

“ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE MATERIALES PARA LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN MÉXICO”.

Convocatoria y Clave del Proyecto:

CONAVI-2007-66659.

Sujeto de Apoyo:

Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable, A.C./Universidad de las Américas Puebla.

Responsable Técnico:

Dr. y Dras. Juan Pablo Chargoy^{a,b}, Luis Ángel Rosas^a, Diego Rodolfo Téllez^a, Nydia Suppen^b, Amalia Sojo^b, René Reyes^a, Universidad de las Américas Puebla^a, Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable^b.

La sustentabilidad es un tema polémico para los gobiernos a nivel mundial. México, no se encuentra fuera de esta controversia. ¡Producir más, dañando menos! ¿Cómo estamos colaborando los investigadores para aportar innovaciones científicas que permitan tomar decisiones sustentables dentro de los diferentes sectores económicos?

A través del Proyecto Análisis de Ciclo de Vida de Materiales para la Vivienda de Interés Social en México, el Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable (CADIS) contando con colaboración interinstitucional y multidisciplinaria, así como del sector empresarial, posibilita desarrollar guías ambientales para los materiales usados en la construcción (concreto monolítico, block y tabique, entre otros), con el objetivo de difundir los resultados del análisis de ciclo de vida y los impactos que provocan, entre ellos, el cambio climático, derivados del uso de los materiales, para que sean considerados durante el diseño, planeación y construcción de las viviendas.

Al término de este proyecto, CADIS incorpora los inventarios mexicanos de materiales para la construcción a su base de datos que ha estado desarrollando para otros sectores en México. Lo que permitirá hacer análisis fundamentados en escenarios acordes al país y no aproximados al utilizar bases de datos europeas.

Introducción.

El tema de la vivienda tiene relevancia mundial, ya que es un indicador del desarrollo económico y del bienestar social de un país (Arena, 2005). La vivienda se define como el ámbito físico-espacial que proporciona el servicio para que las personas lleven a cabo sus funciones vitales básicas (CONAVI, 2010). Además, la vivienda, fortalece el patrimonio

familiar, establece las condiciones necesarias para insertar a la familia en la sociedad e impulsa el desarrollo sano de sus integrantes (Barona Díaz, 2006).

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se ha utilizado para evaluar los procesos de desarrollo de productos "desde la cuna hasta la tumba" desde hace muchos años. Con el impulso actual hacia la construcción sostenible el ACV ha ganado importancia como una metodología objetiva para evaluar el impacto ambiental de las prácticas de construcción (Singh, Berghotn, Joshi, & Syal, 2011).

El objetivo de este proyecto es elaborar el inventario de ciclo de vida de materiales de construcción de la vivienda de interés social en México, para conocer el consumo de materia prima, energía, así como generación de desechos y emisiones al agua, aire y suelo. Con esta recolección de información será posible realizar el Análisis de Ciclo de Vida de la vivienda de interés social mexicana con datos propios del país.

Planteamiento del problema.

Barona afirma que en México existe un complejo problema de vivienda, el cual se debe a la distribución desigual del ingreso y el acceso limitado de grandes sectores poblacionales a los financiamientos. Todo esto resulta en un crecimiento en la demanda. Se estima que en el 2030 habrá 130.2 millones de mexicanos en 45 millones de hogares, lo cual representa la necesidad de edificar un promedio de 776 mil viviendas anuales, donde la vivienda de interés social tendrá un importante papel (Barona Díaz, 2006). La gran demanda en este sector ha inducido que los diseños y técnicas de construcción no tomen en cuenta las necesidades específicas de cada zona, así como una ausencia de control de calidad. Esto provoca que no se alcance el confort físico aunado a una disminución en la durabilidad, aumentando el consumo de recursos (López Tamayo, 2011).

Lo anterior establece la relevancia del sector de la vivienda en el país y justifica el desarrollo de proyectos de investigación que busquen minimizar el impacto al medio ambiente de las viviendas, pero no sólo en la etapa de construcción, sino a lo largo de su ciclo de vida, de modo que las decisiones que se tomen al respecto representen un beneficio ambiental integral (Arena, 2005).

Metodología.

Se empleó la metodología propuesta por la ISO en la norma 14044 para un Análisis de Inventario para un ACV. A continuación se describe cada etapa de la metodología:

Definición de objetivos y alcances.

Se eligieron los materiales de construcción principales y más comunes para la edificación de una vivienda: concreto, tabique o block para muros, vigueta y bovedilla para los techos y

cemento para unir los anteriores. Las empresas estudiadas se encuentran en el estado de Puebla, de modo que los inventarios generados se consideran para la región central del país. Se realizó el análisis tomando como referencia piezas, metros lineales o kilogramos de producto, según aplicara (Tabla 1).

TABLA 1. PRODUCTOS ANALIZADOS Y UNIDADES FUNCIONALES ASIGNADAS

Producto	Unidad analizada
Vigueta alma abierta	metro lineal, ml
Bovedilla 60 x 25 x 20	Pieza
Bovedilla 60 x 25 x 16	Pieza
Block macizo 40 x 20 x 12	Pieza
Block hueco 40 x 20 x 15	Pieza
Tabique macizo o artesanal	Pieza
Tabique hueco o industrial	Pieza
Cemento	kilogramo, kg

Preparación para la recolección de datos y recolección

De acuerdo a la recomendación de la norma ISO 14044 se crearon diagramas de flujo para los productos que se analizaron. La Figura 1 muestra el diagrama para la bovedilla y el block. Debido a la similitud en el proceso entre estos materiales, se agrupan en un solo diagrama. Para el resto de materiales se elaboraron diagramas de flujo similares.

39

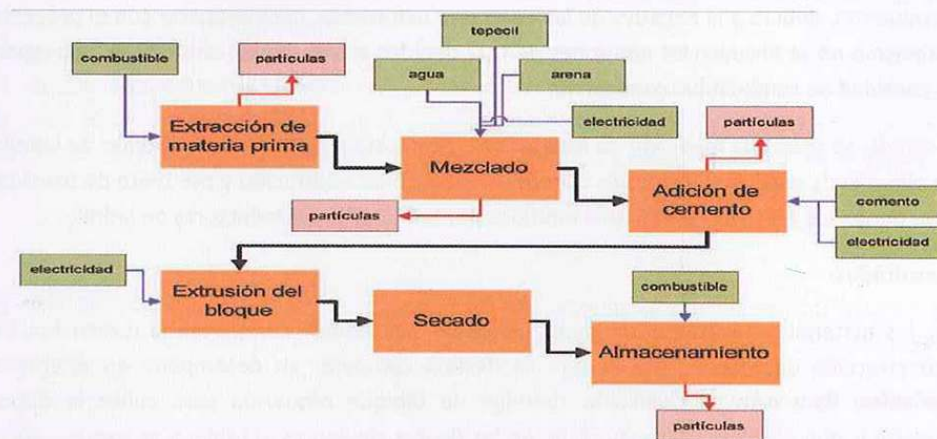


FIGURA 1. ÁRBOL DE PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE BOVEDILLA Y BLOCK

Con los diagramas se identificaron las entradas y salidas del sistema, con esto se construyó una hoja de recolección de datos, en la cual se organizó la información proporcionada por las empresas, así como los datos resultantes de mediciones y cálculos. Para la recolección de datos se hizo una de investigación de campo en la que se solicitaba la descripción del proceso, consumos de materia prima y energía, descargas al agua, emisiones al aire, residuos sólidos generados, combustibles empleados y tipo de transporte utilizado. Durante dicha investigación se notó que las empresas no poseían gran parte de la información, por esto fue necesario efectuar mediciones y cálculos para completar los datos de la hoja de recolección.

Este trabajo toma los factores de emisión AP-42 adaptados para México por Instituto Nacional de Ecología (INE) para la determinación de emisiones al aire de los materiales de construcción (SMRNP, 2008).

Validación de datos.

La validación de la calidad de los datos se realizó mediante balances de materia, debido a que no siempre los datos de entrada correspondían a los de salida.

Relación y agrupación de datos.

Las entradas y salidas del sistema analizado se relacionaron a la unidad funcional correspondientes. Las emisiones se relacionaron a una sustancia equivalente y categoría de impacto de acuerdo a los efectos que producen. La agrupación que se realizó en las hojas de recolección de datos.

Refinación de las fronteras del sistema.

Para la extracción de materia prima sólo se tomó en cuenta el transporte hacia el sitio de producción, debido a la negativa de las empresas extractoras para cooperar con el proyecto. Asimismo no se incluyen las emisiones de CO₂ debidas al transporte, únicamente se registró la cantidad de combustible consumido.

Además, se realizó la medición de los gases de combustión de hornos de cocción de ladrillo. El objetivo de estas mediciones es conocer el nivel de concentración y por tanto de toxicidad que tienen los gases de combustión emitidos por las empresas productoras de ladrillo.

Resultados.

De los materiales analizados solamente el block y el tabique comparten la misma función (construcción de muros), por lo que se decidió comparar su desempeño en diferentes variables. Para esto se calculó la cantidad de tabique requerida para cubrir la misma superficie que un block. Por esta razón en las figuras siguientes el tabique se expresa como tabique equivalente.

Las variables elegidas para comparar fueron el consumo energético y consumo de agua como materia prima. Además, se evaluaron las categorías de impacto de calentamiento global, formación de oxidantes foto-químicos y acidificación, mediante factores del método CML. En la Figura 2 se presenta una gráfica comparativa del consumo energético para las cuatro variantes estudiadas. En todas, el consumo de combustible representa la mayor parte del consumo total, mientras que el consumo eléctrico no aparece para el tabique artesanal debido a que no se emplea maquinaria eléctrica. Se observa que para el block el consumo energético por transporte es mayor que para el tabique. Esto se debe a la mayor distancia que deben recorrer los materiales requeridos por las bloqueras, a diferencia de las ladrilleras cuyo rango de transporte es más local.

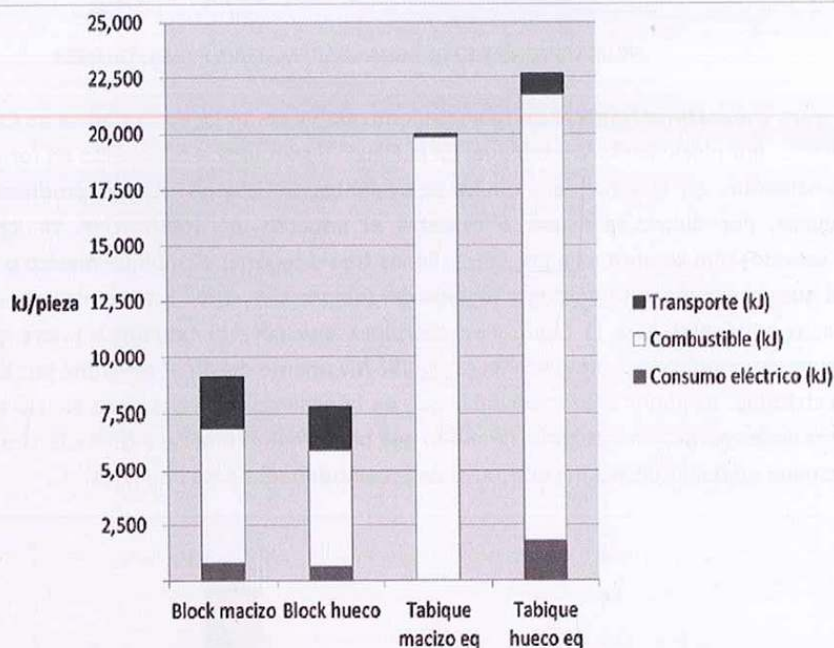


FIGURA 2. ENERGÍA CONSUMIDA PARA LA OBTENCIÓN DE TABIQUE Y BLOCK.

La Figura 3 presenta el consumo de agua por pieza. Claramente el tabique macizo tiene el mayor consumo seguido del tabique industrial. El tabique requiere más agua para el moldeo que el block para el fraguado de cemento. Asimismo, las partículas finas de arcilla absorben más agua debido a su mayor área superficial que la arena y el tepecil del block, de menor área.

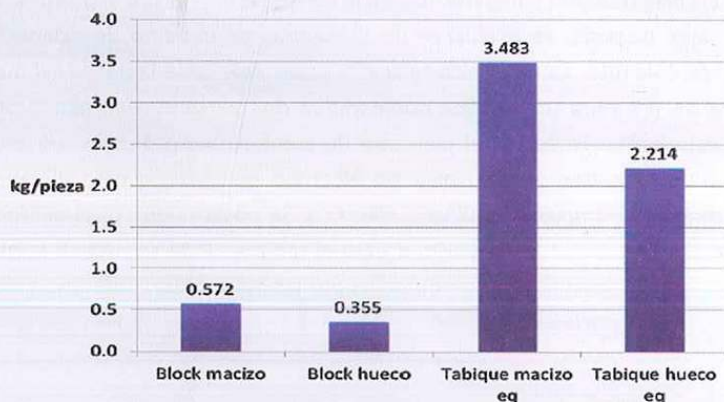


FIGURA 3. CONSUMO DE AGUA COMO MATERIA PRIMA POR PIEZA

La Figura 4 muestra el impacto en calentamiento global de los kg equivalentes de CO₂ que se producen por pieza de block y tabique. En la Figura 5 se muestra el impacto en formación de foto-oxidantes en la atmósfera en kg equivalentes de etileno que se producen por producto. Por último la Figura 6 muestra el impacto en acidificación en kg de SO₂ equivalentes que se producen por pieza. En las tres categorías el tabique macizo o artesanal es el que mayor repercusión tiene, seguido del tabique industrial. Esto representa un menor impacto ambiental para la fabricación del block que para el tabique a priori, ya que el consumo energético vía combustibles es significativamente mayor al consumo por transporte y electricidad. Es importante mencionar que en la evaluación realizada se convierte el total de emisiones para cada categoría, de modo que no se realizó una caracterización en la que se determine en qué proporción contribuye cada contaminante a los impactos.

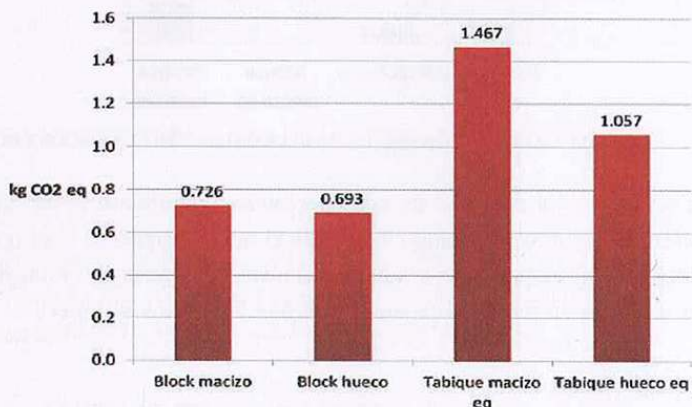


FIGURA 4. IMPACTO DEL BLOCK Y TABIQUE A CALENTAMIENTO GLOBAL

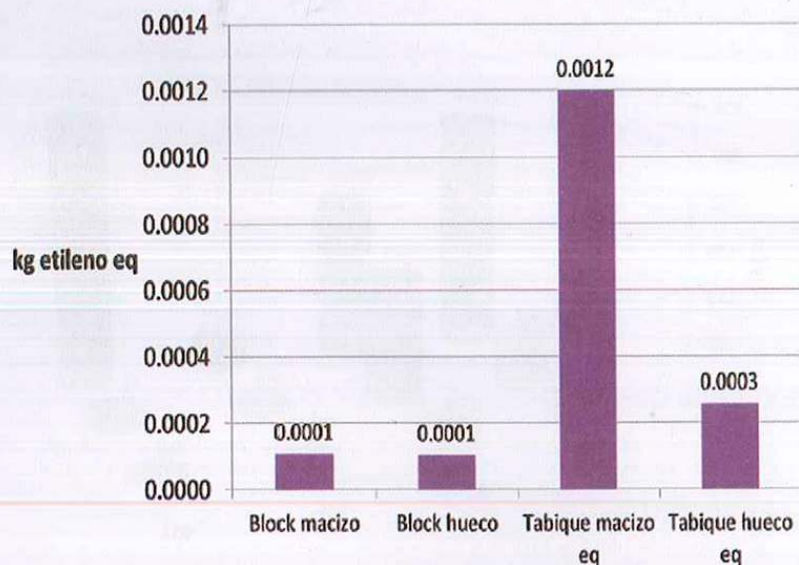


FIGURA 5. IMPACTO DE BLOCK Y TABIQUE A FORMACIÓN DE FOTO-OXIDANTES.

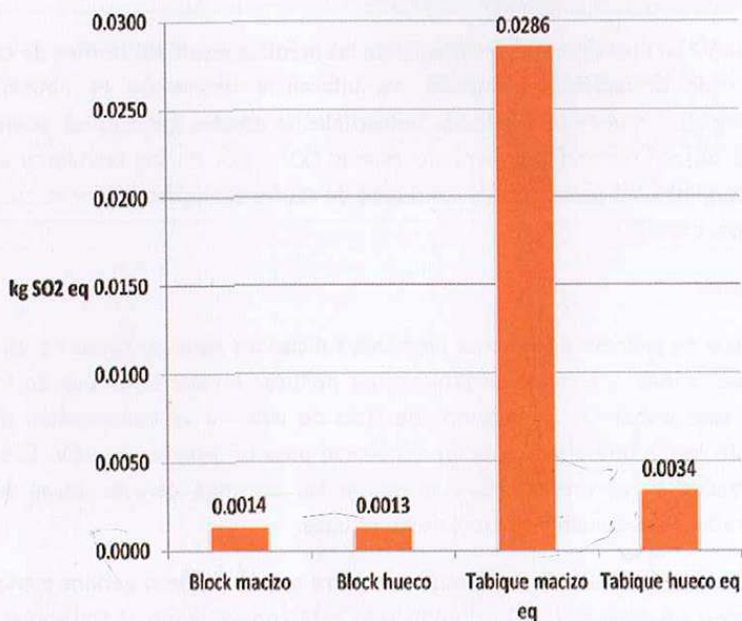


FIGURA 6. IMPACTO DEL BLOCK Y TABIQUE A ACIDIFICACIÓN

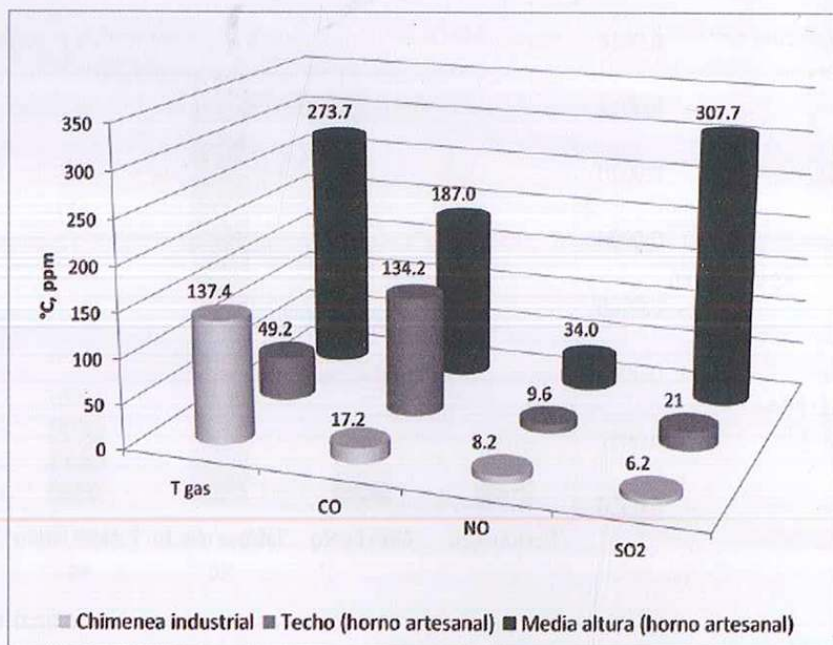


FIGURA 7. GRAFICO COMPARATIVO ENTRE LAS LADRILLERAS INDUSTRIALES Y ARTESANALES

En la Figura 7 se presentan los resultados de las mediciones de los hornos de cocción para la chimenea de la ladrillera industrial. La diferencia observada es notoria y se debe principalmente a que en las ladrilleras industriales se emplea gas natural, aumentando así la eficiencia de combustión y generando menos CO y NO. En las ladrilleras artesanales se emplea combustóleo pesado, cuyo contenido de azufre es mucho mayor, lo cual se refleja en las emisiones de SO₂.

Conclusiones.

México está en proceso de obtener las bases suficientes para ser capaz de ofrecer estudios de ACV de calidad, y con esto establecer las políticas en cuanto al uso de los materiales. Previo a este trabajo los inventarios de ciclo de vida no se encontraban disponibles en México, de forma que ahora pueden emplearse para un estudio de ACV. Estos inventarios tienen validez y representatividad debido a las distintas características tecnológicas y administrativas que tenían las empresas analizadas.

La comparación entre block y el tabique muestra que el primero genera menores impactos ambientales; sin embargo, el inventario solo está considerando el transporte de materias primas y el proceso productivo por lo que se recomienda continuar con el análisis de las etapas de ciclo de vida restantes. Este trabajo representa un sustento para la creación de

políticas que promuevan la disminución del impacto ambiental del sector de la construcción en México, lo cual reitera la utilidad y preminencia de la toma de decisiones mediante un ACV.

Respecto a los resultados acerca de las emisiones de gases de combustión se observa que las concentraciones encontradas en las ladrilleras artesanales representan un riesgo grave a la salud de los que ahí laboran. Principalmente por el ingreso al sistema respiratorio de moléculas de CO y SO₂. Se recomienda encontrar proyectos de desarrollo social que les permitan a las comunidades dejar la producción de ladrillos artesanales como su fuente de ingresos.

Bibliografía.

Arena, P. A. (2005). *Análisis del Ciclo de Vida y la Sustentabilidad Ambiental del Sector Edificio en Argentina*. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza: Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. INCIHUSA. Cricyt (CONICET). Grupo CLIOPE-Energía, ambiente y desarrollo sustentable.

Barona Díaz, E. (2006). *Tecnologías de construcción de la vivienda en Puebla*. Puebla: Gobierno del Estado de Puebla.

CONAVI. (2010). *Código de Edificación de Vivienda*. D.F.: CONAVI.

ISO 14040. (2006). *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. Suiza: International Organization for Standardization.

López Tamayo, N. E. (2011). *Desarrollo urbano y vivienda*. En E. M. Vergara Balderas, El confort térmico y acústico en la vivienda (págs. 13-24). Puebla: UDLAP.

Singh, A., Berghotn, G., Joshi, S., & Syal, M. (2011). *Review of Life-Cycle Assessment Applications in Building Construction*. Journal of Architectural Engineering, Vol. 17, No. 1, 15-23.

SMRNP. (28 de Noviembre de 2008). *Factores de emisión para México*. Puebla.

Tellez, D., Rosas, L., & Chargoy, J. (2009). *Generación de inventarios de ciclo de vida de materiales de construcción de la vivienda de interés social en la zona centro de México*. Cholula: Universidad de las Américas Puebla.

Agradecimientos.

Se agradece el apoyo brindado por el fondo sectorial CONAVI-CONACYT, el departamento de Ingeniería Química, de Alimentos y Ambiental de la Universidad de las Américas Puebla, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Puebla y de las empresas que colaboraron en este proyecto.