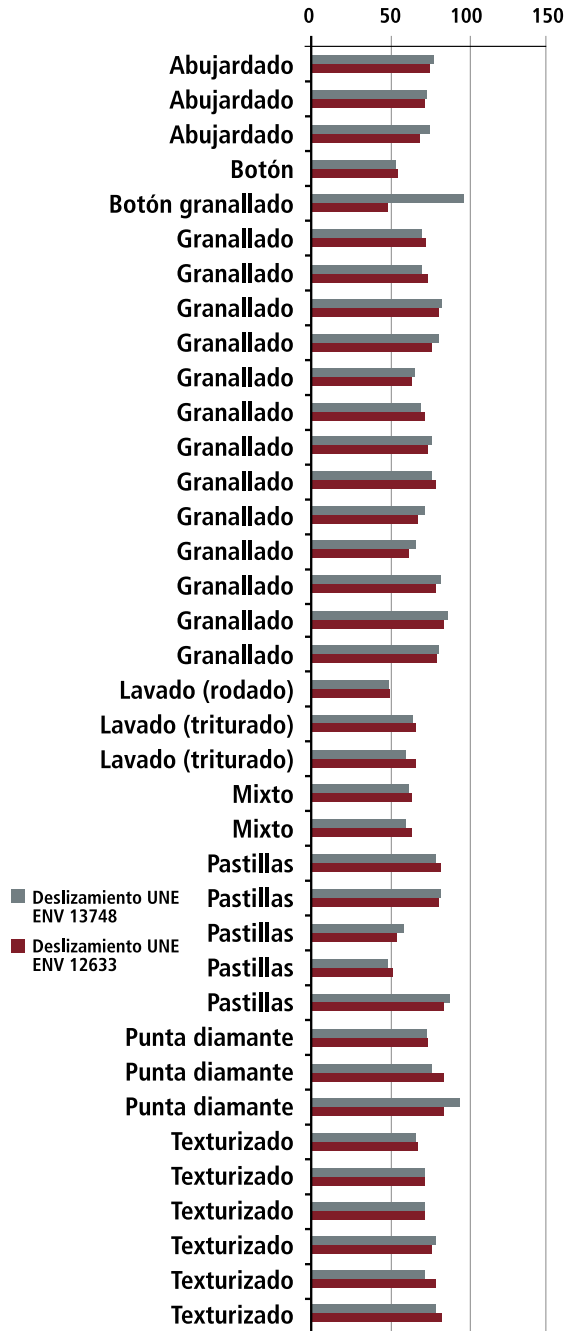
- Ensayar absorción de agua, propiedades anti mancha y deslizamiento en muestras de pavimento de interior y exterior tras someterlas a tratamientos químicos superficiales.
- Evaluar la influencia de los procesos de descejado, pulido y abrillantado en el pavimento de terrazo de uso interior a través del índice de deslizamiento.

INNOVACIÓN:

- Aplicar técnicas de envejecimiento por procedimientos mecánicos para mejorar el índice de deslizamiento del pavimento sin perjudicar de forma significativa las características estéticas, de uniformidad y brillo.
- Determinar los procesos mecánicos óptimos para la fabricación de modelos de interior que no requieran tratamientos posteriores en obra.
- Evaluar la influencia de variables de fabricación tales como: naturaleza del árido, proceso de abujardado o granallado, sistema de pulido, proceso de cepillado y naturaleza de los cepillos utilizados.
- Ensayar el comportamiento en resistencia al deslizamiento de los productos sometidos a tratamientos mecánicos aplicados a pavimentos ya colocados en lugar de en fábrica.
- Determinar la compatibilidad de los tratamientos mecánicos y de aplicación superficial a través de un análisis comparativo.



CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO PARA PAVIMENTOS DE EXTERIOR

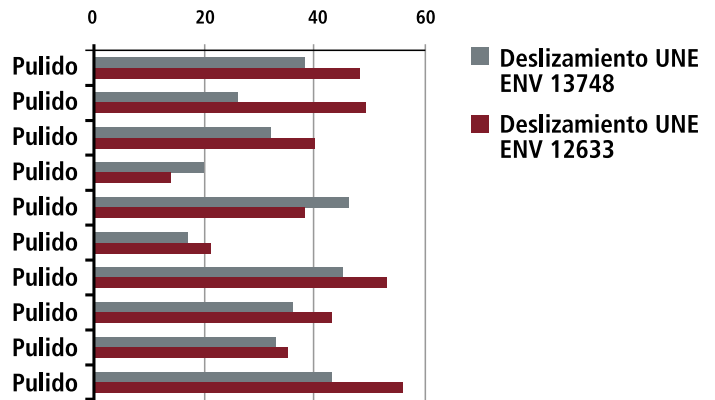


Se observa, a partir de las probetas estudiadas, que los panots pulidos pueden presentar índices de deslizamiento inferiores a 50 si las zonas pulidas exceden las dimensiones 150mm x 50mm siendo por tanto estos productos poco recomendables para su uso como pavimento exterior. Los fabricantes deberían realizar ensayos tipo de estos productos. Este tipo de panot debe comercializarse con cautela ya que puede no cumplir los requisitos de producto exterior.

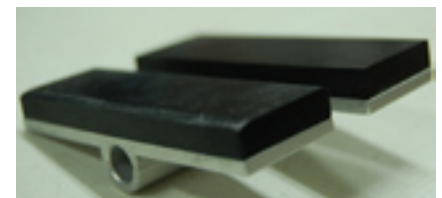
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL PARA PAVIMENTOS DE INTERIOR

El CTE determina que para pavimentos de interior secos se requiere productos de clase 1, que corresponde con valores del índice de deslizamiento superiores a 15. Para pavimentos de interior húmedos y para rampas o escaleras secas clase 2, que corresponde con valores del índice de deslizamiento superiores a 35 y para rampas y escaleras de interior húmedas clase 3, que corresponde con valores del índice de deslizamiento superiores a 45.

CARACTERIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO PARA PAVIMENTOS DE INTERIOR



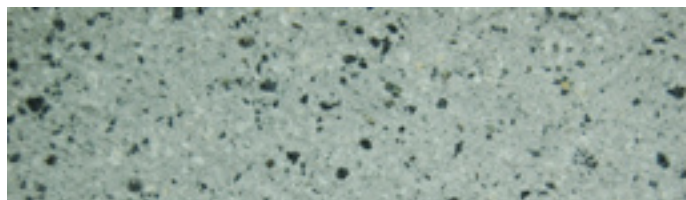
Los pavimentos de interior presentan índices de deslizamiento muy variables, con distintas clases según el CTE. En teoría el acabado superficial de los productos es el mismo ya que son pulidos en fábrica con muela de grano 220, sin embargo a la vista de los resultados y comprobando el acabado superficial de las probetas mediante inspección visual se descubre que en realidad el grado de pulido del producto no es uniforme en toda la baldosa a causa de la acción variable de los cabezales de pulido (micro rugosidad no apreciable a simple vista) por lo que indicar estos valores como representativos del lote no es adecuado ya que pueden confundir al cliente.



La dispersión de resultados invalida por tanto cualquier apreciación respecto a la deslizabilidad de los pavimentos por lo que este análisis debe basarse en el estudio del pulido y abrillantado del material.

MEJORAS TECNOLÓGICAS EN PAVIMENTOS DE EXTERIOR

A la vista de los resultados no es necesario un estudio más profundo sobre este tema. Por esa razón este proyecto se ha centrado en otros puntos más relevantes para el producto y sus clientes.



ÁRIDO	GRANALLADO GRUESO	GRANALLADO FINO	CEPILLO DE ACERO	CEPILLO ABRASIVO	TRATAMIENTO SUPERFICIAL	DESPLAZAMIENTO UNE ENV 12633
Cuarcita	NO	SI	SI	36 a 500	NO	33
Cuarcita	SI	NO	NO	60 a 500	NO	55
Cuarcita	SI	NO	NO	60 a 500	NO	45
Cuarcita	SI	NO	SI	36 a 500	NO	44
Mixto	SI	NO	SI	36 a 500	NO	45
Mixto	NO	NO	SI	NO	NO	51
Mixto	SI	NO	SI	24 a 500	NO	58
Mixto	NO	NO	SI	24 a 500	NO	44
Mixto	SI	NO	SI	120 a 500	NO	56
Mixto	SI	NO	SI	24 a 500	NO	56
Mixto	SI	NO	NO	500	NO	59
Trit. mármol	NO	SI	SI	36 a 500	NO	18
Trit. mármol	NO	SI	SI	36 a 500	NO	16
Trit. mármol	SI	NO	NO	60 a 500	NO	28
Trit. mármol	SI	NO	NO	60 a 500	NO	32
Trit. mármol	SI	NO	SI	36 a 120	NO	33
Trit. mármol	SI	NO	SI	36 a 500	NO	21
Trit. mármol	SI	NO	SI	36 a 500	NO	23
Trit. mármol	SI	NO	SI	36 a 500	NO	41
Trit. mármol	SI	NO	SI	36 a 500	NO	29
Trit. mármol	SI	NO	SI	36 a 500	NO	17
Vidrio	NO	SI	SI	36 a 500	NO	31
Vidrio	SI	NO	NO	60 a 500	NO	46
Vidrio	SI	NO	SI	36 a 500	NO	48

MEJORAS TECNOLÓGICAS EN PAVIMENTOS DE INTERIOR

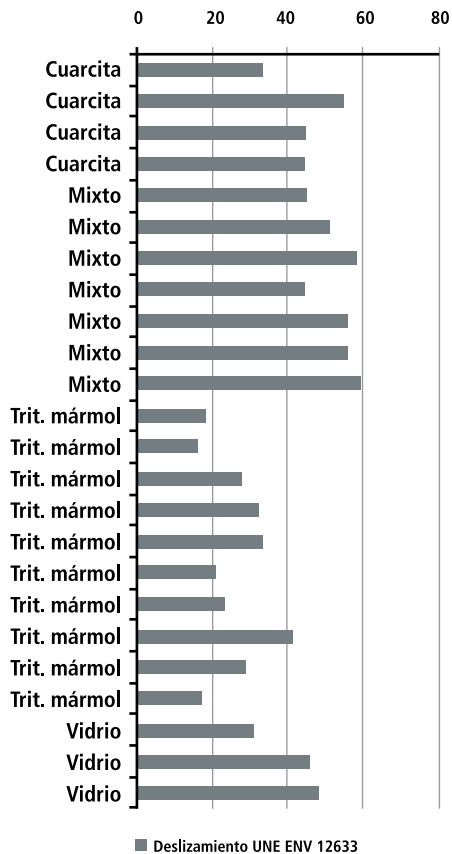
TRATAMIENTOS MECÁNICOS SUPERFICIALES EN FÁBRICA

Para determinar la eficacia de los tratamientos superficiales en fábrica se ha ensayado el cepillado y pulido de material en cuatro fábricas sobre distintos materiales base. Se ha prestado especial atención a la sucesión de procesos pero también a la naturaleza del árido y al tiempo desde la fabricación.

Estos modelos de preserie se estudiaron de acuerdo con los mismos criterios que se utilizaron en la fase de caracterización.

Del estudio se obtuvieron los siguientes datos:

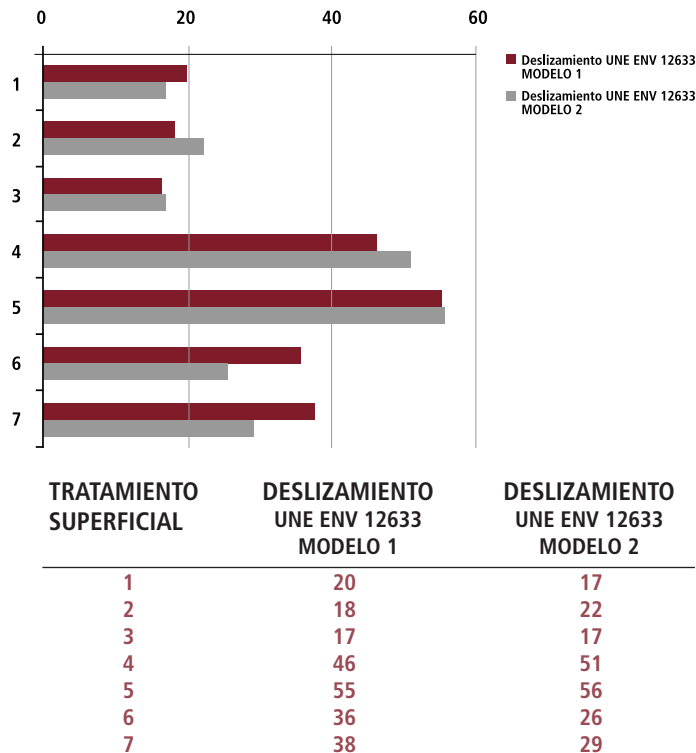
TRATAMIENTOS MECÁNICOS SUPERFICIALES Y SU INFLUENCIA EN EL DESLIZAMIENTO



Las conclusiones de esta fase son las siguientes:

- El árido con el que se fabrica la baldosa tiene una influencia clara de forma que sólo los productos con áridos duros y medios (vidrio, cuarcita y mixto) consiguen valores de deslizamiento altos (incluso clase 3) por el contrario los áridos blandos (triturado de mármol) no logran valores de deslizamiento ni siquiera para cumplir la clase 2. El problema que presenta esta solución es que no se puede ofertar un producto con acabado antideslizante y con la misma apariencia y color si éste es fabricado con árido procedente de triturado de mármol. El fabricante que desee ofertar un producto con estas características tendrá que afrontar modificaciones en su dosificación y variaciones en el tipo de árido.
- No aplicar un proceso de granallado genera valores de deslizamiento inferiores a 35 y por tanto no adecuados para productos denominados antideslizantes. El tratamiento con cepillos abrasivos no incrementa significativamente el índice de deslizamiento y por tanto debe ser un proceso posterior al granallado / abujardado. Las desventajas de estos procesos es que someten a la pieza a cargas variables en las aristas que pueden resultar en roturas no deseadas. Es necesario evaluar el índice de roturas para determinar si el proceso es viable y en qué condiciones.
- Los granallados finos, arenados... tampoco son tratamientos previos que generen la suficiente rugosidad superficial y por tanto que garanticen valores de deslizamiento altos.
- El uso de cepillos de acero tiene un efecto negativo sobre el deslizamiento reduciendo levemente el índice. Esto se debe a que actúa sobre las zonas más duras suavizándolas y por tanto perjudicando la antideslizabilidad del producto. No es aconsejable por tanto introducir un cepillado con cepillos de acero. Además las propiedades estéticas del material no se ven apenas alteradas.
- Con ciertos condicionantes se puede alcanzar el índice de deslizamiento deseado. Eso sí como era previsible el producto final es rugoso e incluso áspero y requiere de un tratamiento químico superficial que evite que se incruste la suciedad.

TRATAMIENTOS QUÍMICOS SUPERFICIALES Y SU INFLUENCIA EN EL DESLIZAMIENTO



TRATAMIENTOS QUÍMICOS SUPERFICIALES EN FÁBRICA O EN OBRA

La otra alternativa para mejorar el deslizamiento de las superficies es la aplicación de tratamientos químicos que generen la rugosidad necesaria para incrementar el coeficiente de rozamiento. Como parte de este proyecto se han ensayado algunos de estos productos de entre todos los disponibles en el mercado. Los ensayos se han realizado sobre piezas pulidas tras ser aplicado el tratamiento de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Los resultados se muestran en la tabla superior.

Las conclusiones de esta fase son las siguientes:

- Desde el punto de vista de la deslizabilidad tan sólo dos productos han presentado valores significativos gracias al ataque al que someten a la superficie estudiada. Por tanto debe evaluarse el funcionamiento de estos dos productos con cautela ya que pueden llevar asociadas otras desventajas.
- La generación de productos ensayada aporta soluciones válidas y por tanto debería evaluarse más profundamente a nivel individual tanto por fabricantes como por colocadores para determinar su eficacia.



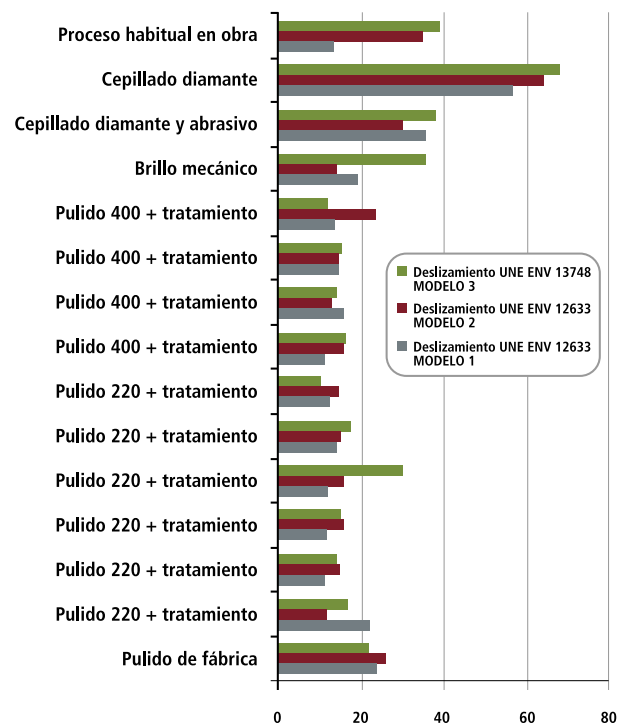
DESCEJADO, PULIDO Y ABRILLANTADO

Los últimos procesos a los que son sometidos los pavimentos de terrazo de interior son el pulido y el abrillantado. En nuestro estudio se ha trabajado sobre tres modelos distintos de interior cuyo acabado de fábrica era pulido 220. Mediante una simulación en máquina de pulido de paneles se reprodujeron las condiciones de descejado, pulido y abrillantado de tres modelos utilizando 15 procedimientos distintos, dos de los cuales incluyeron el uso de cepillos de abrasivo y de cepillos de diamante.

Si bien estos ensayos no fueron realizados en obra permiten tener una idea clara del comportamiento del material en condiciones aisladas y reproducibles, de este modo se puede establecer la base para un procedimiento de laboratorio que permita emular el pulido en obra. Los resultados de los ensayos son los siguientes:



PROCEDIMIENTO DE DESCEJADO, PULIDO Y ABRILLANTADO. INFLUENCIA EN EL DESLIZAMIENTO



PROCESO	PULIDO MÁXIMO	CEPILLADO DIAMANTE	CEPILLADO ABRASIVO	FLUOSILICATO	CERA	ACRISTALADOR	MUELA DE BRILLO	DESGLIZAMIENTO UNE ENV 12633 MODELO 1	DESGLIZAMIENTO UNE ENV 12633 MODELO 2	DESGLIZAMIENTO UNE ENV 12633 MODELO 3
Pulido de fábrica	220	NO	NO	NO	NO	NO	NO	24	26	22
Pulido 220 + tratamiento	220	NO	NO	NO	NO	SI	NO	23	12	17
Pulido 220 + tratamiento	220	NO	NO	SI	SI	SI	NO	11	15	15
Pulido 220 + tratamiento	220	NO	NO	SI	SI	SI	NO	12	16	15
Pulido 220 + tratamiento	220	NO	NO	NO	NO	SI	NO	12	16	31
Pulido 220 + tratamiento	220	NO	NO	SI	SI	NO	NO	14	15	18
Pulido 220 + tratamiento	220	NO	NO	SI	SI	SI	NO	13	15	11
Pulido 400 + tratamiento	400	NO	NO	SI	SI	SI	NO	12	16	17
Pulido 400 + tratamiento	400	NO	NO	SI	SI	SI	NO	16	13	15
Pulido 400 + tratamiento	400	NO	NO	SI	SI	SI	NO	15	15	16
Pulido 400 + tratamiento	400	NO	NO	SI	SI	SI	NO	14	24	13
Brillo mecánico	600	NO	NO	SI	SI	NO	SI	20	14	36
Cepillado diamante y abrasivo	24	24 y 36	320	NO	NO	NO	NO	36	31	38
Cepillado diamante	24	24 y 36	NO	NO	NO	NO	NO	57	65	69
Proceso habitual en obra	120	NO	NO	SI	SI	NO	NO	14	35	39

Las conclusiones de esta fase son las siguientes:

- Como se observa de los resultados solo es posible lograr clase 3 mediante el cepillado con cepillos de diamante. La clase 2 sólo ha sido alcanzada mediante cepillos de abrasivo y luego de diamante.
- De todos los procesos simulados el que mejor resultado ofrece (salvo los cepillados) es la simulación del tratamiento habitual en obra (descejado y aplicación combinada de fluosilicato y ceras). El resto es difícil que se presenten valores superiores a 20 moviéndonos en todo momento en márgenes muy cercanos a los 15 de límite inferior.
- Pulir con muela 400 sí que tiene un efecto claro en el brillo pero no afecta significativamente al deslizamiento ya que estamos tratando con valores bajos en ambos casos.
- De entre todas las soluciones destaca la correspondiente a brillo mecánico que sin duda es la de aspecto más atractivo y brillante y que mantiene sus valores relativamente altos, este procedimiento que es prácticamente inaplicable en obra por la gran cantidad de pasadas que requiere tiene la ventaja de no requerir la aplicación de ningún producto.
- La gran mayoría de los pulidos resultan en valores cercanos a 15 y por tanto en el margen de seguridad. Es necesario realizar un estudio pormenorizado para cada fabricante para poder así definir los parámetros óptimos de pulido convencional.
- Contrariamente a la creencia general, el pulido que se hace habitualmente en obra genera unos valores de deslizamiento adecuados para clase 1.
La aplicación de procedimientos más complejos no garantiza mejor comportamiento antideslizante.
- El uso o no de ceras afecta de forma poco significativa. Además los distintos cristalizadores tampoco parecen aportar ventajas claras en cuanto a deslizamiento.
- La recomendación es por tanto realizar el pulido con muelas del orden de 120 y la aplicación de tratamientos químicos combinados de cera y fluosilicato. Es el procedimiento más sencillo y más habitual en obra. El único inconveniente de este proceso es que el producto puede no estar suficientemente protegido al escoger esta opción.
- Este estudio debe servir como referencia en cuanto a procedimientos de pulido y abrillantado.
Todo fabricante que quiera seguridad a la hora de garantizar una clase u otra debería ensayar su procedimiento recomendado de acuerdo con su prescripción.
- Cabe destacar que el cepillado del producto colocado tiene un comportamiento muy bueno si se realiza con cepillos de diamante y puede resultar una opción interesante a aplicar incluso a productos ya colocados.
- Los resultados obtenidos con cepillo de diamante deben considerarse con cautela ya que se ensayó una gama muy reducida de estos productos.

Caracterización de la gama de productos - Absorción de agua superficial y total

Los ensayos de absorción superficial y total se han realizado utilizando los procedimientos de la UNE EN 13748-1 y UNE EN 13748 -2 (mismo procedimiento) empleando el horno a temperatura 105° C y realizando el secado de las probetas en primer lugar de acuerdo con el procedimiento de laboratorio auditado por ENAC que realiza el laboratorio LOEMCO.

Este procedimiento puede quedar en entredicho para determinadas aplicaciones y productos de acuerdo con lo que se desprende de los ensayos de aditivos en masa y acabado superficial. Ese punto se discutirá posteriormente.



ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL PARA PAVIMENTOS DE EXTERIOR

La absorción superficial recomendada en el complemento nacional de la norma de aplicación (0,4) se supera en algunas ocasiones pero no se observa relación entre el acabado superficial y esta característica. Esta conclusión sin embargo no

puede extrapolarse a otros productos debido al reducido número de probetas por fabricante y a las diferencias productivas entre los mismos.

La absorción total, cuyo valor límite es 6%, se supera en algunos productos y acabados. Los datos tampoco permiten valorar la influencia del acabado superficial en esta característica aunque sí se observan grandes diferencias entre productos de distintos fabricantes.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL PARA PAVIMENTOS DE INTERIOR

La absorción superficial se mantiene en valores inferiores a 0,4 salvo en un caso particular por lo que esta característica se puede considerar como segura con los métodos productivos actuales.

La absorción total del producto se mantiene en valores similares al producto de exterior pero como los requisitos en este sentido para producto de interior son menos restrictivos (< 8% en lugar de < 6%) esta característica se puede considerar como segura con los métodos productivos actuales.



MEJORAS TECNOLÓGICAS EN PAVIMENTOS DE EXTERIOR

USO DE ADITIVOS EN MASA

Para ilustrar el funcionamiento de los aditivos en masa en la reducción de la absorción de agua hemos contado con la colaboración del director técnico de una de las grandes compañías fabricantes de aditivos:

Los aditivos hidrófugos son aquellos cuya función principal consiste en disminuir la absorción capilar del hormigón endurecido y/o disminuir el flujo de agua a través del mismo. Esto lo consiguen:

- Reduciendo el tamaño y la continuidad de la red capilar y estructura porosa.
- Bloqueando dicha estructura capilar y porosa.
- Llenando los capilares con un material hidrófobo para prevenir el efecto de succión de los mismos.

La repelencia al agua que confieren los aditivos hidrófugos sólo es efectiva siempre y cuando la presión aplicada sea baja, como es el caso de la exposición a la lluvia o algunos depósitos de líquidos. Debe tenerse en cuenta que, en el caso de fisuras o coqueas, estos aditivos no pueden impedir el paso del agua. Por tanto, como primera medida para evitar la absorción capilar de agua, el hormigón debe ser apropiadamente compactado y curado para evitar de esta manera la presencia de fisuras y coqueas.

Su utilización se recomienda para mejorar la durabilidad de hormigones expuestos a ambientes agresivos. Así mismo, es el mejor método para disminuir las eflorescencias, problema muy importante, para los prefabricados, en especial si son coloreados.

Es importante destacar que un aditivo hidrófugo aporta un efecto hidrofugante (repelencia al agua) en el hormigón que no debe confundirse con el efecto impermeabilizante (impedir la penetración de agua incluso bajo presión).

MECANISMO DE ACCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA

En el hormigón, además del agua necesaria para la hidratación del cemento, se requiere un exceso de agua para proporcionar la trabajabilidad adecuada en el estado fresco. Este exceso de agua da lugar a una red capilar porosa, siendo estos capilares o poros interconectados las vías por donde migra el agua en exceso hacia el exterior y por donde, posteriormente, podría penetrar agua en el seno del hormigón endurecido.

Para evitar o minimizar la absorción capilar del hormigón endurecido, el primer paso consistirá en disminuir el volumen de esta red capilar empleando un superplastificante, es decir, minimizando de esta manera la cantidad de agua necesaria para obtener una determinada trabajabilidad (ver capítulo 5). Sin embargo, la simple reducción del volumen de capilares no hace que el hormigón esté completamente hidrofugo (muestre carácter repelente al agua).

Por ello, es necesario el empleo de los aditivos hidrófugos de masa, además de los Superplastificantes. En función de su composición química, los aditivos hidrófugos empleados en hormigón actúan de dos maneras diferentes:

- Reaccionando con los productos de hidratación: Su mecanismo de acción consiste en reaccionar con la cal producida en las reacciones de hidratación del cemento para formar sustancias hidrófobas que obstruyen los capilares del hormigón endurecido y repelen el agua.
- Formando gotas de mayor tamaño mediante coalescencia (agrupación de gotas pequeñas): El aditivo hidrófugo, al entrar en contacto con el ambiente alcalino del interior de los capilares del hormigón, forma una capa hidrofóbica, de manera que las gotas de agua tienden a agruparse formando gotas de mayor tamaño que, como consecuencia, no pueden penetrar por los capilares más finos del hormigón endurecido.

Por otro lado, mediante el empleo de productos finamente divididos, ya sean reactivos o no, con un tamaño de partícula entorno a 0.1 µm, se contribuye a bloquear los capilares del hormigón. Estas partículas son lo suficientemente pequeñas como para permanecer en los capilares bloqueándolos, es decir contribuyendo a la impermeabilización de los capilares pero sin proporcionar un efecto hidrófobo como tal.

Los aditivos hidrófugos se añaden durante el amasado del hormigón o, posteriormente, con un amasado suplementario, dentro de los límites de dosificación recomendados por el fabricante, pudiéndose utilizar con todo tipo de cementos.

En cuanto a la efectividad de los hidrófugos, ésta se ve influenciada por el tamaño y número de capilares o la presencia de coqueas en el hormigón, por lo que es fundamental realizar hormigones lo más compactos posible mediante el empleo de aditivos superplastificantes.

Como es lógico, y ya se ha comentado previamente, la existencia de huecos, fisuras e incluso capilares de gran tamaño, permiten la circulación fácil del agua minimizando el efecto hidrofugante del aditivo.

De todas formas, siempre ha de tenerse en cuenta que un hidrófugo de masa en ningún momento impide totalmente la entrada de agua, puesto que la estructura interna del hormigón es porosa y cambiante a medida que se van produciendo las reacciones de hidratación del cemento. También debe considerarse que el poder hidrofugante de estos productos podría disminuir a lo largo del tiempo ante ciertas condiciones de exposición, por ejemplo, presión constante de agua, sobre todo si el hormigón ha permanecido un largo periodo en ambiente muy seco o caluroso. Sin embargo, la capacidad hidrofugante, podría recuperarse en el momento que se restablecieran las condiciones más idóneas de humedad y temperatura.

INFLUENCIA EN EL HORMIGÓN FRESCO

Los aditivos hidrófugos se formulan para actuar sobre las propiedades del hormigón endurecido, sin afectar significativamente las del hormigón fresco.

Sin embargo, dado que algunos aditivos hidrófugos tienen un efecto tensoactivo, pueden ocluir algo de aire, especialmente si se emplean por encima de la dosificación máxima recomendada.

De acuerdo a la norma UNE-EN 934-2, el volumen del aire total que ocluyan no debe sobrepasar en un 2% al del hormigón testigo. En caso de superar este porcentaje, el fabricante debe notificarlo. Este efecto es más apreciable a medida que se hace más fluida la consistencia del hormigón, no afectando, prácticamente, a los hormigones menos fluidos.

Este aumento del aire ocluido en el hormigón da lugar a una mejora en la cohesión, así como disminución de la segregación, aunque si se sobredosifican las resistencias a compresión y/o el tiempo de fraguado podrían verse afectados negativamente.

Ignacio de la Fuente

Director técnico de CHRYSO aditivos

Los resultados obtenidos para las pruebas de aditivos en masa sobre productos granallados o panot se exponen a continuación considerando que si no hay ningún dato entre paréntesis los ensayos se han realizado de acuerdo con la UNE EN 13748-2, si entre paréntesis se indica (I) los ensayos se han realizado mediante hidratación previa al secado tal y como establece la UNE EN 1339 (baldosas de hormigón). Por último si se indica entre paréntesis (BT) es porque el ensayo se ha realizado de acuerdo con la UNE EN 13748-2 utilizando baja temperatura en concreto 40°C como temperatura máxima en lugar de los 105°C que indica la norma.

El hecho de realizar los ensayos de acuerdo con estos tres procedimientos tiene como objetivo determinar si el método de ensayo influye en el resultado final del valor de absorción total de agua, argumento que han utilizado los proveedores de aditivos para justificar el bajo rendimiento de sus productos.

Cabe destacar que no es posible determinar la propiedad absorción de agua sin alterar el material ensayado pero al menos debemos determinar la influencia de dicho método en el resultado final.

Las conclusiones de esta fase son las siguientes:

- Es posible lograr una reducción del orden del 1% utilizando aditivos. Al menos cuatro productos se han comportado correctamente en este sentido. Cada fabricante deberá determinar su dosificación óptima coste/rendimiento para así garantizar que el rango de funcionamiento se mantiene por debajo del 6%.
- Si bien algunos aditivos han dado problemas de trabajabilidad, curado y desmoldeo en general el comportamiento del aditivo ha sido bueno. El uso de dichos aditivos se ha visto alterado por factores no considerados en el proyecto que son muy relevantes como por ejemplo la homogeneidad de la mezcla o la relación agua cemento.
- Respecto de la homogeneidad indicar que la adición del aditivo en el agua garantiza una buena mezcla pero si el aditivo se vierte sobre la masa su comportamiento se ve seriamente perjudicado.
- Respecto de la relación agua cemento, el aditivo funciona mejor cuanto mayor cantidad de agua tiene la mezcla, por tanto las mezclas más secas presentan una reducción menor en la absorción para las mismas dosificaciones.

TRATAMIENTOS QUÍMICOS SUPERFICIALES EN FÁBRICA

La otra alternativa para mejorar la absorción de agua de las baldosas es la aplicación de tratamientos químicos que protejan la superficie ante la entrada de agua.

Como parte de este proyecto se han ensayado algunos de estos productos de entre todos los disponibles en el mercado. Los ensayos se han realizado sobre piezas rugosas tras ser aplicado el tratamiento de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Las conclusiones de esta fase son las siguientes:

- No es posible evaluar de forma objetiva el funcionamiento de estos productos ya que algunos se volatilizan al realizar el ensayo (su base química es el benceno).
- Los ensayos a baja temperatura muestran resultado muy buenos pero es difícil determinar su validez.
- A simple vista el funcionamiento es correcto y además otorgan a los materiales un aspecto muy positivo creando el llamado "efecto mojado".
- Estos productos ofrecen propiedades anti mancha que han sido evaluadas como parte de este estudio.

MEJORAS TECNOLÓGICAS EN PAVIMENTOS DE INTERIOR

A la vista de los resultados no es necesario un estudio más profundo sobre este tema. Por esa razón este proyecto se ha centrado en otros puntos más relevantes para el producto y sus clientes.

Por otro lado, la mayoría de las mejoras aplicables a productos de exterior también lo son a productos de interior siempre que éstos, se fabriquen de forma que su colocación final no requiera pulido ni abrillantado posterior.



