

Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de Edificaciones Concrete Sustainability Hub Massachusetts Institute of Technology Informe Interino, diciembre de 2010

John Ochsendorf, Codirector
jao@mit.edu

Las edificaciones en Estados Unidos son el sector responsable por la mayor cantidad de emisiones de gases efecto invernadero, representan el 39% de las emisiones nacionales de CO₂, sin embargo, la industria de la construcción es una de las principales actividades económicas de la nación. Debido al enorme impacto ambiental y económico de la industria de la construcción, existe la necesidad de comprender de mejor manera el desempeño del ciclo de vida de edificaciones comerciales y residenciales, así como investigar métodos para reducir su potencial de calentamiento global (PCG). Es esencial considerar el desempeño medioambiental del ciclo de vida completo de las edificaciones, desde la energía y recursos necesarios para construir, operar y eventualmente, desechar las edificaciones al final de su vida útil.

Nos hemos comprometido con una serie de proyectos para cuantificar las emisiones de carbono del ciclo de vida de las edificaciones, desde la manufactura hasta la eliminación de desechos. A diferencia de la mayoría de estudios previos del análisis de ciclo de vida (ACV) de edificaciones, nuestro trabajo incluye un análisis a detalle de la fase de uso u operación del ciclo de vida. Esta innovación en esta clase de estudio permite comprender mejor los impactos medioambientales del ciclo de vida de edificaciones comerciales y residenciales. En particular, este trabajo demuestra que existen diferencias medibles entre los materiales existentes y que las estructuras de concreto comparadas con estructuras construidas en otros materiales, tienen el potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de las edificaciones en un ciclo de vida típico de 75 años. Para comparar diferencias regionales y climáticas, todos los ACVs se realizaron en ciudades diferentes de los Estados Unidos: Chicago para representar un clima frío, y Phoenix para representar un clima semi-árido.

Para llevar a cabo un ACV, se requiere de una serie de pasos clave. Primero, se debe obtener la información relacionada a los impactos del ciclo de vida de todos los materiales usados, desde su extracción, procesamiento, transportación, hasta la fase de construcción. En segundo lugar, se debe contar con un inventario de las cantidades totales de materiales empleados para poder estimar el tonelaje de materiales requeridos por unidad de construcción. Después se deberá calcular la energía de operación por medio de una simulación, para calcular la cantidad de combustible consumido y representar el impacto ambiental del mismo de acuerdo con el tipo de combustible y la región geográfica. Por último, la información acerca de los materiales y el uso operativo, se ensamblan en un solo modelo de ACV para determinar los impactos a lo largo del ciclo de vida.

Durante el año pasado, hemos llevado a cabo estudios de ACV de edificios comerciales, viviendas unifamiliares y viviendas multifamiliares. Para mantener la misma métrica, todos los estudios de ACV usan el Potencial de Calentamiento Global (PCG), donde las emisiones de gases de efecto invernadero se representan como equivalencias de carbono o CO_{2e}. Esta investigación proporciona un nuevo nivel de claridad para la cuantificación de carbono, lo cual ayudará a desarrollar en el futuro enfoques cada vez más cuantitativos para la construcción verde. A continuación, se presenta una selección de los resultados más destacados.



ACV de Edificaciones Residenciales

Principales Investigadores: Les Norford y John Ochsendorf

Asistentes de Investigación: Dorothy Brown, Hannah Durschlag, Lori Ferriss, Kasia Fydrych, Omar Sweil, Jason Tapia, Amanda Webb, Margaret Wildnauer

Enfoque: Para investigar los ahorros potenciales de energía en viviendas construidas con Formas de Concreto Aislante (ICF), se compararon viviendas unifamiliares y multifamiliares de concreto con construcciones tradicionales de madera. El objetivo es demostrar el potencial ahorro de energía debido a los beneficios de la masa térmica, la efectividad de aislamiento y la reducción de la infiltración de aire, que son características inherentes a la construcción con ICF.

Acercamiento: Para viviendas unifamiliares, analizamos edificaciones de dos pisos con una superficie construida de 223 m², para el caso de viviendas multifamiliares, se analizaron estructuras de 4 pisos con planta en L con un terreno de 270 m². Las viviendas unifamiliares tanto de ICF como de madera, se diseñaron conforme a las especificaciones de la ASHRAE 90.2-2007 “*Energy Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings*”. La hermeticidad de las viviendas tiene un impacto directo en el consumo de energía de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), por lo que se recabaron nuevos datos para dar un nivel más alto de confiabilidad respecto a los valores reportados de infiltración de aire. Ensayos de Ventilador de Puerta en casas de ICF a lo largo de los Estados Unidos, han demostrado que un sistema de construcción hermético es ventajoso para reducir la energía operacional requerida. Usamos estos resultados en simulaciones de EnergyPlus para reflejar de manera precisa el desempeño energético de las viviendas de ICF. El ACV de cada una de las edificaciones incluye la energía incorporada de los sistemas estructurales y la envolvente del edificio, así como la energía operacional y la eliminación de desechos al final de la vida útil de que cada tipo de edificación.

Resultados Destacados: Durante el último año, hemos hecho los siguientes descubrimientos:

Las viviendas construidas con ICF a diferencia de las estructuras de marcos de madera, son capaces de ahorrar energía en calefacción, enfriamiento y ventilación, debido a su alta resistencia térmica y zonas de puentes térmicos.

En un clima frío como el de Chicago, los edificios residenciales construidos con Formas de Concreto Aislado (ICF) pueden ofrecer un ahorro de energía del 20% sobre las edificaciones de marcos de madera en regla. Como las emisiones durante la fase de uso y operación son mucho más grandes que las emisiones en las etapas pre-operacional y de eliminación de desechos, este mismo porcentaje es un estimado razonable del ahorro de emisiones de carbono en el ciclo de vida de las edificaciones de ICF. Los ahorros en energía pueden compensar las emisiones de carbono iniciales del concreto en los primeros años de operación.

Más del 90% de las emisiones de carbono del ciclo de vida corresponden a la fase de uso y operación, mientras que la construcción y disposición de desperdicios, son responsables de menos del 10% del total de las emisiones.

Nuevos ensayos de Ventilador de Puerta han demostrado que las viviendas de ICF pueden lograr construcciones más herméticas con una infiltración de aire mínima, lo cual, mejora el desempeño energético de las edificaciones.



Impacto Potencial: Nuestra investigación sobre edificaciones residenciales proporciona un entendimiento mejorado del desempeño de las viviendas de ICF, y en un futuro, ayudará a cuantificar el potencial de las viviendas de concreto de bajo consumo energético en los Estados Unidos. Los descubrimientos de este trabajo podrían conducir a construir un prototipo de viviendas de baja emisión para desarrollos habitacionales.

Plan de Trabajo: Continuamos la investigación sobre edificación residencial mediante:

- Considerar otras zonas climáticas de los Estados Unidos;
- Investigar la sensibilidad del ACV a la incertidumbre de los datos de entrada;
- Explorar el potencial del ahorro energético de las tecnologías pasivas en viviendas de concreto;
- Incluir otros sistemas de construcción con concreto como el uso de concreto expuesto y de elementos de mampostería;
- Cuantificar el desempeño económico del ciclo de vida de la construcción residencial en concreto.

Fin del Proyecto: 31 de agosto del 2011

ACV de Edificaciones Comerciales

Principales Investigadores: Profesores Leslie Norford y John Ochsendorf

Asistentes de Investigación: Libby Hsu y Andrea Love

Enfoque: Investigar el rol de la masa térmica en la reducción de las emisiones de carbono de grandes edificios de oficinas, nos hemos enfocado en edificaciones de alta masa térmica (concreto) y baja masa térmica (acero). El objetivo es cuantificar las ventajas energéticas inherente al concreto debido a su masa térmica e identificar las áreas de mejora correspondientes a las emisiones dentro del ciclo de vida de edificaciones comerciales.

Acercamiento: Consideramos un edificio de acero y un edificio de concreto con base en el modelo de edificación para uso comercial y mixto del Departamento de Energía (DOE), que consiste en una edificación rectangular de 12 niveles y aproximadamente 45,500 m². Los modelos de referencia comercial del DOE, fueron generados a partir de la información recolectada por la DOE Energy Information Agency's Commercial Buildings Energy Consumption Survey (CBECS), que es una encuesta que recolecta información de más de 5,500 edificios en todo el país de manera cuatrienal. Para calcular los requerimientos energéticos de ambos diseños de edificación, corrimos una simulación de un año de operación usando software de EnergyPlus. Actualizamos el modelo para cumplir con los requerimientos actuales en materia energética de la ASHRAE 90.1-2007. Las fachadas de ambos edificios están conformadas en un 40% por cristal glaseado y un 60% por paneles de aluminio, las edificaciones cuentan con sistemas VAV HVAC y cimentaciones de losa. Se tuvo particular cuidado para modelar las características térmicas y requerimientos de material de las paredes, la primera para tomar en cuenta los puentes térmicos, y la segunda para realizar el ACV de los materiales estimados. De forma muy detallada se modeló la infiltración de aire, basándose en las características de filtrado de los componentes individuales y la información de filtración del edificio completo con los datos publicados por el National Institute of Standards and Technology (NIST). La información disponible no distingue la configuración de las fachadas, por lo que esto no se modificó en nuestras simulaciones. Los resultados del ACV se indican en unidades equivalentes de carbono por pie cuadrado, tanto para el carbón incorporado inicial como para las emisiones operacionales de carbono de cada año de operación. La suma de las emisiones de carbono durante la vida útil de la edificación se clasifica de acuerdo con el contexto para demostrar el porcentaje total de las emisiones de carbono debidas a la elección de los materiales de construcción.



Resultados Destacados: En el primer año hemos hecho los siguientes descubrimientos:

La masa térmica de las edificaciones de concreto ofrece sobre las edificaciones de acero, ahorros energéticos anuales de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) de un 6% en Phoenix y de 5% en Chicago, mismo ahorro que puede acumularse para proporcionar ahorros de carbono a lo largo del ciclo de vida de la edificación.

Con base en investigaciones actuales de laboratorio en el MIT, existen mejores oportunidades para activar la masa térmica del concreto en edificaciones, como el uso de pisos radiantes y la implementación de tecnologías pasivas. Estas alternativas pueden contribuir a reducir los requerimientos energéticos de los sistemas HVAC.

Se puede lograr un mayor impacto en la reducción de las emisiones de carbono en el ciclo de vida de edificaciones comerciales mediante el incremento del uso del concreto en las envolventes de los edificios y el desarrollo de concretos estructurales de baja emisión.

Impacto Potencial: Este proyecto permite un mejor entendimiento del desempeño medioambiental actual de las edificaciones comerciales de concreto, y señala el camino hacia un futuro con edificaciones dramáticamente mejoradas. Existe una demanda creciente de sistemas constructivos que puedan ayudar a reducir los costos energéticos, y este proyecto proporciona una guía para los diseñadores y para los encargados de hacer los estándares y políticas. Las edificaciones de concreto ofrecen ventajas significativas durante el ciclo de vida completo para todos los profesionales de la construcción y sus clientes, que batallan para cumplir con las demandas de edificaciones de alto desempeño y baja emisión.

Plan de Trabajo: La investigación de edificaciones de uso mixto y comercial continua con las siguientes acciones:

- Incorporar un rango amplio de envolventes de ensamblajes;
- Identificar configuraciones en las edificaciones que aprovechen la masa térmica del concreto;
- Analizar el impacto de las tecnologías pasivas de calefacción y enfriamiento;
- Estimar el impacto del efecto de isla de calor en el consumo energético de las edificaciones;
- Investigar la sensibilidad de los resultados del ACV a la incertidumbre de los datos de entrada; y
- Considerar otras zonas climáticas de los Estados Unidos.

Fin del Proyecto: 31 de agosto del 2011

Resumen

El ACV es esencial para comprender el rendimiento medioambiental de las edificaciones. Para cuantificar las implicaciones de gases de efecto invernadero en los sistemas constructivos, es vital incluir todas las fases del ciclo de vida, poniendo especial atención en la demanda de energía de operación. Nuestro trabajo ha demostrado que existen diferencias medibles entre sistemas alternativos de construcción, y que la masa térmica del concreto proporciona ahorros energéticos a lo largo de un ciclo de vida de 75 años. El análisis de ciclo de vida proporciona un método riguroso para evaluar los impactos medioambientales de distintos métodos constructivos, además, demuestra que, en comparación con otros materiales de construcción, el concreto ofrece una reducción en las emisiones de carbono.

