

# El ACV de los materiales

## Una herramienta incidente y valorativa de gran potencial en el diseño de proyectos arquitectónicos de bajo impacto ambiental en Colombia

---

Grupo de investigación: Territorio y habitabilidad.  
Línea de investigación: Desarrollo sostenible.  
Germán Andrés Pernet Fera•

---

Recibido: 30 de junio de 2012

Aceptado: 31 octubre de 2012

### RESUMEN

El entorno construido y el entorno natural se cruzan de manera simbiótica entre el interés económico de pocos por una radical industrialización, la edificación del vacío urbano y el tiempo de regeneración de las redes ecosistémicas, trayendo como consecuencia el agotamiento y debilitamiento de nuestro medio natural, así como de la calidad del agua, la calidad del suelo, la energía y alteraciones climáticas entre otras variables, que disminuyen la calidad de vida, acrecentando la dependencia absoluta de las energías primarias: gas, petróleo y carbón.

Todo esto radica concretamente en el acelerado crecimiento de la “Huella Ambiental” del hombre, al demandar más a la naturaleza en menos tiempo. Uno de los sectores de mayor impacto lo representa la construcción, a falta de una política de desarrollo sostenible.

Como medida de control a esta problemática, el hombre ha propiciado políticas, acuerdos globales y locales, modelos de gestión ambiental (SGA, ISO 14001) y cer-

tificaciones de calidad, que pueden reducir el impacto ambiental en el consumo energético, hídrico, residuos líquidos, sólidos y gaseosos, junto a los coeficientes de extracción de recursos pétreos, en relación con el mercado de oferta y demanda en productos y servicios de la construcción.

También, como estrategias de atenuación y control del impacto constructivo, un importante sector investigativo se ha dirigido al estudio de los insumos, como materiales de construcción, cuyo objetivo es analizar e intervenir sus procesos y materias primas para reducir sus rangos de polución, desechos, consumo energético y potencializar procesos de reciclaje o reutilización.

El análisis del ciclo de vida (ACV) de los materiales es uno de los instrumentos que analiza los insumos en sus diferentes etapas, de la “cuna a la tumba”, evaluando y controlando el rango de incidencia ambiental en la producción de materiales o productos para la gestión de proyectos constructivos.

En este artículo se expone de manera pragmática y conceptual el ACV (Análisis del Ciclo de Vida), como una estrategia de evaluación y control de la huella ambiental de las construcciones en el mercado de insumos y materiales. Bajo un panorama histórico, insertado en el contexto Colombiano, que ahora se encuentra drásticamente influenciado por los avances tecnológicos y penetración de nuevos materiales, que amplía el portafolio de insumos en las edificaciones.

De igual modo, trata sobre los principales aspectos que potencializan en Colombia su implementación (ACV) en el creciente mercado constructivo y sus potenciales beneficios. Posteriormente, describe sus antecedentes en el mundo, sus procesos de operacionalidad, su estructura metodológica y procesos de análisis.

El ACV como uno de los instrumentos de mayor utilización en el mundo para el análisis de proyectos sostenibles, accede a las diferentes certificaciones como beneficios directos e indirectos en un competitivo mercado global, así como el ya consciente sector de las construcciones sostenibles.

Por último, se exponen diferentes análisis del ACV en los materiales, mostrando un claro panorama de implementación en proyectos de políticas sostenibles y de mayor competitividad global.

**Palabras clave:** Sostenibilidad, Construcción sostenible, Materiales, Impacto Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

## ABSTRACT

The built environment and the natural environment in a symbiotic way cross between the economic interest of a few, by a radical industrialization and the construction of urban void, and the regeneration time of ecosystem networks, consequently resulting in exhaustion and weakening of our natural environment, as well as water quality, soil quality, energy and climate changes, among other variables, which reduce the quality of life, increasing absolute dependence on primary energy: gas, oil and coal.

All this lies specifically in the rapid growth of the "Environmental Footprint" of man, the nature demand more in less time. One of the largest sectors of the construction impact represents, in the absence of a policy of sustainable development.

As a control measure to this problem, man has led to political, global and local agreements, management

models (EMS, ISO 14001) and quality certifications, which can reduce the environmental impact of energy consumption, water, wastewater, solid and gaseous, with extraction coefficients stone resources in relation to the market supply and demand in products and construction services.

Also, as mitigation strategies and constructive impact monitoring, an important research sector has approached the study of inputs, such as building materials, which aims to analyze and intervene in their processes and raw materials to reduce their range of pollution, waste, potentiate energy consumption and recycling or reuse processes.

The life cycle analysis (LCA) of materials is an instrument that analyzes the input at different stages, from "cradle to grave", evaluating and controlling the range of environmental impact in the production of materials or products management of construction projects.

This article presents a pragmatic and conceptual LCA (Life Cycle Analysis) as a strategy for evaluating and monitoring the environmental footprint of buildings in the market for supplies and materials. Under a historical overview, inserted in the Colombian context, which is now dramatically influenced by technological advances and penetration of new materials, expanding the portfolio of supplies in buildings.

Similarly, addressing the major issues in Colombia potentiate its implementation (LCA) in the growing construction and its potential benefits. Later described their background in the world of operational processes, structure, methodology and analysis processes.

LCA as one of the most widely used instruments in the world for the analysis of sustainable projects access the various certifications such as direct and indirect benefits in a competitive global market, as well as conscious and sustainable construction sector.

Finally, different analyzes are presented in the materials stroke, showing a clear picture of policy implementation on sustainable projects and global competitiveness.

**Keywords:** Sustainability, Sustainable Construction, Materials, Environmental Impact Assessment, Life Cycle Analysis (LCA).

## 1. INTRODUCCIÓN

1.1 El ACV de los materiales con gran potencial de ejecución en Colombia.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DESARROLLO SOSTENIBLE

Colombia es un país que en la fluctuante economía global, al año 2011, representa un gran potencial, siendo protagonista por parte de analistas de gran credibilidad y entes reguladores que han contribuido de manera indirecta con el incremento de moneda extranjera en el país.

Uno de ellos es el Banco Mundial, que en sus reportes de riesgos de inversión en Latinoamérica ubica al país en los primeros lugares de estabilidad y seguridad financiera. (Doing Business 2011). De igual manera Standard and Poor's, Moody's y Fitch, principales evaluadoras de riesgo de inversión mundial, asignan a Colombia un alto grado en seguridad de inversión, (Proexport, Colombia, 2011).

El International "Institute for Management Development" (IMD) y el informe periodístico "The Independent" en el Reino Unido, enmarcan a Colombia en el nuevo potencial económico de desarrollo y protección de propiedad privada. (Proexport, Colombia, 2011).

Este nuevo estatus de Colombia en la confianza y credibilidad de inversionistas extranjeros y nacionales o fondos de inversión, sumado al importante potencial en mano de obra calificada de alto nivel, riqueza cultural e importantes fuentes de recursos naturales, han incrementado en los últimos años, el desarrollo de la infraestructura en obras civiles en Colombia, teniendo hoy un alto número de obras en ejecución con importantes potenciales de desarrollo urbano, vial e institucional.

Según el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) al 2011 el PIB de la construcción se incrementó el 18.1% en relación con el 2010 y esto se vio reflejado en el incremento de varios sectores aledaños, como las licencias de construcción en un 68,9% y en las obras civiles en un 20.9%. (Gráfica 1).

La construcción de viviendas, excluyendo VIS (Interés Social), haciendo un análisis porcentual en relación con el año anterior 2010, también tuvo un incremento representativo cercano al 76.6% (Gráfica 2) y los incrementos de licencias y proyectos VIS para 2011 fue del 100.95 en solicitudes y 16.5% en ejecución.

Gráfica 1. Análisis del incremento de la construcción año 2011



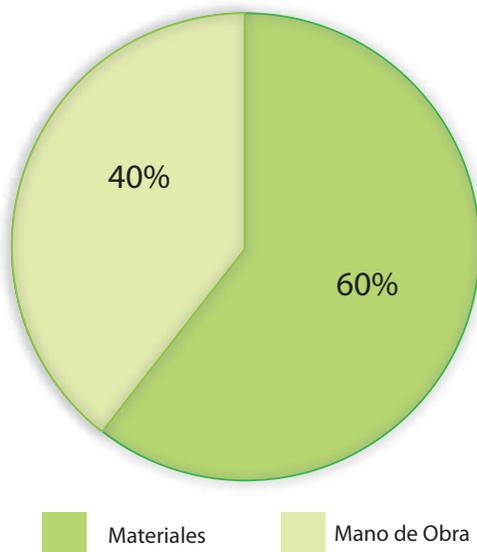
Fuente: DANE, Censo de Edificaciones y Licencias de Construcción preliminar.

Otro aspecto económico incidente, son los incrementos en las construcciones no habitacionales que presentaron incrementos del 43.7% en solicitud de licencias y un 10.8% en ejecución en relación con el año anterior.

Es notorio el fuerte trabajo de la construcción en Colombia, pero es necesario no solo tratar el impacto constructivo dentro de la generalidad del sector económico; también se hace necesario, por efectos de estudio y justificación investigativa, entender la asignación de costos dentro de las obras.

En esta área, de acuerdo con estudios de Macchia José (2005) en Argentina, se calcula que la incidencia porcentual de los materiales en el costo total de la construcción, analizando sus fases de ejecución, representa sobre la media en la industria, una tasa del 60%, dejando en costos de mano de obra el 40% restante. (Gráfica 3).

**Gráfica 3. Análisis de la incidencia de los materiales y la mano de obra en el costo total de una obra**



Fuente: Macchia, J. (2005)

Esto nos lleva a concluir, en esta primera fase, que existe un gran potencial de análisis de los materiales que demandan las obras en Colombia, requiriendo mayores estudios formales, técnicos, tecnológicos y sobre todo ambientales, con el objeto de garantizar un control en la protección y continuidad del entorno ambiental y climático y así evitar desbalances ambientales y sociales que afecten los ecosistemas urbanos.

**Múltiples estudios realizados en el mundo consideran que el sector de la construcción a nivel mundial, constituye el 40% del consumo de energía, un 20% de consumo de agua, 1/3 del total de emisiones de CO<sub>2</sub> y más del 50% de los recursos extraídos por el hombre de la naturaleza**

1.2 Aspectos consecuentes del acelerado crecimiento constructivo en Colombia y su potencial impacto en los materiales.

El fuerte impulso económico al desarrollo físico constructivo del país, lleva a Colombia a una infraestructura competitiva frente a las exigencias del mercado global, pero este desarrollo, de no ser planeado ambientalmente, deja diferentes impactos. Estos surgen por la utilización de insumos (materiales), generación de procesos (demanda un consumo energético, materia prima, desechos) y por último producción de residuos, lo que implica que proporcionalmente a la velocidad en producción y desarrollo, se deben tomar medidas de control en la disponibilidad de recursos naturales, tiempos de regeneración de los ciclos ambientales e implementación de una cultura de reciclaje y reutilización.

De no tomar estas medidas de control, el impacto será negativo, lo que generará un desequilibrio ambiental a corto y mediano plazo, al producir un agotamiento de recursos, un incremento de emisiones de CO<sub>2</sub> y una disminución en la calidad del aire.

Múltiples estudios realizados en el mundo consideran que el sector de la construcción a nivel mundial, constituye el 40% del consumo de energía, un 20% de consumo de agua, 1/3 del total de emisiones de CO<sub>2</sub> y más del 50% de los recursos extraídos por el hombre de la naturaleza (Tabla 1). Esto demanda a los ecosistemas una mayor producción sin tiempos de regeneración. (ZHUGUO Li, 2005) (Alarcón, 2005).

En cuanto a la producción de materiales con una base de extracción natural, constituye incrementos anuales a una tasa del 25% en madera cultivada. (UNEP, 2010).

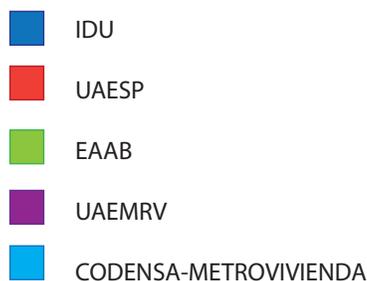
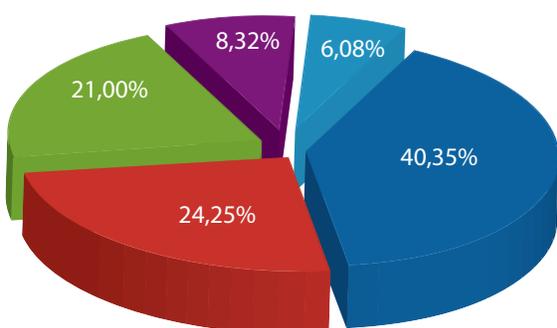
Tabla de Análisis 1. Análisis impacto ambiental de los proyectos

Impacto de las construcciones	Porcentajes de Impacto
Consumo energético/ Total de generación	40%
Consumo de agua / Total de generación	20%
Recursos naturales extraídos para materiales	Más de un 50%
Contaminación del aire	1/3 de las emisiones de CO <sub>2</sub>

Fuente: ZHUGUO Li, 2005, Alarcón, 2005 y UNEP,2010

Otro aspecto de gran relevancia en el impacto ambiental de las construcciones es la incidente producción en desechos de construcción. En Colombia según la UAESP (2009) (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos), se calcula que el mayor productor de residuos en el sector público son las obras de desarrollo urbano con un 40.35% y en el sector privado la generación de residuos se concentra según datos de Camacol (Cámara Colombiana de Construcción, 2009) y el DANE (Departamento Administrativo de Estadística, 2009) en la inversión de equipamientos y vivienda, con 5.538.958 m<sub>3</sub> de escombros. (Tabla 2).

Gráfico 4. Porcentajes de generación de residuos constructivos sector público



Fuente: UAESP (2009)

Tabla de Análisis 2. Volumen de generación de residuos constructivos sector público

Entidad	Total m <sub>3</sub> año 2008
IDU (Instituto de Desarrollo Urbano)	456.494
EAAB (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá)	238.281
CODENSA (Energía Eléctrica de Bogotá, Unidad Medioambiental y desarrollo sostenible)	6.830
METROVIVIENDA (Construcción Social)	61.042 (año 2006)
UAESP (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, Recolección de escombros)	274.312
UAEMRV (Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y mantenimiento Vial)	94.165
<b>TOTAL</b>	<b>1.131.124</b>

Fuente: UAESP (2009)

El total de los residuos en Colombia como potencial de aprovechamiento para nuevos procesos de acabados constructivos se encuentra en 6.670.082 m<sub>3</sub> de escombros al año. Con base en esto, los materiales inciden de manera directa en todas las áreas de impacto, manifestando una necesidad latente de estudio, análisis, medición y control de los proyectos arquitectónicos.

## 2. OBJETIVOS Y ALCANCES

Como se manifiesta en la introducción, el ser humano a través de la construcción de su entorno que obedece a relaciones topológicas como lo manifiesta Lynch, K. (1960) “en la imagen de la ciudad”, demanda una mayor producción de residuos al medio ambiente para la generación de materiales sin asignar tiempos de recuperación de los mismos. Esto lleva a tomar medidas de análisis, control y evaluación de los proyectos arquitectónicos que tienen como exigencia ser competitivos en la conservación del medio ambiente.

Con esta investigación se pretende, a partir del potencial del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de los materiales, mostrar una herramienta efectiva en la valoración y medición e incidencia ambiental, de los proyectos en Colombia.

## 3. LA CONSTRUCCIÓN Y EL ENTORNO AMBIENTAL: NECESIDADES DE LOS NUEVOS PROYECTOS

El acelerado desarrollo de la construcción produce diferentes impactos exógenos y endógenos al entorno de las ciudades.

Entre los factores exógenos se encuentra la exigencia mundial por la conservación del medio ambiente y sus recursos naturales; se trata de evitar su agotamiento en el contexto actual y en el futuro, al establecer políticas enfocadas a un desarrollo sostenible. Este planteamiento inicia con “el informe Brundtland” en 1987, fundamentado por la primera ministra de Noruega Gro Harlem y financiado por la ONU; desde allí las iniciativas de acuerdos frente al cambio climático y la contribución del hombre en el acelerado deterioro ambiental es insistente, se parte del hecho que la construcción es el sector de mayor potencial de contribución a la preservación del medio ambiente en una arquitectura sostenible. (Bakens, 2003).

Estos acuerdos en beneficio del medio ambiente que impulsan un desarrollo más limpio y justo en la conservación de nuestros recursos, han llevado a la creación de organizaciones como “El Consejo Mundial para la Construcción Sostenible”, (USGBC) y el “Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente” (UNEP), el primero en 2012 ya está replicado en 16 países donde se incluye Colombia y 35 países en proceso de conformación, certificando bajo el sello LEED. (Leadership in Energy & Environmental Design) en 2009, 2.476 proyectos y 19.524 en proceso de obtención. (USGBC, 2011)

**Tabla de Análisis 3. Principales Sistemas de valoración y certificación de edificaciones bajo estándares de sostenibilidad**

Principales Sistemas de valoración y certificación de edificaciones bajo estándares de sostenibilidad	País de origen	Año de creación
LEED	EE.UU	
Creado por United States Green Building Council. También aplica a Colombia	1993	
BREEAM	Reino Unido	
Creado por: Building Research Establishment (BRE)	1990	
GREEN STAR	Australia	
Creado por: el Concejo Australiano de Construcción Sostenible.	2003	
CASBEE	Japón.	
Creado por: el Consejo Japonés de Construcción Sostenible.	2002	

Fuente: Consejo Norteamericano de Construcción sostenible

Las diferentes certificaciones en el mundo (Tabla 3), se concentran en la evaluación de proyectos que se basan en la integralidad ambiental y técnica, en busca del confort, a partir de seis aspectos como:

**Tabla de Análisis 4. Ítems de evaluación certificados de calidad ambiental**

Desarrollo sostenible	Selección de materiales	Ahorro de agua
Eficiencia energética y energías renovables	Calidad ambiental en interiores.	Procesos de innovación y diseño.

Los certificados de gestión ambiental en los proyectos son una manera de identificar la incidencia ambiental de los materiales, dentro de los procesos constructivos.

Como fue mencionado al inicio de este capítulo, también existen factores endógenos que inciden e impactan el desarrollo de las ciudades por el crecimiento acelerado de la construcción, dirigidos a la distribución, abastecimiento y reservas de nuestros recursos naturales, como: agua, biodiversidad animal - vegetal y calidad de la tierra.

Colombia es uno de los países del mundo con mayor riqueza de recursos naturales; en su territorio se registran más de 56.000 especies de plantas y cerca de 1000 ríos, con un inventario en flora y fauna del 10% de las reservas mundiales y el 20% de las aves del planeta.

Estas son condiciones privilegiadas que se han visto afectadas con una tasa de deforestación cercana a las 400.000 y 900.000 hectáreas al año, aproximadamente una tercera parte de la cobertura vegetal del territorio nacional, sumado a la alteración de ecosistemas naturales con un 22% de las especies vegetales, la erosión de páramos, humedales, ocupación de zonas protegidas y una producción de 27.000 toneladas diarias de residuos. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo, 2011).

Este impacto es atribuido, en gran medida, al desarrollo industrial, pero mucho más al creciente mercado constructivo del país, que exige materiales, extracción de materias primas, residuos y transporte. Estos aspectos

no solo demandan un claro panorama de estudio del ciclo de vida de los insumos de las construcciones, también exige una mayor conciencia desde el proceso de diseño, en la búsqueda del mínimo impacto ambiental de los proyectos.

#### 4. ACV MÉTODO DE ANÁLISIS: EL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS MATERIALES EN LAS CONSTRUCCIONES EN COLOMBIA Y UNA ESTRATEGIA DE ATENUACIÓN

Como se ha evaluado a lo largo de este artículo, los materiales de construcción inciden de manera fundamental en el desarrollo de proyectos y su impacto con el entorno ambiental; por tal razón, requieren de la toma de medidas de control, medición y manipulación de las diferentes variables que intervienen de manera simbiótica entre la obtención, producción y disposición de materiales y el entorno natural.

La construcción Colombiana ha estado en una continua evolución desde los años 80, donde los materiales utilizados provenían de una producción nacional en su mayoría y los procesos de elaboración de los mismos reflejan la evolución de la industria colombiana tradicional, sobre materia prima virgen, ignorando el gran potencial en la utilización de procesos más eficientes energéticamente, con implementación de material post-consumo y la implementación de políticas cero residuos.

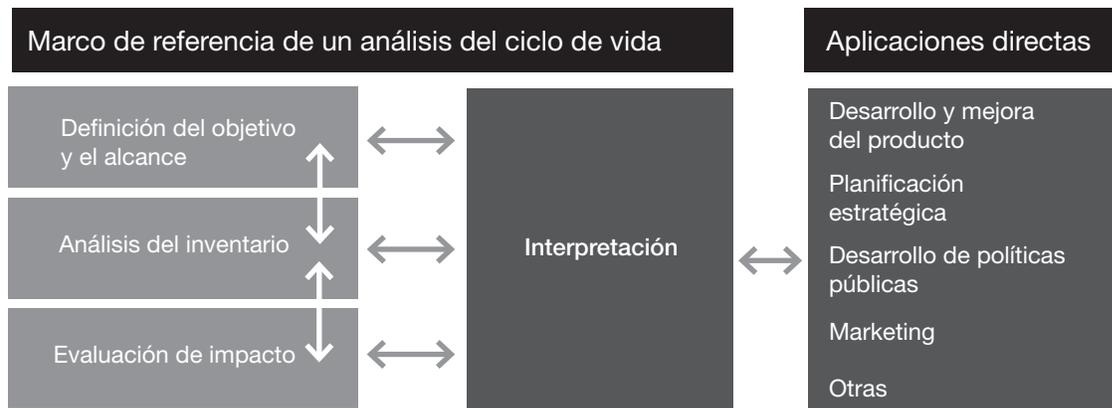
Una de las herramientas más efectivas en la valoración de materiales en el proceso de construcción, es el "ACV" (Análisis del Ciclo de Vida de los Materiales) que analiza los diferentes impactos en todos los procesos de las materias primas, como requerimiento energético, producción de CO<sub>2</sub> - VOC's y residuos, para la toma de decisiones desde la etapa de diseño. El ACV como herramienta, está encaminada a dar soporte sostenible a los criterios del diseño. Para los constructores su aplicación profesional da paso a una mejor toma de decisiones por medio de indicadores estratégicos como la huella de carbono, el consumo de agua, de energías y la generación de desperdicios, desde "la cuna al ataúd" del proyecto y sus componentes.

La estructura base del análisis de ciclo de vida se encuentra en el grupo de normas ISO 14040 *Environmental management - Lifecycle assessment. Principles and framework. International Organization for Standardization*, donde se expone como principal objetivo, la minimización del impacto ambiental de la construcción,

analizando los procesos de extracción, procesado, producción, distribución, uso y la disposición final (reciclaje, reutilización, aprovechamiento energético o deposición en vertedero).

La metodología empleada se basa en la recopilación de información en forma de inventario, estudiando las entradas y salidas relevantes del sistema, para posteriormente analizarlas y evaluarlas en función de su impacto; se apoya bajo cuatro herramientas: las normas ISO14040, ISO14041, ISO14042 e ISO14043.

**Gráfico 5. Porcentajes de generación de residuos constructivos sector público**



Fuente: [http://www.aipex.es/cert\\_pro\\_es.php?s=3](http://www.aipex.es/cert_pro_es.php?s=3)

#### 4.1 Inicios y evolución del ACV

El análisis del ciclo de vida (ACV) de los materiales tiene sus inicios en la década de los años sesenta en Estados Unidos y posteriormente en Europa, como una herramienta de gestión ambiental, que mejora significativamente la competitividad y optimización de procesos dentro de las grandes empresas, motivados por una necesidad mundial de emprender medidas de control a la creciente crisis energética y escasez de materias primas.

Una de las primeras investigaciones fue realizada por Harold Smith, quien presentó en la Conferencia Mundial de Energía de 1963, el impacto energético producido con la fabricación de productos químicos, desde allí el ACV es identificado rápidamente en las grandes compañías como una herramienta de optimización en sus procesos, desde los insumos, hasta la disposición final del producto, generando importantes ahorros en dinero. Organizaciones como Coca Cola Company en 1966 realiza investigaciones bajo la iniciativa de Harry E. Teasley Jr. gerente en el departamento de envases, quien a través de Midwest Research Institute (MRI) genera estudios comparativos entre los envases de plás-

tico y vidrio, para determinar un prototipo de mínima producción de emisiones y consumo de los recursos naturales. Este estudio fue llamado análisis del perfil medioambiental y de recursos (REPA Resources and Environmental Profile Analysis), (Chacón, V., 2008).

En los años setenta y ochenta el estudio del ACV con Franklin Associates Ltd., MRI (Midwest Research Institute) y Environmental Protection Agency (EPA), incorpora estudios de cálculo energético en las salidas y entradas del sistema, como una medida para contrarrestar la creciente crisis energética.

Solo en los años noventa los procesos de ACV se implementan a una mayor escala, permitiendo su conocimiento al público y el desarrollo de investigaciones en un marco normativo; en estos procesos participa SETAC (La Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 1993) y la ISO; trayendo el primer código internacional de prácticas para el ACV y en 1997 se publica la primera norma internacional de la serie ISO 14040, titulada "Environmental Management –Life Cycle Assessment-Principles and Framework", después de un arduo trabajo por parte del Comité Técnico de la ISO, el TC-207.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DESARROLLO SOSTENIBLE

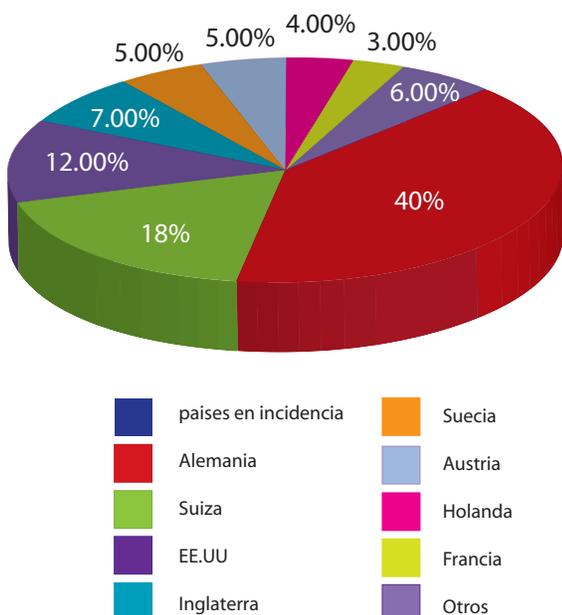
En la primera década del siglo XXI el ACV ha tenido un avance y participación bastante notoria, optimizando procesos, costos e impacto ambiental en la industria de empaques (38%), específicamente en envases, el sector químico y plásticos (9%), materiales de construcción (8%), el sector energético (6%) y demás productos de consumo masivo. La mayor presencia se encuentra en países como Alemania (40%), Suiza (18%) y Estados Unidos (12%). (Gráficas 7 y 8).

**4.2 El ACV: su crecimiento en Colombia y herramientas de análisis**

El inicio del ACV en Colombia se documentó en el ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas) al implementar las normas ISO 14000 en especial las de las series ISO 14040 sobre ACV.

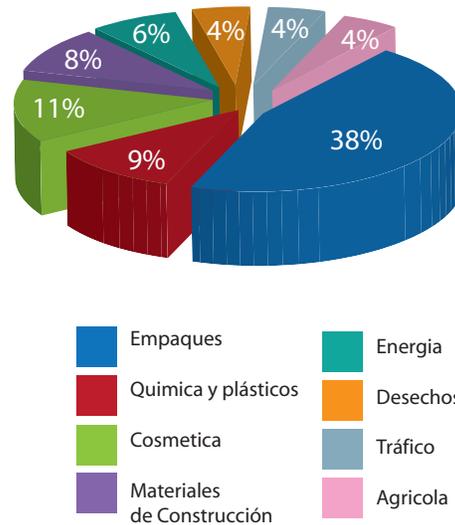
Estas iniciativas motivaron en los años noventa a la organización de charlas y conferencias informativas en las universidades sobre el ACV y las diferentes herramientas de análisis, como la aplicación del software Sima Pro, (Simapro es un programa de computador que ayuda a estructurar las primeras dos fases del LCA (ISO 14040 y 14041/LCI) y ayuda con los cálculos de LCIA (ISO 14042). Simapro es un producto de Pre Consultants en Amersfoort Holanda, una empresa que está directamente vinculada con el “Life Cycle Initiative”

**Gráfico 7. Países de mayor implementación de ACV**



Fuente: Witjes, G. (2004), Rodríguez, B. (2002)

**Gráfico 8. Sectores de Aplicación**



Fuente: Witjes, G. (2004), Rodríguez, B. (2002)

de la UNEP). En Colombia se destacan la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín (UPB) y la Universidad de los Andes como pioneros en la implementación del ACV en Colombia.

La industria Colombiana ha entendido la necesidad de implementar el sistema de análisis en sus procesos (ACV), que a través de la UPB ha realizado estudios con la compañía Colombiana de Carbones del Cerrejón, industrias Mac S.A. en la producción de baterías de plomo y el ACV de llantas usadas en el Valle de Aburrá (Antioquia-Colombia) para determinar su mejor uso en la disposición final.

En otras Universidades como la Escuela de Ingenieros se inicia la cátedra de producción más limpia en el pregrado de Ingeniería Industrial y en la Universidad de los Andes por medio del Departamento de Diseño que adelantó la creación del Grupo de investigación llamado “Desarrollo Integral de Proyectos Sostenibles”, en el cual se han elaborado variados estudios e investigaciones basadas en el ACV, entre los cuales se destaca el proyecto CITPRO (Centro de Información Técnica de Productos) que pretende generar una plataforma sistematizada para el manejo y visualización de materiales y procesos colombianos, con el fin de tener una base de consulta on-line.

En el mercado hay una gran cantidad de herramientas de análisis de ciclo de vida para las edificaciones, estas herramientas son diseñadas en distintas ubicaciones del mundo y utilizadas para análisis de productos industriales y suministros de sector constructivo (T.A. 4).

De los software más utilizados en el mundo se encuentran GaBi y SimaPro, donde se introducen datos generales y específicos del producto, su materia prima, producción y ciertos datos de procesos, obteniendo resultados en consumo energético, producción de gases contaminantes y residuos.

### 5. ECODISEÑO: MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y ACV

El análisis del ciclo de vida de los materiales (ACV), se implementa en la arquitectura y edificaciones, bajo políticas de "Ecodiseño", implementación de un sistema de gestión ambiental (SGA) o simplemente pensan-

do en construir o diseñar en armonía con el medio ambiente. Bajo estos criterios se clasifican los materiales en categorías, que asignan valores a variables, como:

- Origen de la materia prima. (Renovables y/o abundantes).
- Consumo energético en su ciclo de vida y Tasas de contaminación.
- Durabilidad del producto final.
- Estandarización de procesos, Valor y rentabilidad del producto en el mercado. (Competitividad).
- Residuos generados en el proceso.
- Valor cultural del producto en el entorno.

**Tabla de Análisis 5. ACV de materiales de construcción**

Tipo	Material	Energía Kwh/Kg	Emisiones de CO2 Kg CO2/KG
Aislamiento Convencionales	EPS, Poliestireno Expandido (0,037 w/mk)	32,52	17,28
Aislamientos Naturales	Corcho aglomerado natural	0,83	0,15
Bituminosos	Asfalto	0,94	0,15
	Caucho Celular	30,56	16,28
Cerámica	Azulejo Cerámico	3,09	0,57
	Baldosa de gres	3,03	0,82
Yeso	Yeso	0,5	0,16
Cerámica de arcilla aligerada	Bloque cerámico de mortero aislante (espesor 140 mm)	0,73	0,21
Bloques de hormigón	Bloque de hormigón aligerado hueco (espesor 250mm)	1,46	0,538
	Bloque de hormigón convencional (espesor 100mm)	0,349	0,22
Ladrillos	1 pie de ladrillo macizo métrico (40mm X 50mm)	0,63	0,198
Hormigón	Hormigón Armado (2300 - 2500)	0,14	0,09
	Con capa de compresión (canto 200mm)	1,03	0,425
Madera	Tablero de virutas orientadas OSB (650)	4,17	1,35
Metales	Acero	9,72	2,82
Morteros	Mortero de cemento o cal para albañilería, revoco o enlucido (1000 -1250)	0,22	0,12
Suelos	Granito (2500 - 2700)	0,05	0,02
Plásticos	Polycarbonato	21,94	11,66
Pinturas	Pintura Plástica	5,55	2,95
Marcos de Ventanas	Marco de aluminio lacado de dos hojas batientes, pre-marco de acero galvanizado y persiana enrollable de aluminio lacado de 1.20X1.20 cm aproximadamente.	1.504,49	755,09
Ventanas	Vidrio doble con acabado de luna incoloro de 4 mm de espesor cada una y cámara de aire de 6 cm	97,2	21,8
Puertas	Puerta interior de madera de sapelli barnizada de 70 X 200 cm	59,43	21,79

Los materiales en su totalidad son clasificables y responden a diferentes factores de incidencia ambiental, en alguna de sus etapas de producción o extracción de su fuente principal, evaluando su historial de vida y obteniendo datos o fichas técnicas de impacto.

Alfonso Aranda (2010), cita como uno de los principales objetivos del ecodiseño la disminución de la incidencia ambiental de un producto en su ciclo de vida, estudiando todas sus etapas, para llegar al mínimo impacto en el proceso, que de no poder hacerse se debería discontinuar su uso, siendo éste reemplazado por otro de igual o mejor calidad y reducido impacto.

Estos procesos de ACV permiten a los diseñadores, constructores y fabricantes adoptar políticas y técnicas (estrategias) ambientales en los proyectos de selección de materiales que generarán grandes beneficios a corto, mediano y largo plazo. Es posible ir más allá llegando a un proceso llamado “desmaterialización de los productos” que consiste en optimizar el uso de insumos en los procesos de fabricación disminuyendo la cantidad de materiales en su elaboración.

En relación con los materiales de construcción, el consumo energético, hídrico y residuos en su fabricación, son de suma importancia para su participación en un proyecto. El BEDEC (Banco Estructurado de datos de Elementos Constructivos) de España realiza estudios, donde determina qué materiales metálicos (el aluminio), el poliuretano, el vidrio, poliestireno expandido y el caucho, son los materiales de mayor impacto en su fabricación (T.A. 5).

Los diferentes análisis (ACV) que se realicen en los materiales del proyecto, suman en el impacto general del proyecto en su entorno, lo que puede permitir la obtención de diferentes certificados de calidad, comentados en el capítulo 3 que contribuyen con la conservación del entorno natural para las generaciones presentes y futuras y evitar alteraciones climáticas y de nuestra calidad de vida.

## 6. CONTEXTO NORMATIVO DEL ACV

El Análisis del Ciclo de Vida se ha estandarizado en el mundo a través de las normas ISO que han regulado su implementación. Es de suma importancia dejar claro que el ACV no compara productos entre sí, es útil para optimizar servicios y/o cantidades de producto que lleguen a cabo la misma función.

Descripción de las normas ISO:

*ISO 14040: Gestión medioambiental, Principios y estructura (1997)*

Esta norma describe las fases estructurales y del proceso del ACV. Ofrece una visión general de la práctica, aplicaciones y limitaciones del ACV en relación con un amplio rango de usuarios potenciales, incluyendo aquellos con un conocimiento limitado sobre el ACV.

*ISO 14041: Gestión medioambiental, Definición de Objetivos, Alcance y Análisis de Inventario del ACV (1998).*

Recoge los requerimientos y directrices por considerar en la preparación, aplicación o revisión crítica del análisis del inventario del ciclo de vida.

En la formulación de objetivos define el tema de estudio y las motivaciones en su realización, también se establece la unidad funcional, que describe la función principal del sistema analizado.

Debido a la cantidad de fases que puede contener un ACV, extendiendo de manera importante su estudio, en la fase de alcance se deben definir unos límites que contengan las fases del sistema.

La fase de Análisis de inventario comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para identificar y cuantificar todos los efectos ambientales adversos (EAA) asociados a la unidad funcional, los EAA se definen como la salida o entrada de materia (agua, residuos sólidos, consumo de recursos naturales, ruidos, radiaciones, olores, gases contaminantes) o energía de un sistema causando un efecto ambiental negativo asociado a cada producto o subproducto.

*ISO 14042: Gestión Medioambiental, Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (2000).*

Ofrece una guía sobre la fase del ACV consistente en la evaluación de impactos potenciales y significativos a partir de los resultados del análisis de inventario.

Elementos considerados obligatorios son:

- Selección de las categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos.
- Clasificación. En esta fase se asignan los datos procedentes del inventario a cada categoría de impacto según el tipo de efecto ambiental esperado.
- Caracterización. Consiste en la modelización, mediante los factores de caracterización, de los

datos del inventario para cada una de dichas categorías de impacto.

*ISO 14043: Gestión Medioambiental ACV, interpretación del ciclo de vida (2000).*

Ofrece una guía sobre la interpretación de los resultados del ACV en relación con la definición de objetivos del estudio, incluyendo una revisión del alcance del ACV, así como del tipo y calidad de los datos utilizados.

*ISO/TR 14047: Gestión Medioambiental ACV, Ejemplos de aplicación de la ISO 14042(2002).*

*ISO/TS 14048: Gestión Medioambiental ACV, Normalización de datos e información para una evaluación de ciclo de vida (2002).*

*ISO/TR 14049: Gestión Medioambiental ACV, Ejemplos de aplicación de la ISO 14041 (2000).*

## 7. CONCLUSIONES

En este artículo se exponen los diferentes aspectos que intervienen en la utilización del análisis del Ciclo de Vida (ACV) de los materiales, como una herramienta de evaluación, control y atenuación del impacto ambiental generado por el creciente mercado de la construcción en Colombia, que se ha triplicado durante la última década y ha proyectado un mayor crecimiento a través de avances tecnológicos e importantes capitales de inversión.

Su implementación (ACV) está encaminada al mínimo impacto en el contexto natural nacional, sin arriesgar las reservas hídricas o energéticas y aportar grandes depósitos de residuos sólidos, líquidos y de gases que contaminen la calidad del aire.

En la construcción, el Análisis del Ciclo de Vida de los materiales (ACV), busca como objetivo principal disminuir el consumo energético e hídrico en sus proce-

dos de fabricación, optimizando o sustituyendo el uso de materia prima virgen por material post-consumo y disminución de residuos industriales.

La implementación de estos sistemas (ACV) en la construcción Colombiana, brinda al diseñador, constructor y fabricante de insumos arquitectónicos una nueva forma de ver los proyectos, bajo ópticas de diseño, función, optimización de costos y también el cuidado y preservación del entorno ambiental. Esto abre un panorama dirigido a nuevos portafolios atractivos desde el punto de vista estético, económico y ambiental.

También sumerge a la construcción Colombiana en un marco altamente competitivo, al aplicar a certificaciones de calidad ambiental y energética (Sello verde Colombiano, Leed, Green Star, Casbee, entre otras), que los posicionaría en estándares y procesos de calidad mundial.

Bajo el rol de proveedor de insumos constructivos, el ACV abre posibilidades de implementar esquemas de certificación a través de sellos verdes o etiquetas ecológicas, que los integre a mercados mundiales, potencializando su producción e incrementando sus utilidades.

Por último, es importante citar la optimización de procesos y equipos en la industria mundial, donde el ACV de los materiales ha llevado a cambios satisfactorios, al incrementar las ventajas competitivas de las compañías; esto se ha presentado en casos evidentes como la sustitución de metales en el sector aeronáutico por materiales más livianos y resistentes como la fibra de carbono, y en la construcción de aleaciones de metales que alivianan las estructuras metálicas y logran mayores resistencias en carga y corrosión, sin restar importancia al incremento en la implementación y uso de materias primas recicladas como: plástico, metales y vidrio en nuevos materiales y el uso de residuos de construcción como agregados en las mezclas de concreto y cemento.

## BIBLIOGRAFÍA

Uson, A. y Bribian, I. (2010). "Ecodiseño y Análisis del Ciclo de vida". Prensas Universitarias de Zaragoza.

Capuz, S. (2002). "Ecodiseño: ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos". Valencia. 135p.

Valero, A. (2000) "El marco termodinámico para iluminar la sociedad actual", en: Economía, ecología y sostenibilidad en la sociedad actual. José Manuel Naredo y Fernando Parra Ed. Madrid: Siglo XXI, pp. 67-95.

Zhuguo Li. (2005). "A new life cycle impact assessment approach for buildings Graduate School of System and Information Engineering", Tesis de Maestría. University of Tsukuba, Tennodai, Tsukuba City, Japan.

Pernett A., García J., (2011) "Estudio de eco eficiencia de la edificación, Bodytech sede Kennedy". Proyecto de módulo 2 (Especialización en construcción sostenible). Bogotá: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Aburto, D. et al. (2010). "Redes Ecológicas: una Herramienta de Estudios Sistémicos". México: Instituto de investigaciones Biológicas.

Fullana, Pere & Puig, R. (1997). "Análisis de Ciclo de Vida". Cuadernos de Medio Ambiente, 1a. ed. Barcelona: Rubes Editorial, S.L.

Chacón, V. (octubre/ diciembre, 2008). "Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV)" En: Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería, 72 pp. 37-70.

Roodman, D. & Lenssen, N. (1995) "A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns Are Transforming Construction" Washington: World Watch Institute. Traducción castellana: Revolución en la construcción, Bilbao: Bakeaz.

Sjors, W. (2010). "Hacer posible la aplicación de Life Cycle Assessment en Colombia", Grupo de investigaciones DIPS, Universidad de los Andes, Bogotá: Colombia.

ISO. ISO 14040. (1997). Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Principios y estructura.

United Nations. (2009). "Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe 2009". Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Bonett, M. (2008). "Seguridades en construcción en América Latina: Dimensiones y enfoques de la seguridad en Colombia". Bogotá: Universidad del Rosario.

Doing Business. (2011). "Comparaciones de Economías". Recuperado en febrero 15, 2012, de <http://espanol.doingbusiness.org/>.

Fundación Fórum Ambiental (2003). "Análisis del Ciclo de Vida (ACV)". Recuperado de [www.forumambiental.org/cast/archivos/eines12.htm](http://www.forumambiental.org/cast/archivos/eines12.htm)

ISO 14040. (1997). Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. International Standard Organization.

ISO 14041 (1998). Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analysis. International Standard Organization.

ISO 14042 (2000) . Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle impact assessment. International Organization for Standardization.

ISO 14043 (2000). Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle Interpretation. International Organization for Standardization.

Proexport, Colombia. (2011). "Por qué invertir en Colombia". Recuperado en febrero 20, 2012, de <http://www.inviertaencolombia.com.co/>

DANE. (2011). "Indicadores económicos alrededor de la construcción". Recuperado en Febrero 22, 2012, de [http://www.dane.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=88&Itemid=57](http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=88&Itemid=57)

Robledo, I. (2010). "Introducción a la sostenibilidad y la RSG". España: Netbiblo. Tomado de: [http://books.google.com.co/books?id=bWQH0yhF\\_W8C&pg=PA10&dq=informe+Brundtland&hl=es&sa=X&ei=wkuZT-OiD9](http://books.google.com.co/books?id=bWQH0yhF_W8C&pg=PA10&dq=informe+Brundtland&hl=es&sa=X&ei=wkuZT-OiD9)

Guía (2001). "Guía Metodológica Estudio de Ciclo de Vida". Gobierno de Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente. Proyecto Minimización de Residuos provenientes de Embalajes.

Bakens, W. (2003). "Realizing the sector's potential for contributing to sustainable development. UNEP industry and Environment.

Natalini, M., Klees, D. & Tirner, J. (2000). "Reciclaje y reutilización de materiales residuales de construcción y demolición" Argentina: universidad de Nordeste.

UAESP. (2009). "Diagnóstico del manejo integral de escombros en Bogotá Distrito Capital". Colombia – Bogotá: Alcaldía mayor de Bogotá.

Lynch, K. (1960). "The image of the city". EEUU, Cambridge  
USGBC. (2011). "Learn about the LEED Green building program" EEUU: USGBC. recuperado de <http://www.usgbc.org/>

Macchia, J. (2005). "Cómputos, Costos y Presupuestos". Argentina: Nobuko.

CCCS. (2012). "Construcción Sostenible: certificaciones". Colombia-Bogotá: CCCS. Recuperado de <http://www.cccs.org.co/construccion-sostenible/certificacion-de-edificaciones>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011). "Política Ambiental". Colombia: MADS. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/portal/default.aspx>.

Rizo, S. & Navarro, T. (2002). "Ecodiseño: ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de los productos sostenibles". España: Universidad Politécnica de Valencia.

Fullana, P. & Rita P. "Análisis del Ciclo de Vida". Barcelona: Editorial Rubes.

Giudice, F, et al. (2006). "Product Design for the Environment. A Life Cycle Approach". Boca Raton. US: Taylor & Francis Group.

Vidal, M., et al. (2002). "Es rentable diseñar productos ecológicos". España: Universitat Jaume.

AGENDA DE LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE. Análisis de Ciclo de vida .[en línea] disponible en < <http://es.csostenible.net/temas-clave/materiales/analisis-de-ciclo-de-vida/>>

Woolley, T. et al. (1997) Green Building Handbook London: E & FN Spon.

Fundación Forum Ambiental (2003). "Análisis del Ciclo de Vida (ACV)". Recuperado de [www.forumambiental.org/cast/archivos/eines12.htm](http://www.forumambiental.org/cast/archivos/eines12.htm)

Rodríguez, M., Díaz, E., Ordóñez, S., Vega, A. & Coca, J. (2010), "El análisis del ciclo de vida". España: Dpto. Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente Universidad de Oviedo.

Vínculos de Acceso a herramientas de análisis ACV

Gabi (Universidad de Stuttgart, Alemania):

<http://www.lbpgabi.uni-stuttgart.de/>

TEAM (Ecobilan, Francia): [https://ecobilan.pwc.fr/uk\\_lcatool.php/](https://ecobilan.pwc.fr/uk_lcatool.php/)

Umberto (Ifeu-Institut, Alemania): <http://www.umberto.de/en/>

Simapro (Pré-consultants, Países Bajos): <http://www.pre.nl>

KCL ECO (Finnish Pulp and Paper Research Institute, Finlandia): <http://sdo.ew.eea.europa.eu/tools/kcl-eco-30>

Athena (Athena Sustainable Materials Institute, Ottawa, Canadá ) <http://www.athenasmi.ca/>

PTLaser (Sylvatica, North Berwick, EE:UU; Canadá) <http://www.sylvatica.com/>

ECO-It (Pre Product Ecology Consultants, Amersfoort, the Netherlands) <http://www.pre.nl/>

Legoe (Legeo, Alemania) <http://www.legoe.de/>

BRI ACV (BUILDING RESEARCH INSTITUTE, JAPAN) <http://www.kenken.go.jp/english/index.html>

BEDEC (Banco Estructurado de Datos de Elementos Constructivos) <https://www.itec.cat/nouBotiga2.e/bedec.aspx>