

**UITC****Unidad de Inteligencia Tecnológica Competitiva****Coordinación**

Bernardo Silva Fernández

del Campo

bernardo.silva@alianzafiidem.org

Carlos Alberto Arano Barrera

Manuel Díaz Capistrán

Andrés Fleiz Jaso

Lorena Silva Gómez

Óscar Francisco Vega Zamorano

Mario Daniel Velázquez Reynoso

**Difusión y Divulgación**

Arturo Villegas Rodríguez

Coordinador

Danna Olivia Martínez Mendoza

Apoyo editorial

## Nuevos materiales en edificación y vialidades

Esta sexta edición del Boletín *Inteligencia Tecnológica* continúa en el formato monotemático, siendo el tema general “Nuevos materiales en edificación y vialidades”. Al igual que el boletín anterior, ha sido desarrollado por la Unidad de Inteligencia Tecnológica Competitiva de la Alianza FiiDEM.

Los tópicos en esta edición obedecen las tendencias de los últimos años en publicaciones en revistas arbitradas: aprovechamiento de desperdicios de otros procesos industriales, materiales no usados convencionalmente en construcción y eficiencia energética son los temas más recurrentes, tanto en la selección de los artículos presentados, como en las tendencias en publicaciones.

Los resúmenes contenidos en el presente boletín reseñan los artículos recientes y más citados por otros investigadores sobre la temática de nuevos materiales en edificación y vialidades. Esto representa un esfuerzo de divulgación de la innovación que existe alrededor del mundo, el cómo se solucionan problemas específicos y dónde existen áreas de oportunidad en estos temas.

Para la Alianza FiiDEM es muy importante contar con su retroalimentación, que permitirá entregar cada vez un producto con mayor afinidad a sus intereses.

Unidad de Inteligencia Tecnológica Competitiva  
Alianza FiiDEM

## Contenido

Diseño estructural sostenible de edificios altos a base de energía incorporada . . . . .	2
Desempeño de la reutilización de material de desperdicio de túneles como material granular para la subrasante y la formación de subbase en la construcción de carreteras . . . . .	2
Solo las cosas altas proyectan sombras: Oportunidades, retos y necesidades de investigación en concreto autocompactable en edificios súper altos . . . . .	3
Aplicación en construcción de agregado de concreto reciclado para elementos estructurales superiores . . . . .	4
Desarrollo de materiales de construcción “madera-cemento” a partir de aserrín y residuos de papel. . . . .	4
Evaluación del desempeño mecánico de un recubrimiento de carreteras de concreto con cemento modificado con un compuesto de fibra de poliéster y látex SBR . . . . .	5
Cemento de baja energía incorporada estabilizado en un tapial – Caso de estudio . . . . .	5
Vidrio, madera y juntas adhesivas – Componentes innovadores portantes para construcción. . . . .	6
Utilización de una puzolana natural como el principal componente de ligante hidráulico de una carretera . . . . .	6
Caracterización de la mazorca de maíz como un posible material de construcción en bruto . . . . .	7
Material inorgánico compuesto a base de ceniza volante y residuo rojo de mineral de bauxita para proyectos de construcción de carreteras en Vietnam. . . . .	8
Contribución de la fibra de coco corta a la resistencia al deslizamiento del pavimento . . . . .	8

## **Diseño estructural sostenible de edificios altos a base de energía incorporada**

La energía incorporada es la suma de toda la energía consumida durante el ciclo de vida de los productos y servicios; en consecuencia, es la energía consumida para la producción de todos los materiales que componen el objeto analizado. En este sentido, la construcción de edificios altos es a menudo considerada como muy demandante de energía; sin embargo, son pocos los análisis que se han llevado a cabo para comprobar si esta afirmación es cierta y apoyarla con cifras.

La evaluación comparativa de un edificio de 42 pisos y otro de 52 pisos en Australia con una estructura compuesta de concreto armado y columnas de acero muestra que el primero tiene una energía incorporada de 18.0 GJ/m<sup>2</sup> en la superficie total y de 11.7 GJ/m<sup>2</sup> en su estructura, mientras que para el más alto los valores son de 18.4 y 11.6 GJ/m<sup>2</sup> respectivamente. La energía incorporada de un edificio de 40 pisos en Londres, cuya estructura se compone de un núcleo de acero y una retícula de acero, es de 24.0 GJ/m<sup>2</sup> (no se ofrecen cifras solo para la estructura).

Para controlar el impacto de la energía incorporada, este trabajo proporciona el dato de energía incorporada total de toda la estructura (columnas, núcleo, pisos y trabes, incluyendo las trabes secundarias en caso de que existan) y la energía incorporada total de los componentes de la estructura (por ejemplo, de todas las columnas, etc.); además, junto con cada valor total de energía incorporada, el documento también proporciona la energía incorporada unitaria, que es el valor por metro cuadrado del área neta rentable.

El documento muestra que para reducir la energía incorporada de los pisos y de toda la construcción, en el diseño del edificio primero se tiene que seleccionar el tipo más adecuado de losa, y luego encontrar el equilibrio entre los peraltes de las losas y el número de trabes secundarias. Estas conclusiones estimulan soluciones técnicas novedosas para las plantas de edificios altos. El objetivo es encontrar productos ligeros cuyos valores de energía incorporada sea más bajo que el concreto convencional, y disminuir el uso de trabes secundarias. El artículo completo posee un análisis detallado de la composición de la energía incorporada en cada elemento de un edificio, su rol y su trascendencia en el diseño de éstos.

El texto confirma que la energía incorporada es un medio viable para controlar y minimizar los recursos ambienta-

les consumidos en la construcción de estructuras de los edificios altos. Dado que las decisiones sobre selección de materiales respecto al diseño se toman mejor en las etapas iniciales, la práctica del diseño arquitectónico de edificios altos y de su ingeniería estructural deberían estar estrechamente ligadas a la consulta de datos de energía incorporada de materiales.

La construcción de edificios altos puede garantizar consumos aceptables de energía incorporada, y su construcción con estructuras sostenibles es posible sin modificar notablemente la arquitectura, sin detrimento de su funcionalidad y aspecto, y sin aumentar considerablemente el costo de la estructura. Por lo tanto, las relaciones entre la energía incorporada unitaria y la altura del edificio son una herramienta viable para el diseño de estructuras de edificios altos.

► Foraboschi, P., Mercanzin, M., & Trabucco, D. (2014). Sustainable structural design of tall buildings based on embodied energy. *Energy and Buildings*, 68, 254–269. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778813005653>

## **Desempeño de la reutilización de material de desperdicio de túneles como material granular para la subrasante y la formación de subbase en la construcción de carreteras**

A partir de la caracterización físico-química de siete lodos diferentes derivados de las actividades de construcción de túneles en el lado italiano de los Alpes, se propone explorar los posibles beneficios derivados del reúso de los lodos como material de construcción. Aunque el origen geológico de algunos de los materiales considerados sea en ocasiones desfavorable, todos ellos exhiben propiedades mecánicas que fomentan su reutilización casi total en proyectos de construcción de infraestructura.

El propósito común en el manejo de grandes cantidades de material de desperdicio es su reciclaje con el fin de proporcionar un sustituto de la grava. Para obtener las propiedades mecánicas satisfactorias del lodo, se debe seleccionar primero y mejorar la distribución, la forma y tamaño, rompiendo partículas planas y alargadas en formas más poliédricas.

Los problemas derivados de la cantidad de materia prima requerida, así como la calidad de ésta son causados por el agotamiento de material proveniente de canteras. La necesidad de tratamientos y mayores costos de

transporte desempeñan un papel importante en la industria de la construcción. En este contexto, el uso de desechos de túneles representa un área de oportunidad.

En Italia, en muchas regiones la mayoría de las canteras se encuentran cerca del agotamiento, mientras que las nuevas canteras no se pueden abrir como resultado de limitaciones medioambientales. En la actualidad, en el norte de Italia, hasta 50% de los materiales granulares empleados en la formación de terraplenes y capas granulares de los pavimentos se derivan del reciclaje de residuos de construcción y demolición.

El artículo detalla los resultados de las pruebas realizadas a este tipo de materiales, así como los resultados de siete muestras de material de desperdicio.

Se espera que se adopten especificaciones basadas en el rendimiento, considerando el material de desperdicio útil en la construcción de carreteras, incluso en la formación de capas no ligadas estructurales como la subrasante y la subbase. Esto significa que el valor de este material se puede incrementar sustancialmente con respecto al precio típico bajo referente al valor como relleno de mala calidad o material de terraplén, alcanzando su valor óptimo.

► Riviera, P. P., Bellopede, R., Marini, P., & Bassani, M. (2014). Performance-based re-use of tunnel muck as granular material for subgrade and sub-base formation in road construction. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 40, 160–173. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779813001582>

### **Solo las cosas altas proyectan sombras: Oportunidades, retos y necesidades de investigación en concreto autocompactable en edificios súper altos**

La construcción de edificios altos se ha convertido en una expresión del poder económico y soberanía de una nación. Temporalmente nos ubicamos en una era de edificios súper altos de concreto estructural, por lo que la tecnología del concreto tiene que estar preparada para los próximos desafíos.

El concreto de alta resistencia ha sido siempre considerado un material de elección para la construcción de edificios altos. Sin embargo, los retos tecnológicos asociados al uso de concreto en edificios cada vez más altos son desalentadores. Existen problemas de bombeo de con-

creto, cambios en el desempeño debido a la presión hidrostática, etc.

En este artículo se analiza la experiencia adquirida y los retos y posibilidades de construcción con concreto autocompactable en edificios súper altos y las necesidades en avances tecnológicos deseados.

El concreto de alto rendimiento se ha convertido en un insumo vital para la construcción de rascacielos, desde un punto de vista estructural y económico. Su resistencia mecánica para soportar cargas y reducir la sección de elementos verticales portantes, alto módulo de elasticidad para limitar las deflexiones y el vaivén por viento, alta resistencia y la utilización de elementos prefabricados lo vuelve un material que compite con el acero estructural. Se espera que los edificios súper altos en el futuro sean de concreto de alto rendimiento, con una aguja de acero u otro material compuesto en la parte superior.

Debido a sus ventajas inherentes, incluyendo bombeo más fácil, capacidad para fluir a través de armaduras complejas de acero de refuerzo y llenado de las cimbras de manera efectiva con poca o nula vibración, el concreto autocompactable, que es una forma especial de concreto de alto rendimiento, se vuelve un elemento esencial para edificios súper altos. Las necesidades en investigación respecto al concreto autocompactable se centran en distintos rubros: el desarrollo bombas estacionarias más potentes, bombas de etapas múltiples, aditivos químicos, etc. Existe necesidad de bombear el concreto a alturas de varios cientos de metros, incluso en condiciones ambientales rigurosas, mantener su viabilidad y estabilidad durante largos periodos de bombeo a alta presión, sin problemas de obstrucción, sangrado o segregación. Tal concreto también debe tener muy alta resistencia a la compresión para reducir las secciones transversales de columnas verticales portantes y muros, así como módulo de elasticidad elevado. El diseño del concreto puede implicar varios parámetros conflictivos según el proyecto a realizar.

Existe la necesidad de desarrollar bases de datos experimentales integrales específicamente para el concreto de alta resistencia con el fin de desarrollar y calibrar adecuadamente los modelos de predicción de sus propiedades y disposiciones de diseño adecuados.

El conocimiento en esta área ha estado impulsado principalmente por la experiencia adquirida en los proyectos de construcción de altura presionados por las demandas

de presupuesto y ganancias, y plazos de construcción ajustados, lo que no es propicio para fomentar los avances e innovaciones científicas típicamente incrementales.

► Nehdi, M. L. (2013). Only tall things cast shadows: Opportunities, challenges and research needs of self-consolidating concrete in super-tall buildings. *Construction and Building Materials*, 48, 80-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.051>

### **Aplicación en construcción de agregado de concreto reciclado para elementos estructurales superiores**

El concreto con agregado reciclado es una tecnología importante para la reducción de la carga ambiental que permite el ahorro de recursos mediante el reciclaje de los escombros de concreto como un agregado. En Japón existen tecnologías de producción capaces de fabricar agregado reciclado de alta calidad. En el caso de agregados finos, éstos demandan una mayor cantidad de energía que la producción del agregado grueso reciclado. Las normas japonesas relacionadas con el agregado reciclado mencionan que es más eficiente reutilizar no solo agregado grueso reciclado, sino también agregado fino reciclado. En este contexto, existen dos tecnologías, donde una permite generar agregado reciclado fino estructural y la otra capaz de generar agregados de alta calidad aplicable a las construcciones de plantas de energía nuclear.

En este artículo se plasman los resultados de las pruebas y estudios de durabilidad del concreto con agregados reciclados en edificios reales, en términos de cambios en la resistencia a la compresión, profundidad de carbonatación acelerada, apariencia y corrosión de las armaduras. Como resultado, en el edificio prueba no se detectaron signos de deterioro.

La reducción de la carga ambiental es un requisito importante para las próximas construcciones de edificios. Se muestra un ejemplo de aplicación del concreto de agregado reciclado para construcción de un nuevo edificio del laboratorio de investigación del Instituto de Investigación Técnica de Kajima.

► Yoda, K., & Shintani, A. (2014). Building application of recycled aggregate concrete for upper-ground structural elements. *Construction and Building Materials*, en prensa. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061814000166>

### **Desarrollo de materiales de construcción “madera-creto” a partir de aserrín y residuos de papel**

El “madera-creto” (*wood-crete*) es un material hecho de aserrín u otros desperdicios de madera, residuos de papel y cal, materiales más baratos y disponibles localmente para satisfacer las necesidades, aumentar la autosuficiencia y propiciar una reducción general de los costos de construcción para el desarrollo sostenible.

Tiene buenas propiedades aislantes y es capaz de soportar cargas considerables de impacto. El estudio es parte de un gran proyecto que investiga el uso de materiales de desecho en la producción de materiales de construcción duraderos y de bajo costo.

El rendimiento del madera-creto fue muy similar al del *hemcrete* (una mezcla de cañamo con un aglutinante a base de cal y agua). La resistencia a la compresión del madera-creto varió de 0.06 MPa a 0.80 MPa, lo que indica que puede ser utilizado como relleno para muros divisorios y bloques huecos.

Este material compuesto tiene una conductividad térmica que va desde 0.046 W/mK de 0.069 W/mK, y por lo tanto puede ser utilizado como material de aislamiento térmico para la construcción de edificios. Con algunos diseños artísticos y buenos acabados (por ejemplo papel tapiz), los bloques de madera-creto pueden ser utilizados en interiores en aplicaciones no estructurales o semiestructurales.

Las propiedades del madera-creto están estrechamente relacionadas en su composición con el porcentaje de residuos de papel, que tiene un efecto creciente sobre su resistencia a la compresión.

Existe un potencial en el uso combinado de aserrín y residuos de papel como refuerzo en materiales compuestos de madera-creto para la construcción, que además contribuyen a la reducción de los costos para eliminar los residuos y a generar ingresos por la venta del aserrín de los aserraderos y de los residuos de papel para la industria de la construcción.

El artículo completo detalla las pruebas a este material, y da pie al seguimiento de este artículo para conocer otros nuevos materiales futuros.

► Aigbomian, E. P., & Fan, M. (2013). Development of Wood-Crete building materials from sawdust and waste

paper. *Construction and Building Materials*, 40, 361-366. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006181200829X>

### **Evaluación del desempeño mecánico de un recubrimiento de carreteras de concreto con cemento modificado con un compuesto de fibra de poliéster y látex SBR**

El tráfico de transporte de carga ha crecido en los últimos años, por lo que los parámetros de desempeño de los concretos de carreteras son cada vez más elevados.

Gracias a la ciencia de materiales poliméricos se descubrieron excelentes propiedades de los polímeros, tales como impermeabilidad, relleno, floculación y efectos espesantes. En ese sentido, el concreto reforzado con fibras (FRC) es un material que puede optimizar la resistencia a la fisura y la tenacidad del concreto, además de que es capaz de reforzar la impermeabilidad.

Este artículo propone un nuevo tipo de concreto, llamado concreto modificado con compuestos de fibra y polímero (FPMC), el cual es utilizado como tratamiento superficial. Se realizaron pruebas de resistencia a: compresión, flexión e impacto.

Entre otros resultados, se muestra que las propiedades de resistencia y tenacidad mejoraron al aumentar el contenido de látex SBR, en tanto que con el incremento del contenido de fibra poliéster, las propiedades mecánicas se vieron beneficiadas. Las pruebas microscópicas manifestaron que el látex de SBR puede formar películas de polímero continuas en el interior del concreto, las cuales impulsaron la tenacidad y el grado de compactación del concreto.

El artículo completo contiene detalle de las pruebas y los resultados obtenidos. Los hallazgos definidos en esta investigación pronostican un panorama favorable para el desarrollo de este tipo de concretos en el futuro.

► Xu, F., Zhou, M., Chen, J., & Ruan, S. (2014). Mechanical performance evaluation of polyester fiber and SBR latex compound-modified cement concrete road overlay material. *Construction and Building Materials*, 63, 142-149. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.054>

### **Cemento de baja energía incorporada estabilizado en un tapial – Caso de estudio**

En este artículo se aborda el tapial (tierra o barro apisonado) como una técnica consistente en construir muros con tierra arcillosa húmeda, compactada a golpes mediante un pisón. El artículo trata sobre los aspectos de la construcción, diseño estructural y el análisis de la energía incorporada en la construcción de una escuela de tres pisos de altura mediante muros de carga de tierra apisonada estabilizada. El complejo escolar consta de 15 aulas, un teatro al aire libre y un bloque de servicios. El complejo cuenta con una superficie construida de 1,691.3 m<sup>2</sup> y fue construido empleando técnicas de construcción manuales. Este caso de estudio demostró una baja energía incorporada (1.15 GJ/m<sup>2</sup>), en comparación con edificios de ladrillos de arcilla convencionales (3-4 GJ/m<sup>2</sup>).

Las construcciones de tierra apisonada se pueden agrupar en dos categorías: tierra apisonada sin estabilizar y estabilizada.

Estudios anteriores sugieren que los suelos de grano grueso con minerales de arcillas menos expansivas (tales como caolinita, illita, etc.) son los más adecuados para los muros estabilizados con cemento.

Los estudios sugieren que aproximadamente un 15% de arcilla en la tierra produce mejores resultados. Otras investigaciones revelaron que el contenido óptimo de arcilla es de aproximadamente un 15%, y la densidad de ésta es un factor relevante para controlar la resistencia del muro. Considerando lo anterior, el contenido de arcilla del suelo local se ajustó a un nivel óptimo diluyéndolo con arena.

Un 8% (en peso) de cemento Portland ordinario fue utilizado como estabilizador. Los detalles del procedimiento constructivo aprobado para la construcción de muros de tierra apisonada se detallan en el artículo.

Para evaluar la energía incorporada de un edificio se requiere contar con valores específicos de consumo de energía de los materiales básicos de construcción. El artículo incluye una tabla con valores de energía incorporada para diversos materiales. Teniendo en cuenta estos valores de energía específicos para los materiales utilizados, se pudieron calcular los valores de eficiencia energética para los diversos componentes del edificio.

El caso de estudio demuestra la posibilidad de reducir las emisiones de carbono en el sector de la construcción

mediante la utilización de materiales con baja energía incorporada, utilizando la técnica de construcción de tierra apisonada como alternativa.

► Reddya, B., Leuzinger, G., & Sreeramca, V. (2014). Low embodied energy cement stabilised rammed earth building – A case study. *Energy and Buildings*, 68, 541–546. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778813006488>

### **Vidrio, madera y juntas adhesivas – Componentes portantes innovadores para construcción**

Este artículo ofrece una visión general de un proyecto sueco de investigación cuyo objetivo fue aumentar el conocimiento del uso de componentes madera-vidrio como elementos estructurales y para producir algunos prototipos con el fin de demostrar sus posibilidades prácticas para el sector de la construcción y para los posibles futuros fabricantes de estos productos.

La arquitectura actual impone, como nunca antes, altas exigencias en los materiales y componentes utilizados. La tendencia es hacia estructuras más esbeltas, con mayores demandas en los componentes, incluyendo capacidad de carga, rendimiento acústico y desempeño energético, así como un menor impacto climático.

Siendo la madera el único material de construcción verdaderamente renovable, mediante el uso de la madera y los productos derivados de ella, estas demandas pueden ser satisfechas de una manera eco-eficiente.

Las propiedades estructurales de los materiales compuestos de madera-vidrio se han investigado en estudios anteriores, los cuales se han ocupado principalmente de vigas y elementos de pared (muros de cortante). Este artículo incluye el uso de un adhesivo estructural rígido para articular la madera y el vidrio.

El uso del vidrio como un material portante en la construcción hasta la fecha no ha sido muy común. El proyecto que se presenta en este documento ha demostrado que los requerimientos de resistencia, energía y ambientales en un componente estructural como un muro de cortante pueden ser satisfechas mediante la combinación de vidrio con madera. Se identificaron opciones para los adhesivos en la unión estructural de vidrio-madera; en este caso se propone un medio adhesivo rígido a base de acrilato como una solución. Aunque hoy en día el vidrio es adhe-

rido a otros materiales utilizando selladores estructurales, tales como silicones, este estudio indica que se deben usar adhesivos mucho más rígidos y más fuertes, si lo que se desea obtener es un muro cortante de vidrio-madera como elemento estabilizador.

El resultado obtenido en términos de capacidad de carga de las vigas ha demostrado que mediante la combinación del vidrio frágil con la madera, más bien se puede obtener una falla dúctil. Este resultado contrario a la intuición es un buen ejemplo del hecho de que la combinación de dos materiales puede resultar en un componente compuesto con propiedades que no pueden obtenerse usando solo uno de los materiales. El artículo contiene explicación detallada de la investigación, resultados en diferentes materiales de prueba y un análisis y discusión de los resultados, lo que respalda la viabilidad de las conclusiones.

► Blyberg, L., Lang, M., Lundstedt, K., Schander, M., Serrano, E., Silfverhielm, M., y otros. (2014). Glass, timber and adhesive joints – Innovative load bearing building components. *Construction and Building Materials*, 55, 470–478. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.01.045>

### **Utilización de una puzolana natural como el principal componente de ligante hidráulico de una carretera**

El principal ligante que se utiliza en la construcción de carreteras y la industria de la construcción es el cemento Portland, fabricado a través de un proceso industrial sumamente contaminante: una tonelada métrica de cemento produce aproximadamente una tonelada métrica de CO<sub>2</sub> y consume grandes cantidades de energía debido a la alta temperatura (1450°C) necesaria para la producción de clínker.

En comparación con los cementos Portland convencionales, los cementos puzolánicos aumentan el tiempo de fraguado y disminuyen la resistencia mecánica en el corto plazo, pero permiten mejoras significativas en términos de durabilidad. El uso de puzolana en sustitución de una parte del clínker reduce el calor de hidratación. Además, las puzolanas son conocidas por mejorar la durabilidad general del concreto y, en particular, su resistencia a los ataques de sulfato y la reacción álcali-sílice.

El objetivo del artículo es desarrollar un ligante hidráulico para carreteras (HRB, Hydraulic Road Binder) que

contengan la cantidad más alta posible de una puzolana natural procedente de una cantera francesa. Las características físicas, químicas y mineralógicas de esta puzolana se dan a conocer en el artículo y la caracterización se completa con un estudio de su reactividad en presencia de cal y yeso.

Se presentan observaciones clave a tener en cuenta a partir de la caracterización de esta puzolana:

- La puzolana natural era una materia prima que tenía que ser molida para su utilización en la producción de HRB.
- Fue rica en silicio, aluminio, hierro, magnesio y calcio.
- Las composiciones química y mineralógica de la muestra analizada en este estudio fueron similares a los datos encontrados en la literatura.
- El estudio de la reactividad de la puzolana con cal y yeso (añadidos para acelerar las reacciones) dio lugar a una propuesta de un aglutinante optimizado compuesto por 80% de puzolana, 15% de cal y 5% de yeso.

Los resultados en el aglutinante optimizado permiten concluir que el uso de una puzolana natural como el componente principal de HRB es apropiada y que es posible producir un HRB rico en puzolana y sin cemento que puede estabilizar de manera eficiente los suelos arcillosos. Este nuevo tipo de HRB podría ser importante desde la perspectiva ecológica (ahorro de energía y bajas emisiones de CO<sub>2</sub>) y también desde el punto de vista económico, ya que tiene un contenido de cal bajo (15%). El costo y el impacto ambiental de los otros dos materiales (puzolana y yeso) es bajo siempre y cuando la puzolana esté disponible cerca de la planta de producción del HBR.

► Segui, P., Aubert, J., Husson, B., & Measson, M. (2013). Utilization of a natural pozzolan as the main component of hydraulic road binder. *Construction and Building Materials*, 40, 217-223. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061812007635>

### **Caracterización de la mazorca de maíz como un posible material de construcción en bruto**

Entre los productos agrícolas identificados como viables para ser aplicados como material de construcción, la mazorca de maíz tiene una ventaja adicional, en términos

de su posible aplicación como un producto procesado alternativo, ya que no compite con el mercado alimentario, y por lo general se considera como desecho agrícola.

Se estudiaron: macroestructura y microestructura, composición química elemental, densidad, absorción de agua, resistencia al fuego y propiedades de capacidad de aislamiento térmico. Estas propiedades se compararon con las correspondientes de los productos de aislamiento térmico que con mayor frecuencia se aplican en la industria de la construcción portuguesa, como son poliestireno extrudido (XPS), poliestireno expandido (EPS), corcho y arcilla expandida. Se encontraron varias similitudes en las propiedades de los materiales analizados, en particular entre la mazorca de maíz y el corcho, lo que sugiere que la primera se puede utilizar como materia prima de productos de aislamiento térmico, muros divisorios, revestimiento de techos, tabiques ligeros, puertas para interiores y mobiliario, entre otras aplicaciones posibles.

La mazorca de maíz puede tener un papel importante como una alternativa sostenible de material de construcción. Es fundamental para llevar a cabo más investigación, con el fin de aumentar el conocimiento de sus propiedades y de sus productos procesados.

En un análisis de macroestructura y microestructura se identificó que la macroestructura presenta tres capas principales claramente diferenciadas por su color, textura, forma y densidad. En términos de microestructura, esas capas también son diferentes. La capa central tiene una microestructura alveolar regular en la que los alvéolos tienen una forma geométrica regular de paredes delgadas llenas de aire. Este tipo de microestructura alveolar tiende a disiparse desde el interior hacia el exterior de la mazorca. Un análisis comparativo de la microestructura de los materiales XPS, EPS, corcho y arcilla expandida ha permitido encontrar enormes similitudes, entre las que destaca el potencial de aislamiento térmico asociado a la mazorca de maíz.

Por otra parte, se llegó a la conclusión de que también hay similitudes en términos de composición química elemental de los materiales anteriores, lo que refuerza este potencial. El artículo expone una serie de resultados específicos sobre las principales propiedades identificadas.

Si bien todavía se requiere más investigación y estudiar otras propiedades, como las mecánicas, los resultados preliminares sugieren que la mazorca de maíz puede ser un material de construcción en bruto.

► Pinto, J., Cruz, D., Paiva, A., Pereira, S., Tavares, P., Fernandes, L., y otros. (2012). Characterization of corn cob as a possible raw building material. *Construction and Building Materials*, 34, 28-33. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061812000918>

### **Material inorgánico compuesto a base de ceniza volante y residuo rojo de mineral de bauxita para proyectos de construcción de carreteras en Vietnam**

El artículo describe la investigación basada en el mecanismo de estabilización de materiales compuestos con bauxita, barro rojo, cenizas volantes y activadores alcalinos.

La bauxita es un material heterogéneo compuesto principalmente de minerales de hidróxido de aluminio e impurezas. Las impurezas comunes son silicatos de aluminio (arcillas), y óxidos de hierro y de titanio.

El residuo más común del proceso Bayer es el barro rojo. Éste se genera debido a que no se disuelve en el proceso de refinación. La cantidad generada por tonelada de alumina producida varía entre 0.3 toneladas a 2.5 toneladas, dependiendo de la calidad de la bauxita utilizada.

Existe un mecanismo de activación de geopolímeros a partir de un compuesto inorgánico basado en cenizas volantes (que contiene  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), bauxita y barro rojo (que contiene  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

El proceso de polimerización descrito en el artículo detalla las propiedades de nuevos materiales a base de los compuestos inorgánicos referidos anteriormente, mencionando buenas propiedades que hacen factible su utilización para la construcción de la superficie de carreteras y el aumento de la durabilidad de las mismas.

► Van Chanh, N., Shigeishi, M., & Quoc Tho, T. (2012). Inorganic composite material based on fly ash, red residue from bauxite ore for road building projects in Vietnam. *Advanced Materials Research*, 383-390, 2774-2781. <http://www.scientific.net/AMR.383-390.2774>

### **Contribución de la fibra de coco corta a la resistencia al deslizamiento del pavimento**

En zonas con clima tropical, un aumento en la temperatura de la superficie provoca una disminución en el desempeño de mezclas de asfalto como capa superficial de las estructuras de pavimento. Uno de los principales componentes de mezcla de asfalto en caliente es el ligante de asfalto. El asfalto disponible de las refinerías es demasiado blando para la pavimentación en regiones de alta temperatura en verano y demasiado frágil para la pavimentación en varios países con temperaturas invernales bajo cero. Es por ello que se pueden utilizar aditivos u otros compuestos que mejoren el desempeño del asfalto en condiciones extremas.

El propósito del artículo es describir la investigación sobre el efecto de la adición de fibra de coco a mezclas de asfalto con respecto a la vulnerabilidad a los efectos de la temperatura y para determinar los cambios en la resistencia al deslizamiento después de varias cargas de vehículos.

La fibra de coco se utiliza ampliamente en materiales compuestos; en general debe ser tratada antes de que pueda ser utilizada. Existen dos tipos de fibras de coco: fibras de color marrón, extraídas de los cocos maduros, y fibras blancas, provenientes de los cocos inmaduros. Las fibras de coco están disponibles comercialmente en tres formas, de fibras largas, fibras cortas y fibras mixtas. En las pruebas descritas en el artículo se utilizaron fibras cortas de coco, comparando mezclas con un 0.75% y 1.5% de contenido de fibra de coco y un asfalto virgen con un alto grado de penetración y un bajo punto de reblandecimiento para evaluar la contribución de fibra de coco para la resistencia al derrape de las mezclas de asfalto.

La adición de 0.75% de fibra de coco para la mezcla de asfalto mejoró principalmente el rendimiento mediante la mejora de la resistencia al derrape y no aumentó la resistencia del asfalto a los efectos de cambio de temperatura. La resistencia al derrape disminuyó conforme se aumentó la cantidad de vehículos que pasaron por los asfaltos estudiados.

► Pranowo Hadiwardoyo, S., Jachrizal Sumabrata, R., & Jayanti, P. (2013). Contribution of short coconut fiber to pavement skid resistance. *Advanced Materials Research*, 789, 248-254. <http://www.scientific.net/AMR.789.248>