

CONTRIBUCIÓN DE LOS PRODUCTOS DE MEZCLA SECA A LA CALIDAD DEL AIRE EN INTERIORES

⁽¹⁾ S. Carrà, ⁽²⁾ G. Ortin

⁽¹⁾ Mapei SpA, Centro de I+D, Milán (Italia)

⁽²⁾ Ibermapei, Asistencia Técnica, Barcelona (España)

RESUMEN

Una edificación verde o sostenible es una estructura diseñada, construida, reformada, utilizada o reutilizada de forma ecológica. La salud y la seguridad de los ocupantes son requisitos fundamentales para que una construcción se denomine verde: las edificaciones con buena calidad medioambiental general pueden reducir el índice de enfermedades respiratorias o del síndrome del edificio enfermo y aumentar el rendimiento de los trabajadores. Muchos materiales de construcción emiten gases tóxicos tales como compuestos orgánicos volátiles y formaldehído que pueden tener un efecto perjudicial en la salud de los ocupantes. Muchos países y comunidades internacionales han adoptado varias normas que regulan los máximos permitidos de COV (compuestos orgánicos volátiles) en productos, estableciendo estándares para la calidad del aire interior y restringiendo el uso de ciertas sustancias químicas en la industria de la construcción. La clasificación Emission Code EC1 ha ganado importancia en la Comunidad Europea y establece límites muy ajustados de sustancias químicas volátiles orgánicas y cancerígenas, creando un criterio de selección significativo para el uso de los productos de mezcla seca (*dry-mix*) en construcciones realmente sostenibles.

1. INTRODUCCIÓN

Los productos de mezcla seca (*dry-mix*) pueden contribuir significativamente en la reducción del impacto de las construcciones en la salud humana y el medio ambiente, que es uno de los requisitos fundamentales para que una edificación pueda denominarse verde. Las edificaciones con buena calidad medioambiental general pueden reducir el índice de enfermedades respiratorias o del síndrome del edificio enfermo y aumentar el rendimiento de los trabajadores. El uso de productos de mezcla seca, en comparación con las técnicas de construcción tradicionales per se, permite un uso más eficaz de los recursos, como por ejemplo el uso de adhesivos de capa delgada para la colocación de baldosas, con un consumo mucho menor de material, en lugar de la aplicación en capa gruesa. Además, los materiales de construcción de mezcla seca son productos formulados que pueden diseñarse de forma apropiada para hacerlos más conformes a las preocupaciones medioambientales. Por ejemplo, es posible añadir al producto de mezcla seca algunos aditivos capaces de reducir la formación de polvo (formado por finas partículas que son peligrosas si se respiran) cuando el producto se vierte de la bolsa para mezclarlo con agua, protegiendo por tanto la salud de los trabajadores en la obra.

Además, muchos materiales de construcción emiten gases tóxicos tales como los compuestos orgánicos volátiles y el formaldehído que pueden tener un efecto perjudicial para la salud de los ocupantes. La selección cuidadosa de los aditivos orgánicos contenidos en la formulación y una composición apropiadamente optimizada pueden reducir el impacto de las sustancias químicas de la construcción en la salud de los ocupantes finales de la edificación, reduciendo en gran medida la concentración de los compuestos orgánicos volátiles a niveles de ppm, particularmente la de las sustancias potencialmente cancerígenas. Esta ponencia tratará los medios mencionados anteriormente para desarrollar sustancias químicas de mezcla seca para la construcción, compatibles con los conceptos de edificación sostenible, dedicando especial atención a los productos para la colocación de baldosas.

2. REDUCCIÓN DE POLVO EN PRODUCTOS DE MEZCLA SECA

El uso de aditivos para ayudar a reducir la formación de polvo en las formulaciones basadas en el cemento Portland se conoce de la literatura de patentes desde hace casi 50 años. La patente GB892015, publicada en 1962, informa sobre una mejora en la fabricación y las propiedades del cemento Portland repelente al agua para reducir la tendencia a formar polvo, agregando 0,2-1,5% en peso de aceite lubricante mineral, vaselina o cera mineral [1]. La patente GB12273355 propone una composición de mortero a base de cemento Portland que incluye la incorporación de un aceite mineral con el objeto de reducir la formación de polvo [2]. Algunas reivindicaciones similares pueden encontrarse en patentes más recientes [3-8]. El polvo está formado por partículas sólidas diminutas que permanecen en el medio ambiente por un largo tiempo debido a su baja velocidad de sedimentación, tal

como describe la siguiente ecuación:

$$v_s = \sqrt{\frac{4(\rho_s - \rho_f)g}{3\rho_f C_w(\text{Re})}}$$

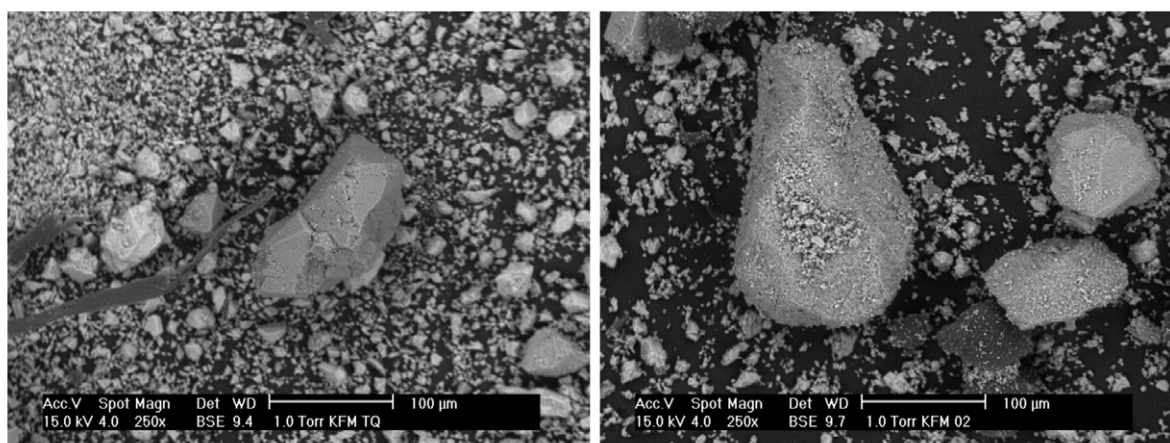
Ecuación 1.

en la que ρ_s es la densidad de las partículas, ρ_f es la densidad del aire y C_w es el coeficiente de resistencia (función del número de Reynolds). La ecuación permite calcular la velocidad de caída en función del tamaño de partícula, tal y como se muestra en la tabla 1.

Tamaño de partícula (μm)	Tiempo de sedimentación (1/m)
0,5	28 h
1	8 h
5	21 min
10	5 min
50	14 s
100	4 s
1000	0,3 s

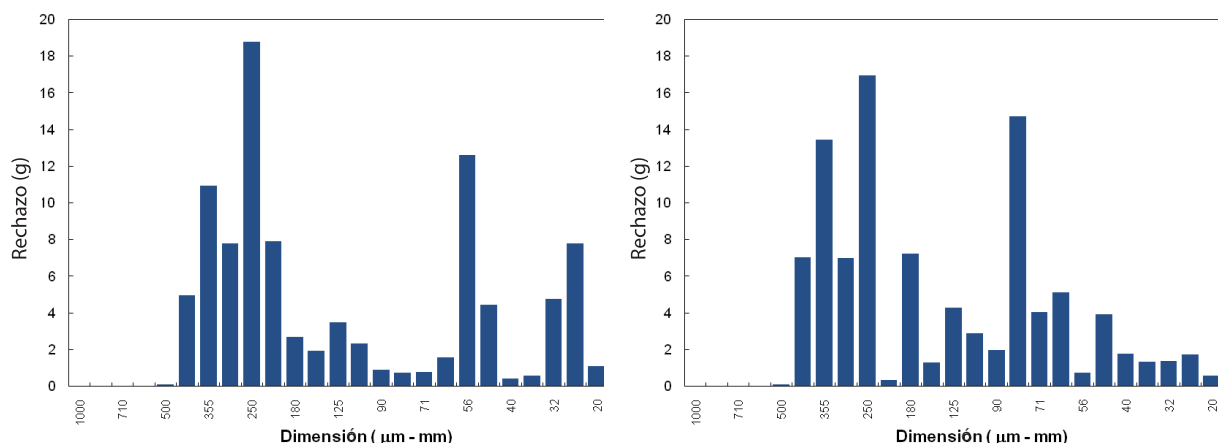
Tabla 1. Tiempo de sedimentación en función del tamaño de partícula (0 – 1000 μm).

La idea de aplicar este concepto a productos de mezcla seca de uso extendido es reciente y novedosa, pero actualmente se pueden encontrar adhesivos de baldosas, morteros autonivelantes y nivelantes, materiales de rejuntado y de reparación dotados de esta propiedad, fabricados por varias compañías a nivel mundial. Las investigaciones han probado que varios aditivos orgánicos pueden ejercer la función explicada claramente en las imágenes microscópicas de las figuras 1 y 2, que comparan un adhesivo de baldosas convencional con uno de bajo contenido de polvo: es decir, que favorece la aglomeración de las partículas finas.



Figuras 1 y 2. Comparación de imágenes MEB (microscopía electrónica de barrido) de un producto normal y uno de pulverulencia reducida.

El efecto también es evidente si se comparan los gráficos de tamizado de los dos productos (figuras 3 y 4), en los que queda claro que cuando se reduce el polvo desaparece la parte de partículas finas. En principio, en cuanto el polvo se mezcla con agua, las partículas se disgregan y las propiedades originales y de endurecimiento del producto se mantienen inalteradas, pero la formulación debe efectuarse con cierto cuidado ya que el aditivo orgánico podría interactuar de algún modo con los otros componentes orgánicos. Son necesarios más ensayos para evaluar la durabilidad y la estabilidad del efecto reductor de polvo.



Figuras 3 y 4. Comparación de los análisis de tamizado de un producto normal y uno de pulverulencia reducida.

Cuando se inhala polvo, éste puede depositarse en las diversas superficies del tracto respiratorio. La norma EN 481 identifica diferentes categorías de polvo: los tamaños de partículas inferiores a 100 μm corresponden a la fracción E, que es inhalable y llega a los pulmones, mientras que los tamaños de partículas inferiores a 10 μm corresponden a la fracción A, prácticamente invisible, que permanece en el aire por un largo periodo de tiempo, es inhalable y llega hasta los alvéolos. Las finas partículas de cemento son potencialmente dañinas para la salud debido a la presencia de compuestos alcalinos tales como cal (óxido de calcio), que es corrosivo para los tejidos humanos, cantidades traza de sílice cristalino, que es abrasivo para la piel y puede dañar los pulmones, y cantidades traza de cromo, que puede causar reacciones alérgicas.

Además de las técnicas microscópicas y de tamizado existen otros equipos de laboratorio que permiten la medición del contenido de polvo en productos en polvo. Uno de ellos es el denominado analizador DustMon (fabricado por Anatec AS), mostrado en la figura 5, que puede utilizarse en laboratorios de desarrollo o para el control de procesos y consiste en un sistema de control de dosificación, una cámara de recolección de muestras, una fuente de luz y un detector.

La muestra se coloca en el vaso de precipitación de muestras. Luego de comenzar la medición, la válvula se abre y la muestra cae a través del tubo hacia el recolector de muestras. El polvo de la muestra sube hasta el área de medición

entre la fuente de luz y el detector. La intensidad de la luz disminuye en función de la concentración de polvo. Esta es una indicación directa de la cantidad de polvo de la muestra. El instrumento proporciona los siguientes parámetros: concentración máxima de polvo en %, concentración de polvo tras 30 segundos, índice de polvo (máximo + concentración tras 30 seg.), y muestra un gráfico de la concentración de polvo en función del tiempo [9].



Figura 5. Máquina Dustmon.

La figura 6 presenta la comparación de los gráficos de DustMon para un adhesivo de baldosas de baja pulverulencia y un mortero convencional. Puesto que ambas mediciones tienden a una asíntota puede suponerse que el valor tras 30 segundos es un índice de la concentración de polvo que persiste en el lugar de trabajo.

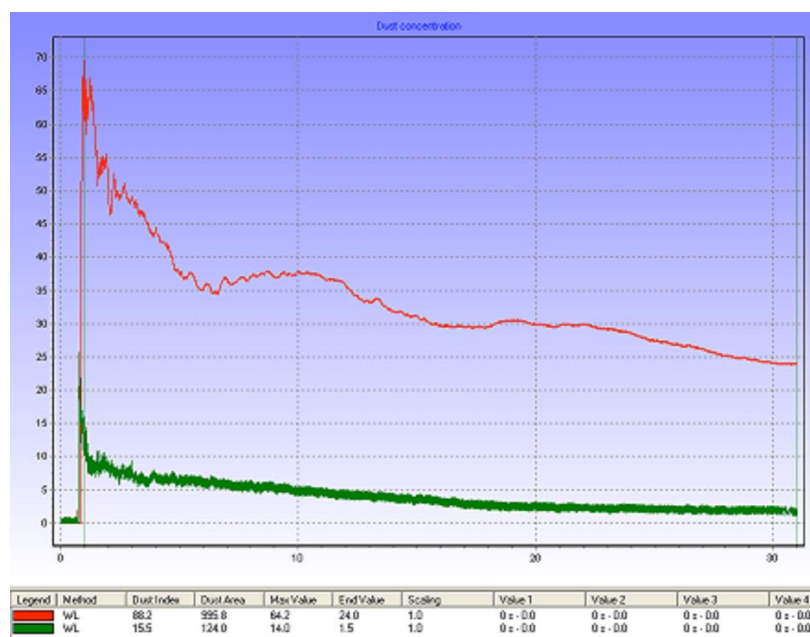


Figura 6. Gráfico del DustMon para un adhesivo de baldosas de baja pulverulencia y un mortero convencional.

3. CONTENIDO ORGÁNICO VOLÁTIL EN PRODUCTOS DE MEZCLA SECA

La calidad del aire interior puede estar influenciada en gran medida por la presencia de adhesivos, morteros y, en general, de todos los productos de construcción de nuestras casas, incluso si no están en contacto directo con el aire interior. Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles pueden variar respecto a la calidad y la cantidad en función de los materiales de construcción utilizados. Este concepto ha motivado en Europa la adopción de varios sistemas voluntarios de "distintivo de rendimiento" entre los cuales el GEV - Gemeinschaft Emissionskontrollierter Verlegewerkstoffe (Asociación para el Control de Emisiones de Materiales de Colocación) Emissioncode ha adquirido una importancia especial, particularmente entre los productos para la instalación de suelos, otorgando licencias a los productos que se clasifican en tres categorías, a saber EC1, "muy baja emisión", EC2, "baja emisión", EC3, "emisión no baja", basándose en los resultados de ensayos que evalúan la concentración de sustancias cancerígenas 24 horas después de la aplicación y los COV residuales totales tras 10 días [10]. La prueba de productos para la instalación de suelos de acuerdo a los métodos de ensayo definidos por la GEV utiliza cámaras de emisión (tal como se muestran en la figura 7) de acero inoxidable y vidrio, con un volumen de 210 l, temperatura y humedad relativa controladas ($T=23 \pm 2^{\circ}\text{C}$; $HR= 50 \pm 5\%$) y un factor de carga de $0,45 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Este valor es una relación típica entre el área superficial expuesta de la muestra de ensayo y el volumen de la cámara de ensayo.

Simula la situación de instalación común de un suelo en un apartamento típico. Por la cámara fluye nitrógeno seco (en este texto nos referimos a este gas como "aire"), con una tasa de flujo de $0,5 \text{ h}^{-1}$, lo cual permite un cambio completo del aire de la cámara cada dos horas. La muestra se mezcla uniformemente, se pesa y se aplica sobre una superficie de vidrio no adsorbente; la muestra de ensayo se transfiere a la cámara inmediatamente después de la preparación. A la salida de la cámara de ensayo, el aire saliente pasa a través de un tubo de muestra relleno con un material adsorbente adecuado (Tenax TA®). Los tubos Tenax se desorben luego con un desorbedor térmico; los compuestos orgánicos volátiles se separan mediante una cromatografía de gases, se identifican con un detector MS y se cuantifican mediante un detector FID. En la figura 8 se muestra un esquema del dispositivo experimental.



Figura 7. Cámara para el ensayo de emisión de COV.

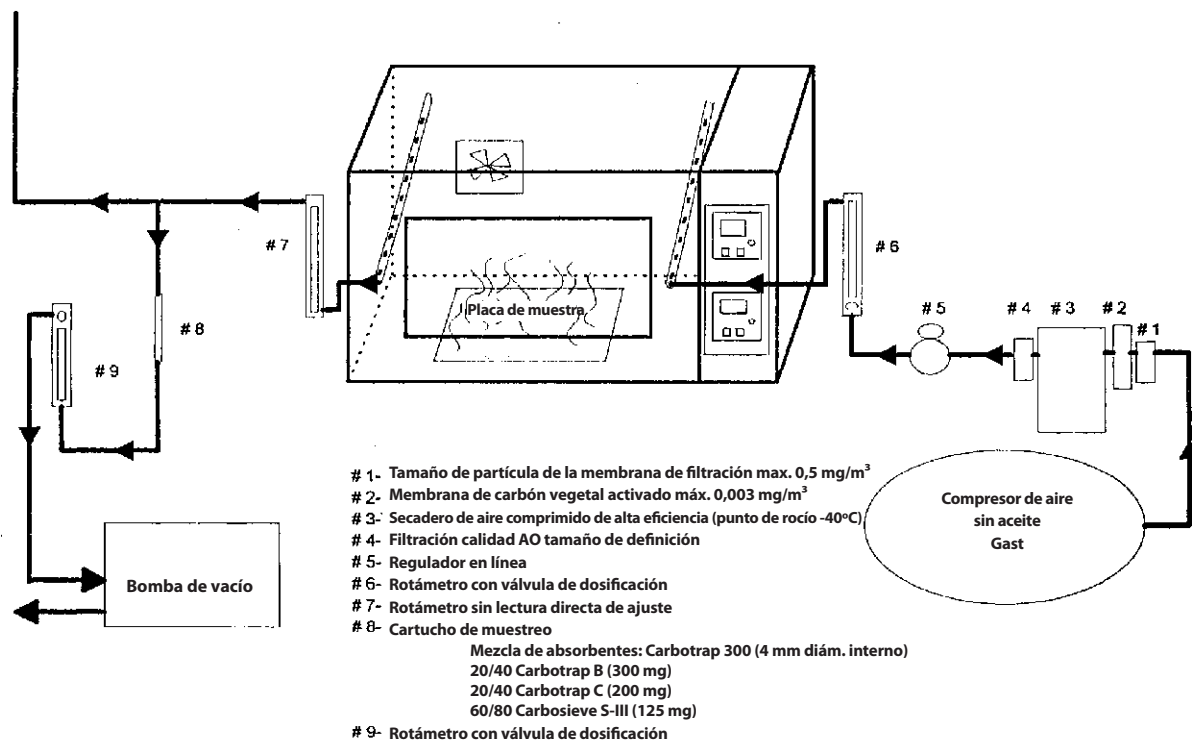


Figura 8. Esquema del dispositivo experimental para el ensayo de emisión de COV.

Los límites para EC1 y EC2 respecto a los COV totales tras 10 días son diferentes en función de la categoría del producto: productos a base de polvo con principalmente aglutinantes inorgánicos, que incluyen compuestos de nivelación, así como morteros de baldosas y rellenos de juntas, deberían tener una concentración máxima de 200 para ser clasificados como EC1, expresado en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y de 600 para ser clasificados como EC2.

Para satisfacer los límites para la clasificación EC1 debería realizarse una selección cuidadosa de las materias primas para los adhesivos de colocación. Una fuente potencial de sustancias orgánicas volátiles son los polvos de polímeros redispersables, que pueden contener monómeros residuales no reaccionados. Además, recientemente se demostró [11] que el sustrato de mortero puede interactuar con los COV y, de ese modo, no sólo puede limitar su emisión en aire, sino también adsorber, debido a sus características químicas y morfológicas, los COV generados por polución, humo de cigarrillos, pinturas. Los diferentes aglutinantes pueden comportarse de forma completamente diferente y los novedosos aglutinantes ecológicos pueden desarrollarse basándose en estos resultados.

4. MORTEROS DE MEZCLA SECA Y CERTIFICACIONES ECOLÓGICAS

Las relaciones comentadas anteriormente entre las propiedades de los morteros de mezcla seca y la calidad del aire interior ofrecen la posibilidad de elegir un producto específico para la clasificación "verde" de una nueva edificación. La

certificación LEED sólo se aplica para proyectos de edificación y no para productos o servicios. Sin embargo, aunque los productos no pueden obtener la certificación LEED, pueden ayudar a conseguir el estado de "edificación verde" para una edificación. La tecnología de reducción de la pulverulencia contribuye a lograr la certificación LEED Crédito CA 3.2 ("Plan de Gestión de Construcción CAI: Antes de la ocupación"). Los productos LVOC contribuyen a obtener la certificación LEED Crédito CA 4.1 ("Materiales de Baja Emisión: Adhesivos y Sellantes). Sin embargo, en cuanto a estos últimos hay un tema que discutir respecto a la Leed americana y la "filosofía europea" (seguida por la GEV) acerca de los cálculos de COV en los materiales de construcción. En primer lugar, la definición de COV: La definición de términos del medio ambiente de la Agencia de Protección del medio ambiente estadounidense EPA (definición aceptada por Leed) define un COV como cualquier compuesto orgánico que participa en reacciones fotoquímicas atmosféricas excepto aquellos designados por la EPA como de reactividad fotoquímica insignificante.

De acuerdo con la norma europea EN 13999, los COV están definidos como compuestos orgánicos cuyo punto de ebullición se encuentra en el intervalo de (50°C-100°C) a (240°C-260°C) y generalmente tienen una presión de saturación a 25°C superior a 102 kPa.

El planteamiento estadounidense es más sensible en cuanto a la polución medioambiental, mientras que la prioridad europea es la salud.

Otra diferencia es el contenido de COV respecto a adhesivos y sellantes: Según el criterio de la GEV, los COV emitidos por el producto se miden en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras la Regla 1168 (aplicada en LEED) considera los COV contenidos en el producto, medidos en g/l. De esta manera Leed no califica los COV: de forma absurda, un producto que cumple con Leed podría contener benceno (p. ej.), que es un compuesto cancerígeno.

La GEV cuantifica y califica todas las emisiones de COV tras 10 días desde la aplicación del producto, teniendo en cuenta también la evaluación de los compuestos cancerígenos.

Además del impacto en la calidad del aire, hay otro parámetro que la formulación puede influenciar para hacer que un producto reúna los requisitos necesarios para obtener puntos LEED, que es la presencia de más del 20% de material reciclado en el producto, para los créditos MR 4.1 y 4.2: "Contenido en Reciclados". Esto permite ahorrar recursos naturales, reduciendo el uso de energía y la polución asociados con estas actividades. El uso beneficioso de materiales industriales tiene como resultado menor cantidad de residuos que enviar a los vertederos, ahorrando espacio de vertederos y reduciendo además las emisiones de gases de efecto invernadero y otros agentes contaminantes. En los productos de mezcla seca pueden utilizarse varios tipos de material reciclado: vidrio, caucho, escoria, cenizas volantes, etc. Además, algunos de estos materiales reciclados, por ejemplo vidrio y caucho, también pueden reducir el peso específico del producto, aumentando de ese modo el rendimiento, que consiste en los metros cuadrados cubiertos por

kg de producto. Esto permite disminuir el peso de las bolsas y por tanto también el coste de transporte y el consumo de energía, por consiguiendo disminuyendo la cantidad de CO₂ de transporte.

5. CONCLUSIONES

En esta ponencia se han tratado las diferentes formas en que los productos de construcción de mezcla seca, en particular aquellos para la colocación de baldosas pueden contribuir a las prácticas de construcción sostenibles o “verdes”, mejorando la calidad del aire en los lugares de trabajo, antes de la ocupación de la edificación, reduciendo la cantidad de polvo producida durante el mezclado del producto y disminuyendo la cantidad de COV emitidos durante su ciclo de vida. Los productos de mezcla seca pueden utilizarse además como herramientas para reducir al mínimo el impacto medioambiental, utilizando materiales reciclables que reducen el consumo de recursos naturales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Burke, “Improvements in the Properties of Hydraulic Cements and a Process of their Manufacturing”, GB Patent 892015, Marzo de 1962.
- [2] J.D. Pennington and R.D. Gillon, “Cement Compositions”, GB Patent 12227355, Abril de 1971.
- [3] W. Isamu et al., “Dusting Inhibitor and Production of Non-Dusting Powder by Using the same”, JP Patent, Junio de 1993.
- [4] T. Takezo et al., “Dust-Proof Method and Dust Proof Cement Materials”, JP Patent 06-279080, Abril de 1994.
- [5] U. Yukihiro, “Solidifying Material Having Splash Preventing Ability”, JP Patent 06-219804, Agosto de 1994.
- [6] W. Isamu et al., “Solidifying Material Having Scattering Prevention Property”, JP Patent 07-206504, Agosto de 1995.
- [7] K. Keuchi et al., “Dust Generation Suppressing Method of Lime or Cement”, JP Patent 08-073252, Marzo de 1996
- [8] A. Laudait, “Composition for Treating Soils, Methods of preparation and Use Thereof”, WO 98/23705.
- [9] <http://www.sci-tec-inc.com/>
- [10] Association for the Control of Emissions in Products for Flooring Installation (GEV); “Determination of Volatile Organic Compounds for Control of Emissions from Products for Flooring Installation”; edición de 25.11.2005.
- [11] M. Decio et al., “Influence of an innovative mortar on indoor air quality”, Certech 2008.