

“MATERIAL COMPOSITO A BASE DE CASCARILLA DE ARROZ Y RESINA MODIFICADA CON NANOESTRUCTURAS DE CARBONO”.

Convocatoria y Clave del Proyecto: **CONAVI-2008-106069.**
Sujeto de Apoyo: **Urbanizaciones Inmobiliarias del Centro, S.A. de C.V.**
Responsable Técnico: **Ing. Mauricio Martinez Alanís.**

RESUMEN DEL PROYECTO

Dentro de la industria de la construcción se identifican materiales que por su forma y uso pudieran ser sustituidos con paneles fabricados como aglomerados de partículas más pequeñas envueltos en una matriz polimérica. En particular, la cimbra que actualmente se fabrica con diversos productos de la madera (usualmente madera de pino), donde después de un número finito de usos (aproximadamente seis), es sustituida por un elemento nuevo con las mismas características.

La preparación del panel aglomerado incluye tres elementos principales dentro su fabricación: a) la partícula o viruta, b) la resina y c) el proceso de prensado para tener el producto final.

En éste proyecto se propuso la revisión de cada uno de los elementos constituyentes del panel aglomerado con el fin de proponer una mezcla que no involucre madera o derivados de la misma, sino que residuos orgánicos de la agroindustria sean aprovechados para fabricar un panel con propiedades similares e incluso con otras propiedades que no presenta la madera. De la industria arrocera se tomó la cáscara del arroz, que por su alto contenido de sílice la excluye de ser considerada como forraje para animales, y su difícil manejo como biomasa (por su constitución mineralógica genera grandes volúmenes de residuos en base de compuestos con silicio) representa un problema de manejo de residuos. Sin embargo, su geometría hojueada (laminar-curvada) y su poco espesor representa una forma ideal como viruta para fabricar aglomerado que sea competitivo con los que actualmente se encuentran en el mercado. Asimismo es importante contar con una resina sintética que requiera poco calor para ser polimerizada a temperatura ambiente, que combinada con nanoestructuras de carbono resulte en una resistencia a la tensión mecánica superior a la resina convencional. También es importante que el material sea ignífugo que la absorción de humedad sea baja o cercana a cero y que esté libre de algún material de interés para animales como termitas.

De tal suerte que hemos combinado **cascarilla de arroz** (sin procesos secundarios de procesamiento) con **resina** de poliéster (resistente, polimeriza con un catalizador a temperatura ambiente) reforzada con **nanotubos de carbono** dopados con grupos OH, y hemos fabricado un material compuesto (aglomerado) mediante la compresión simple de la mezcla de los materiales arriba mencionados dentro de un molde de acero.

Nuestro material muestra un comportamiento mecánico igual al de una hoja de triplay del mismo espesor y que un aglomerado de MDF con el doble de espesor, menor porcentaje de absorción de humedad que los materiales de control y una conductividad térmica similar a la de la fibra de vidrio mineral.

En éste proyecto se sintetizaron varios tipos de nanoestructuras de carbono mediante la técnica de deposición química de vapores CVD, y se diseñó el proceso de incorporación de las nanoestructuras en la resina de poliéster, utilizando equipo de frecuencias ultrasónicas en combinación con solventes polares y no polares.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Al término de la cuarta y última etapa de nuestro proyecto, hemos fabricado un material que puede ser usado como cimbra de contacto para elementos de concreto, o bien como cara de contacto de paneles ligeros tipo sándwich, con propiedades ignífugas, cero absorción de humedad, con un módulo de elasticidad de 4.58 KPa en 6mm de espesor, y con una conductividad térmica de 0.095 W/Km.



Figura 1. Tablero de acero como bastidor para tarima tipo cimbra, la cara de contacto es el tablero producto de éste trabajo de investigación.



Figura 2. Cara de contacto de la tarima tipo cimbra.



Figura 3. Uso como cara de contacto de panel ligero para muros divisorios.

Metas y objetivos alcanzados

Los objetivos planteados al inicio del proyecto fueron:

1. Obtener un material para la construcción a base de cascarilla de arroz con una matriz de resina nano-reforzada con nanoestructuras de carbono, que presente propiedades mecánicas elevadas con características retardantes a la flama.

Se cumplió al 100%, se cuenta con un material con propiedades mecánicas similares al triplay, con una conductividad térmica similar a la fibra de vidrio mineral, retardante a la flama puesto que es auto-extinguible.

2. Lograr la viabilidad económica del producto final variando los parámetros de mezclado de nano estructuras entre 0.01% y 0.1% por peso en la resina utilizada para el compuesto y usando como materia prima un producto de desecho de la industria del arroz nacional.

El procesado del material en costos a nivel laboratorio es de \$380.00 /m², y sin un proceso de industrialización que pueda hacer más eficiente los costos. Por ejemplo, el triplay comercial tiene un costo de \$180.00 /m², pero éste costo se encuentra optimizado ya que la industria del triplay se encuentra completamente establecida, y por ello podemos suponer que el costo beneficio de nuestro nuevo producto puede ser competitivo con el triplay comercial. Por lo tanto, el objetivo se cumplió al 100%.

3. Obtener un nanocomposito real para ser utilizado en la industria de construcción, que sea sustentable y que tenga ventajas competitivas con un alto valor agregado y menores costos a los productos actuales en el mercado.

Tomando en cuenta que en la industria de moldes para construcción de vivienda con concreto reforzado utiliza aglomerados en base a viruta y resina fenólicas a costos de \$350.00 /m², y viendo que nuestro producto sin ningún tipo de escalado industrial (costo laboratorio) es de \$380.00/m², podemos decir que el objetivo se ha cumplido al 100%, y esta en la posición adecuada para su escalado industrial.

Contribución técnica del proyecto

El proyecto ejecutado incluye dos temas aparentemente disociados, por un lado la industria de la construcción de vivienda y por el otro la nanotecnología. Es claro que la contribución de éste trabajo de investigación multidisciplinar ha sido la incorporación de nanoestructuras de carbono en un material de uso generalizado en la construcción, y éste hecho por si sólo significa que la industria de las nanoestructuras puede ver al sector de la construcción como un mercado totalmente viable si es posible minimizar el costo de volúmenes masivos de de nanoestructuras con el fin de obtener mejores productos a precios competitivos en los mercados nacionales e internacionales.

Productos de la investigación

1. Síntesis de nanotubos de carbono con diferentes grupos funcionales: se obtuvieron tres diferentes tipos de nanotubos de carbono.
 - Nanotubos de carbono de pared múltiple por medio de pirólisis de hidrocarburos (MWCNT vía CVD): Esta síntesis se llevó a cabo mediante la pirólisis de soluciones de tolueno-ferroceno ($C_7H_8-FeCp_2$) utilizando un método de rocío pirolítico.
 - Nanotubos de carbono de pared múltiple dopados con grupos funcionales (OH) por medio de pirólisis de hidrocarburos (MWCNT_Ox vía CVD): Estas nanoestructuras se produjeron utilizando un generador ultrasónico utilizando soluciones de etanol-tolueno-ferroceno ($C_2H_6O-C_7H_8-FeCp_2$) y un sistema de hornos operando a 850 °C.
 - Nanotubos de carbono de pared múltiple dopados con átomos de nitrógeno por medio de pirólisis de hidrocarburos (MWCNT_Nx vía CVD). Los nanotubos dopados con nitrógeno fueron sintetizados utilizando un generador ultrasónico conjuntamente con soluciones de ferroceno- piridina ($C_5H_5N-FeCp_2$), argón y un sistema de hornos operando a temperaturas oscilando entre 850 y 950 °C.
2. Molienda de la cascarilla de arroz por medio de medios mecánicos para su incorporación en el material compuesto, se lograron tres tamices diferentes, teniendo mejor respuesta en el producto final el material sin procesar.
3. Resina de poliéster modificada con nanotubos de carbono (17% aumento en resistencia a la tensión). Con un protocolo de dispersión de las nanoestructuras en la matriz polimérica.
4. Material compuesto con medición de su Módulo de elasticidad, constante de conductividad térmica y porcentaje de absorción de humedad, y conductividad eléctrica.