

La madera auxiliar en la construcción y su huella ecológica; caso de la superficie de contacto de la tarima

María Susana Bianconi Bailez*

RESUMEN

Se diseña una tarima de cimbra alternativa, con material reciclado, para contrarrestar el uso indiscriminado de madera en la construcción del concreto armado. Se presenta esta problemática en el estado de México y se relaciona con el consumo de madera talada clandestinamente. Se grafica el ciclo de vida de la tarima para cimbra de construcción y se comparan parámetros y desempeños de nuestra propuesta, a la que llamamos tarima híbrida y la tarima convencional. Se sugiere contrarrestar el mal uso del recurso madera asociado a la factura *in situ* del concreto armado mediante el uso de este nuevo diseño.

ABSTRACT

An alternative framework is designed, based on recycled material, to tend to diminish the irrational use of wood. Wood related problems in concrete construction in the State of Mexico are presented, and this issue is related to the illegal harvest of timber. The wood framework life cycle assessment is graphed and several parameters are compared between our proposed hybrid frame and the conventional one. This new design is proposed to mitigate the irrational use of timber in the making of daily concrete building *in situ*.

Recibido: 9 de diciembre de 2010

Aceptado: 3 de agosto de 2011

INTRODUCCIÓN

En el estado de México la técnica de construcción más común para entrepisos y techumbres es la losa de concreto armado. Existe la convicción popular de que esta técnica es superior a cualquier otra y no se cuestiona su costo directo ni su costo ambiental. La mezcla del cemento, los agregados y el agua se realiza en obra y se vierte sobre un encofrado de madera compuesto de tarimas (figura 1), vigas y polines como pies derechos. Este sistema de cimbra de madera es versátil, barato, manejable en obra con gran comodidad antropométrica y fundamentalmente, es conocido por los albañiles que aprenden a cimbrar con gran destreza en la obra cotidiana, tanto de autoconstrucción como en la obra diseñada y dirigida por profesionales.

La pertinencia de sustituir sólo parte de este sistema (la superficie de contacto) por un material reciclado, es el tema del presente artículo, para lo cual analizamos el impacto ambiental del uso efímero de esa superficie de contacto de madera y proponemos una alternativa de material reciclado con el afán de sopesar su viabilidad económica, ambiental y funcional.

Palabras clave:

Madera; tala; cimbra; ciclo de vida; tarima híbrida.

Keywords:

Timber; prune; wood framework; life cycle assessment; hybrid frame.

El cuerpo del texto se compone de una *METODOLOGÍA* basada en el ciclo de vida, de un *ANÁLISIS* de la tarima como producto y de *RESULTADOS* basados en la comparativa de desempeños entre la tarima convencional y la nueva tarima alternativa propuesta. El apartado de *DISCUSIÓN* diserta sobre los resultados y la practicidad de la propuesta de diseño de la tarima alternativa en nuestro medio, es decir, en el estado más poblado del país donde conviven bosques y áreas urbanas.

* Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México. Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, C. P. 50010, Toluca, México. Tel: (722) 2140414, 2154852. Correo electrónico: bianconi44@hotmail.com

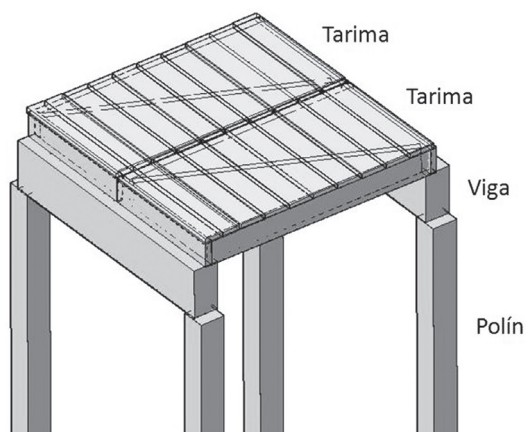


Figura 1. Sistema de cimbra de madera¹

METODOLOGÍA

Se analiza el impacto del uso de madera como material desechable en la construcción convencional del estado de México a partir del esquema de la cuna a la tumba, se grafica el ciclo de vida de esa madera. Se propone una alternativa y se discute su pertinencia y viabilidad en función de comparar parámetros (peso, densidad, durabilidad y costo) de la tarima de madera convencional y los de la tarima híbrida propuesta. Las mediciones se llevan a cabo en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex) donde las dos propuestas son cotejadas y cuyos resultados se resumen en tablas.

Impacto ambiental del uso de la madera de cimbra

A diferencia de las obras construidas en madera y destinadas a durar, la construcción en concreto armado usa a la madera como recipiente de la mezcla húmeda y acaba con ella al cabo de unos cuantos usos. Existe un interesante sistema de reutilización de tablas proveniente de los embalajes industriales con las que se restauran las tarimas dañadas en obra.

Importa asentar que en los aserraderos donde se maquilan estas tarimas de cimbra, no se tiene certeza del origen sustentable de la madera, es decir, mucha de la madera que se usa en construcción, puede provenir de tala clandestina. La línea que divide el origen legal o ilegal de la madera es difícil de trazar y no es tarea en la que los investigadores de la construcción podamos involucrarnos. Sin embargo, sí podemos ofrecer una alternativa a este sistema establecido de

cimbra, para que, sin alterar sus bondades, se pueda detener el daño a la superficie de contacto y prolongar la vida útil de la tarima, incidiendo indirectamente para quitar presión sobre la explotación de los bosques del estado de México.

Cabe ejemplificar que el artesanado² de la catedral de Tlaxcala va a cumplir 500 años y luce impecable. En este lapso, el bosque que le dio origen pudo recuperarse 16 veces y producir 16 techos semejantes, sin perder su constante cualidad boscosa, dado que en México los pinos son maderables con 30 años de edad³.

“Por las limitaciones en los métodos de aprovechamiento, el rendimiento promedio de los bosques naturales en México es 40 % menor que el mundial y se tienen pocos aprovechamientos de plantaciones”. (Programa de Desarrollo Forestal Sustentable, 2006).

En términos generales, la industria forestal de la Entidad tiene que abastecerse de otras entidades federativas y en ocasiones con importación principalmente de Chile o EEUU, siendo un porcentaje menor el abastecimiento de la producción estatal, con excepciones como la Unión de Ejidos ‘General Emiliano Zapata’ de Amanalco y otros núcleos agrarios con abastecimiento propio”. (Programa de Desarrollo Forestal Sustentable, 2006)

La huella ecológica de la madera destinada a la cimbra y su ciclo de vida

Todo producto hecho por el hombre deja una huella en el planeta. La materia prima, la fabricación, el transporte, el uso del objeto y su disposición final forman una cadena de impactos conocida con el nombre de huella ecológica. Cuando importamos madera, estamos desentendiéndonos del impacto (positivo o negativo) de esa producción maderera, dado que proviene de otro país; por lo general distante de México. Análogamente, los países desérticos de la península arábiga, ricos países petroleros, no sufren de estrés hídrico porque compran sus alimentos a otros países. Los países productores de alimentos, en cambio, sí enfrentan año con año la variación de cosechas de acuerdo a la bonanza de la temporada de lluvias (Hoelkstra, 2010).

Construir en madera es propio de los países que tienen un sano aprovechamiento forestal, como Canadá y Estados Unidos. Construir en concreto armado propicia, en cambio, el uso secundario de sistemas y materiales constructivos tales como la madera, la que solo se usa como parte de un procedimiento no per-

¹Las gráficas y fotografías sin notación de fuente, son del autor.

²Artesonado es el trabajo de carpintería fina y elaborada que, a manera de cielorraso, tapa la estructura de armaduras de madera del coro y de la nave central en la Catedral de Tlaxcala. El estado de México conserva un magnífico artesanado, de menor tamaño, en la antigua iglesia de Calimaya, también del siglo XVI.

³Los pinos alcanzan una escuadría maderable entre los 25 y 30 años. (Ver: *La Cuenca*, Boletín informativo de la Comisión de Cuenca de Valle de Bravo-Amanalco, Año: 4; Número 18, febrero 2010)

manente en las construcciones, que lo hacen efímero y por tanto de alto impacto ambiental.

Una comparativa importante del uso de la madera como cimbra contra la construcción con madera, es que mientras en el primer caso se utiliza agua para la mezcla y para el curado del concreto armado, en el segundo caso la obra es seca y disminuye significativamente el uso y el consumo de agua en los procesos del ciclo de vida del producto.

Cabe mencionar en este momento que el British Research Establishment (BRE) analiza impactos a lo largo de 100 años para obtener Perfiles Medioambientales de los materiales renovables de construcción (BRE, 2007). A este trabajo lo denominan Environmental Assessment Method (EAM) por sus siglas en inglés y es adecuado para entender el comportamiento del ciclo de vida de los bosques, para establecer el balance entre los insumos y las emisiones, para obtener así los perfiles ambientales y los límites de un sistema, que para nuestro caso de estudio se ejemplifica en la figura 2.

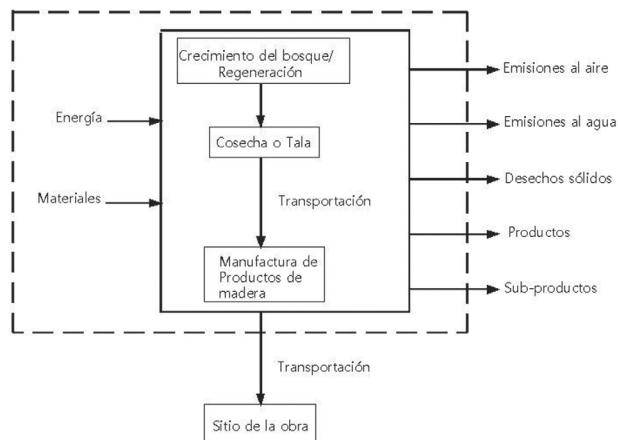


Figura 2: Límites del sistema de Ciclo de Vida de la madera procesada en la construcción. (Puettmann y Wilson, 2005)

Actualmente, los macizos forestales mexiquenses de donde se extrae la madera de cimbra (primera fase del ciclo de vida de cualquier producto maderable), sufren dos presiones diferentes, de origen opuesto pero de resultado convergente. Por un lado existe una endémica tala clandestina, tala que no reforesta y que deja los suelos a merced de la erosión⁴. Por otro lado, una mala aplicación de la legislación protectora de áreas forestales, hace que los bosques envejeczan, lo que provoca baja o nula producción de oxígeno y bajo sumidero de bióxido de carbono y por tanto propicia el

⁴ La Environmental Protection Agency (EPA) ha estimado que la erosión de los terrenos totalmente talados puede alcanzar 12 000 toneladas por milla cuadrada (o su equivalente: 4 687 toneladas por kilómetro cuadrado) por año. Esto representa 500 veces más que la erosión natural de un bosque sin afectación. (Calkins, 2009).

incremento del calentamiento de la atmósfera. Conforme el árbol crece, el carbono acumulado se deposita en su fuste y paralelamente disminuye su follaje, que es el encargado de producir oxígeno a través de la fotosíntesis. (Nakama *et al.*, 2009).

Para nuestra situación particular en el estado de México, el ciclo de vida de la madera usada en cimbra (figura 3) puede graficarse de la siguiente manera: inicia con la extracción de la materia prima (1) y continúa a través de las fases de aserrio (2) y producción (3), seguidas de la distribución (4), utilización en obra (5) y deposición final con impacto en el paisaje (6). A este impacto contribuye también el origen de la madera, el que será diferente si proviene de desmontes para la agricultura (lo que provoca erosión de suelos) o si proviene de plantaciones forestales comerciales.

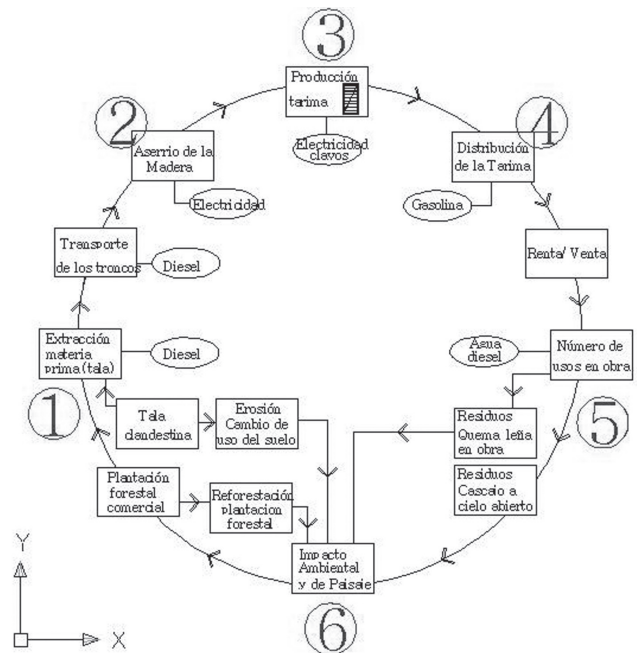


Figura 3: Ciclo de vida de la tarima convencional

En la figura 3, se inscribe dentro de óvalos la energía utilizada en el ciclo de vida de la tarima. Siendo la madera un material ligero y quedando los bosques proveedores a escasa distancia de los centros de población en el estado de México, consideramos de poco impacto el gasto energético. Finalmente al cabo de su desempeño, la madera es biodegradable (Stafford, 2009). Sin embargo en el caso de la madera utilizada como recipiente del concreto húmedo (figura 4), ésta llega al final de su ciclo de vida contaminada con rebabas de cemento y con los desmoldantes comúnmente utilizados en obra: diesel o aceite mineral quemado (Hernández, 2009a).



Figura 4. Desechos de madera en la construcción doméstica convencional, contaminada con rebabas de concreto y con diesel. Foto: Andrés Galindo.

Los estudios y análisis que se llevan a cabo en países desarrollados, no se ven obligados a tomar en consideración el origen de la madera dado que provienen de la industria maderera establecida, por lo cual es menester llamar la atención que el impacto ambiental del uso de cimbra de madera es fundamentalmente un asunto doméstico, desconocido en Europa y Estados Unidos.

ANÁLISIS

Tarima convencional de madera

En la figura 5 vemos una tarima convencional de madera de las que se usan ampliamente en el estado de México.

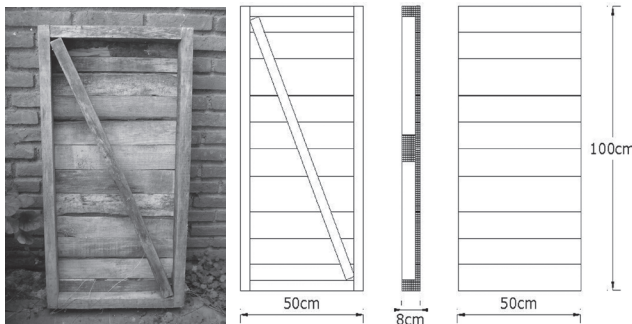
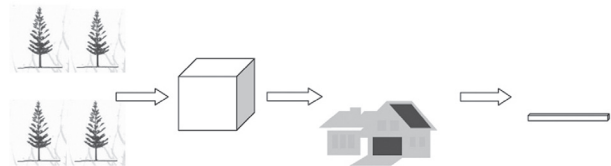


Figura 5. Foto y croquis de una tarima de madera convencional; a la extrema derecha la superficie de contacto.

Esta tarima tiene una superficie de contacto de medio metro cuadrado y su volumen de madera es de $22\,510\text{ cm}^3$ (9° tablón). La mayor parte es decir, $12\,500\text{ cm}^3$ forman la superficie de contacto y sólo $10\,010\text{ cm}^3$ forman la estructura base armada con

cuatro barros ortogonales y uno diagonal. Con el volumen de 80 superficies de contacto de tarima se obtiene un metro cúbico de madera. En la figura 6 vemos sus equivalencias.



$$4 \text{ árboles maduros} = 1 \text{ m}^3 \text{ madera} = 200 \text{ m}^2 \text{ de losas} = \text{desperdicio madera contaminada y trozada}$$

Figura 6. Relación madera- superficie colada.

Vemos que con cuatro árboles maduros⁵ se obtiene un metro cúbico de madera aserrada, este volumen alcanza para producir 80 superficies de contacto de cimbra tradicional de madera, las que usadas cinco veces⁶, sirven para colar 200 m^2 de losa de concreto armado.

Estos datos nos sirven para estimar cuánta madera ha sido usada de manera efímera en el estado de México. Extrapolando, podemos inferir cuántos metros cúbicos de madera se han usado y consumido sólo para recibir el colado de las losas de las zonas urbanas del estado de México. Tenemos que el universo de viviendas para el estado de México, según el censo de población y vivienda del INEGI del 2010, es de 3 243 566 habitadas.

Tabla 1.

Relación entre la superficie construida en concreto y la madera inutilizada por tal hecho.

Número de viviendas edo. México	m ² totales de vivienda	m ³ de madera usada en superficie de contacto	Número de árboles utilizados	Área boscosa necesaria (hectáreas)
3 749 106	374 910 600	1 874 553	7 498 212	37 491

Adjudicamos una superficie estándar de 100 m^2 por cada casa habitación y un área por cada árbol de 50 m^2 para su crecimiento pleno⁷. Los datos de la Tabla 1 no toman en consideración la superficie de losas de concreto de las áreas comerciales, las que se desarrollan a lo largo de las vías servidas por el transporte público y que constituyen una kilométrica hilera de construcciones. Sin embargo aún reduciendo nuestro universo al de las casas habitación, observamos que la cantidad de madera inutilizada después de haber servido cinco veces en contacto con la mezcla de concreto hidráulico es de $1\,874\,553\text{ m}^3$, o su equivalente a 7 498 212 árboles talados para un fin efímero.

⁵ Pino (*pinus patula*) en bosque manejado con área basal media (AB) de $0.8\text{ m}^2/\text{ha}$ (Cruz-Leyva, 2010).

⁶ Las tabletas de la superficie de contacto de una tarima se empiezan a deteriorar a partir del 3.º uso. Quienes rentan cimbra, sustituyen lo dañado con madera nueva o con madera de tarimas industriales. Al cabo de cinco usos la totalidad de la superficie original ha sido sustituida.

⁷ En aprovechamientos comerciales los pinos se plantan inicialmente en geometrías de $3.5\text{ m} \times 3.5\text{ m}$, sobreviene el raleo y quedan espaciados a $7\text{ m} \times 7\text{ m}$

El área requerida para soportar tal número de individuos (árboles maduros maderables) es equivalente a 37 491 hectáreas, o a sesenta y dos Bosques de Chapultepec⁸. Este no sería un problema en sí mismo si las plantaciones forestales en el estado de México fueran consideradas como una más de sus múltiples industrias⁹.

RESULTADOS

Diseño alternativo

El campo del diseño puede contribuir a que no se use la madera en forma irracional, sustituyendo la superficie de contacto de la tarima de la cimbra de madera por otra de un material más resistente al contacto con el concreto hidráulico y que además garantice estabilidad volumétrica y un precio igual o menor al de la madera.

A continuación se hace un listado comparativo de los parámetros de la superficie de contacto de la tarima convencional (tabla 2) y los de una superficie alternativa de plástico reciclado (polietileno de alta y baja densidad) a la que llamaremos tarima híbrida, dado que por el anverso, seguirá teniendo la estructura de madera convencional como se puede apreciar en la figura 7.

Tabla 2.
Parámetros del sistema tarima convencional de madera y de la tarima híbrida

Sup. de contacto:	Madera	Polietileno reciclado
Densidad	0.53 gr/cm ³	0.90 gr/cm ³
Peso	5.75 kg	5.20 kg
Costo de la tarima	\$ 58.00	\$ 87.00 ¹⁰
Contracción por humedad	0.2 %	0 %
Durabilidad (# de usos)	5	20
Área de colado	2.5 m ²	10 m ²
Adherencia al concreto	fuerte	débil
Acabado	rústico	liso
Reciclabilidad	baja	alta

El polietileno de baja y de alta densidad reciclado, se obtiene recalentando y fundiendo plásticos en desuso, es decir, es un material que se genera a partir de basura. (Hernandez-Moreno, 2009b). El espesor de la placa de este plástico reciclado es de 12 mm lo que determina su bajo peso a pesar de su alta densidad. Este material puede ser enteramente reciclado, a diferencia de la madera que se deteriora y contamina con cada uso.

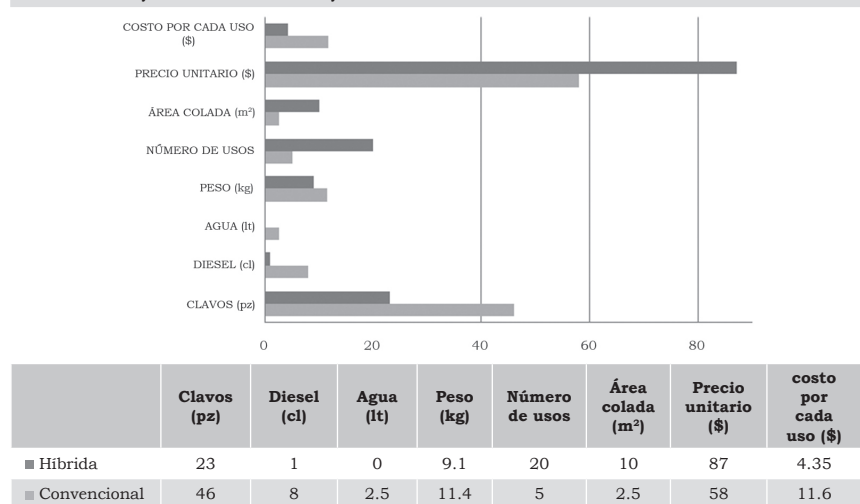
La figura 7 nos muestra el anverso de la tarima híbrida donde queda expuesta la estructura convencional de madera, misma que se clavará al resto del sistema de cimbra de madera, y el dorso, de superficie lisa y de terso desmolde.



Figura 7. Superficie de contacto polietileno reciclado montado en la estructura convencional de una "tarima" de madera.

Esta tarima híbrida costará inicialmente un 40 % más (\$ 87.00 contra \$ 58.00), pero se podrá usar otras 15 veces más, por lo cual su costo por cada uso *in situ* resultará ser de \$ 4.35 contra \$ 11.60 de la tarima convencional, como se observa en la tabla 3.

Tabla 3.
De las Insumos y costos tarimas híbrida y convencional



⁸ Tomamos en 600 ha el área verde de las tres secciones del Bosque de Chapultepec.

⁹ El aprovechamiento forestal del ejido Palo Seco es anunciado por la Protectora de Bosques del estado de México como caso excepcional y consta sólo de 744 ha (PROBOSQUE 2011).

¹⁰ Según datos del proveedor, Ing. Tonatiuh Vázquez González, docente de la Facultad de Arquitectura y Diseño, UAEMex.

Algunos otros parámetros que comparan ventajosamente a nuestra propuesta híbrida son: menor número de clavos necesarios para fijar la superficie de contacto, por tratarse de una sola placa; el requerimiento mínimo de desmoldante (diesel por lo general) gracias a la calidad lisa de la superficie del polietileno; una mayor ligereza en el peso y finalmente, la nula necesidad de agua previa al vertido del concreto. En los colados convencionales, se moja abundantemente el entarimado de cimbra de madera, como medida de hidratación para que el contenido de humedad de la mezcla no sea absorbido por la superficie de contacto de la madera.

DISCUSIÓN

El polietileno reciclado aquí expuesto no es la única alternativa para sustituir la superficie de contacto de la tarima; es sin embargo, una al alcance de la mano en la actualidad, debido al esfuerzo de algunos emprendedores por reciclar la abundante cantidad de materiales no biodegradables desechados por los consumidores. La decisión de no alterar las medidas convencionales de la tarima de madera resulta de entender que la costumbre jugará un papel determinante en la aceptación de este objeto híbrido.

Otras ventajas además de su bajo costo, es su peso ligeramente menor y su estabilidad dimensional. El reciclaje del polietileno, ambientalmente adecuado, se realiza aleatoriamente por territorios cercanos a los rellenos sanitarios. Esta selección corre a cargo de gente que no forma parte de la economía formal. Ellos abastecen a los técnicos que realizan la transformación del material pero sin ser capaces de entregar una factura fiscal por el valor de su venta. Este ingrediente complica y encarece la comercialización del polietileno reciclado porque, al costo de su producción (trozado, fundición y compresión), no puede restársele el costo de la materia prima.¹¹

Esta situación sólo se puede contrarrestar con una producción masiva de superficies de contacto de cimbra y con una campaña promocional que lleve el nuevo producto híbrido a los sitios donde tradicionalmente se vende o renta cimbra de madera.

Este estudio pretende incidir en el ámbito académico y en el comercial. Académicamente es necesario que se incorpore el análisis de las cimbras en las disciplinas asociadas a los procesos constructivos en las carreras de Arquitectura e Ingeniería Civil. Como muchas cosas de la vida cotidiana, las tarimas se dan por hechas y no se analizan en todas sus implicaciones.

¹¹ Por cada superficie de contacto de polietileno reciclado, se estará evitando que lleguen a un relleno sanitario al menos 15 cubetas o baldes de 19 litros.

Comercialmente, las cimbras híbridas pueden ser un nicho para quienes reciclan materiales poliméricos habida cuenta de que la Secretaría de Hacienda abra un apartado especial para los contribuyentes que no pueden deducir como insumo lo que pagan por la materia prima, esto debido a que el pepenador de polietileno es un personaje ajeno al sistema fiscal.

Paralelamente, la divulgación de la postura que se sostiene en este trabajo de investigación, apunta a otras dos áreas del conocimiento: la sustentabilidad y la estética. La sustitución del material de contacto de las populares tarimas puede abrir paso a una revaloración de la madera como material valioso y durable, digno de ser usado en una arquitectura acogedora y sustentable detonadora de la industria forestal, para cuyo desarrollo el estado de México tiene vocación natural.

CONCLUSIONES

La industria de la construcción deja una profunda huella en el sitio donde se levanta la obra y también en regiones aledañas como los bosques que dan origen a las tarimas de madera.

- Se fabrica una tarima con superficie de contacto de polietileno reciclado.
- Se comparan insumos y costos de este prototipo con los de la tarima convencional de madera.

Se concluye que el nuevo producto que aquí se presenta, la tarima híbrida, tiene un desempeño adecuado, de fácil desmolde, de larga duración y de costo competitivo, lo que, de popularizarse su uso, puede constituir una alternativa para la construcción cotidiana en el estado de México, a la par de retirar del paisaje parte de la basura de polietileno que lo contamina así como disminuir el uso de diesel y de agua en el proceso de fabricación del concreto hidráulico *in situ*, reduciendo la huella ecológica de ese proceso.

AGRADECIMIENTO

El autor desea agradecer al COMECYT (Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología) por el apoyo económico recibido a través de la Beca Continua de Posgrado.

REFERENCIAS

- BRE (Building Research Establishment) (2007). *Methodology for Environmental Profiles of Construction Products*. Draft :28. Ed. Bre, Gran Bretaña.
- Calkins, Meg. (2009). *Materials for Sustainable Sites*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey

- Cruz-Leyva Isidro Ahmed, José René Valdez-Lazalde, Gregorio Ángels-Pérez y Héctor Manuel de los Santos-Posadas (2010). Modelación Espacial de área basal y volumen de madera en bosques manejados de *Pinus patula* y *P. teocote* en el ejido Atopixco, Hidalgo. *Madera y Bosques*, 16 (3) Xalapa p 75
- Guía IMCYC para el diseño, construcción y materiales de cimbra para concreto (2005). Comité ACI-347-04 Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.
- Hernández Moreno, Silverio (2009a). Diseño sustentable de materiales de construcción; caso del concreto de matriz de cemento Pórtland. *Revista Ciencia Ergo Sum* Vol.15 Núm. Tres
- Hernández-Moreno, Silverio (2009b) Current technologies applied to urban sustainable development, *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, No 4(13), noviembre 2009. <http://um.ase.ro/>
- Hoekstra, Arjen (2010). The Water Footprint: water in the supply chain, *The Environmentalist*, 1 marzo 2010, ejemplar 93, p 12,13.
- INEGI (2010) *Censo de Población y Vivienda*. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=15> (24/05/2011)
- Nakama, V.; Lupi, A.M.; Ferrere, P.; Alfieri, A. (2009) *Las Plantaciones Forestales como sumidero de carbono atmosférico: Estudio de caso en la Provincia de Buenos Aires*. CIRN INTA, Castelar.
- PROBOSQUE (2011) *Revista Forestal* vol.14 No 2, marzo-abril 2011, paginas centrales.
- Puettmann, Maureen E.; Wilson, James B. (2005) *Life –Cycle Analysis of Wood Products: Cradle-to-Gate LCI of Residential Wood Building Materials*. Wood and Fiber Science, V. 37 CORRIM Special Issue.
- Stafford, Ruth (2009) Biobased Materials, del libro: *Materials for Sustainable Sites*, Meg Calkins, LEED AP New Jersey.