



MATERIALES ECOLÓGICOS

ESTRATEGIAS, ALCANCE Y APLICACIÓN DE LOS MATERIALES ECOLÓGICOS COMO
GENERADORES DE HÁBITATS URBANOS SOSTENIBLES



Resumen

Uno de los sectores más intensivos en el uso de materiales es la construcción: la edificación y las infraestructuras consumen entre el 45% y el 60% de los materiales extraídos de la litosfera y su utilización, junto a la actividad constructiva, está en el origen de la mitad de las emisiones de CO₂ vertidas a la atmósfera. Nuestros edificios son construidos por cantidades de materiales que fácilmente pueden alcanzar un peso total de 2500kg por metro cuadrado, de diversos tipos, de origen y funcionalidad muy diversas, y cuya extracción, transformación y deposición en el medio ambiente al finalizar su vida útil, asume una parte significativa del impacto medioambiental global de nuestra sociedad.

Ante este panorama el desafío que debe enfrentar la sociedad en su conjunto resulta claro: reducir los impactos y concentrar los esfuerzos para la generación de hábitats urbanos sostenibles. El proyecto arquitectónico debe tener en cuenta todos estos aspectos y tanto proyectistas como constructores deben asumir la responsabilidad ambiental que compete a su profesión.

Este trabajo propone una reflexión sobre la compleja relación entre el ciclo de vida de los materiales de la construcción y el ambiente natural, el conocimiento de los instrumentos actualmente a disposición para la elección de un material y para la evaluación de su impacto ambiental y las potencialidades de nuevos materiales ecológicos en la construcción de nuestras futuras ciudades.



Indice

INDICE	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. IMPACTOS DE LA EDIFICACIÓN: MATERIALES Y RESIDUOS	5
3. ESTRATEGIAS PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS MATERIALES	7
3.1 Materiales que minimizan el uso de los recursos	7
3.2 Materiales con impacto ambiental bajo	9
3.3 Materiales con riesgos para la salud del ser humano y del ambiente nulos o bajos	10
3.4 Materiales que contribuyen con las estrategias de diseño sostenible del sitio	11
3.5 Materiales de compañías con intereses sociales, ambientales y corporativos de tipo sustentable.	12
5. INPUTS, OUTPUTS E IMPACTOS DE LOS MATERIALES DE LA CONSTRUCCION	12
5.1 Fases del ciclo de vida de los materiales de la construcción	13
5.2 Inputs y outputs asociados con a los materiales de construcción.....	14
5.2.1 Inputs.....	15
5.2.2 Outputs	16
6. EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE Y LA SALUD DEL SER HUMANO DEL LOS MATERIALES.....	17
6.1 Técnicas para la evaluación de materiales y productos.....	17
6.2 ACV Análisis del ciclo de vida	17
6.3 Evaluación de la sostenibilidad	19
6.4 Energía incorporada de los materiales.....	20
6.5 La huella ecológica o huella del desarrollo.....	20
6.6 La mochila ecológica	22
7. REUTILIZACIÓN DE RECURSOS : DISEÑAR CON MATERIALES REPROCESADOS Y CON CONTENIDOS RECICLADOS	23
7.2 Reutilización de recursos.....	24
7.2.1 DpD- Diseño para el desmontaje (Design for disassembly).....	24
7.3 Reutilización y reciclaje de materiales	25
8. CONCLUSIONES	27
9. BIBLIOGRAFIA.....	30



1. INTRODUCCIÓN

En el proceso constructivo la elección de los materiales para la construcción es de primordial importancia: de esta elección depende en gran medida la relevancia del impacto que provoca un edificio sobre el ambiente.

A los materiales y componentes edilicios se atribuye un rol sustancial en el incremento de los impactos ambientales producidos por las obras arquitectónicas. Muchas veces la elección entre los diversos materiales edilicios es realizada solo a partir de datos técnicos y de un análisis de costos de compra. Es necesario entonces introducir otros parámetros fundamentales para una completa visión ecológica del argumento, parámetros que se vinculan directamente con la entera vida de la construcción, poniendo en el centro de la atención el ciclo de vida completo de los materiales y su relación con el ambiente.

Materiales aparentemente similares por costo y prestaciones tienen en realidad costos de producción en muchos casos muy diferentes (teniendo en cuenta los costos energéticos y la cantidad de contaminantes generados en la fase de producción). La extracción de materias primas provoca la disminución de los recursos. La producción y el transporte de los materiales edilicios consume energía y provoca emisiones. Los residuos edilicios provocan, a su vez, problemas de contaminación de suelos y aguas. Además de estos factores es imperioso considerar el impacto generado por la fase de uso de los edificios. Durante todo el ciclo de vida los materiales utilizados en la edificación tienen un impacto ambiental de distintas magnitudes y estos efectos dependen de la naturaleza de los materiales y de la manera en que éstos son utilizados.

La elección debe entonces tener en cuenta el ciclo de vida completo del edificio: la explotación de materias primas, su transformación, su puesta en obra, su remoción y su reciclaje. Es necesario verificar la energía consumida en cada uno de estos pasajes, recordando que no existe un material ecológico por excelencia. La elección de los materiales debería considerar además las producciones locales de manera tal de limitar los transportes y valorizar las economías y recursos humanos locales.

Desde los años 50 hasta el momento presente discurre medio siglo de tentativas, iniciativas, ensayos y proyectos que han corrido parejos al establecimiento y la universalización de la arquitectura del Estilo Internacional, con cuyos productos de hormigón y vidrios la "arquitectura low tech" no ha podido empezar a medirse ni siquiera en los países en vías de desarrollo. Pensar en la situación de la arquitectura en las grandes ciudades del mundo nos transporta de inmediato al consabido panorama de un cityscape excesivo en el que la construcción en altura y los bloques de viviendas indiscriminados proliferan congestionando las metrópolis mientras que la aplicación de otras soluciones alternativas son frecuentemente rechazadas y reservadas únicamente a los emplazamientos extra urbanos o rurales y en los cuales a veces se construye sin suficientes conocimientos ni criterios.

En este panorama se enmarca el gran desafío de una arquitectura consciente y responsable; desafío que debe dar respuestas al crecimiento urbano y debe entender de manera cabal las posibilidades de aplicación de criterios de sustentabilidad a escala de ciudad. Queda claro que la utilización de materiales ecológicos resulta relativamente sencillo en contexto no urbanos y en casos de construcciones de dimensiones y volumetrías acotadas: nuestro gran problema son las ciudades y el impacto que tienen las construcciones dentro de nuestras metrópolis es cada vez más profundo y más alarmante.

La pregunta entonces surge casi de manera espontánea: cuál es el alcance y cómo se pueden aplicar en la gran escala sistemas de construcción basados en la incorporación de materiales de bajo impacto ambiental? Cuáles son los materiales de los que se dispone hoy en día y cuáles son los efectos y qué horizontes se abren a partir de la industrialización de algunos de estos materiales en la construcción de ciudades?

Actualmente investigadores y especialistas en el tema de los materiales de la construcción presentan un común denominador que, en un primer acercamiento, determina un eje de acción en la selección de materiales y productos que pone su énfasis en algunos de los siguientes principios:

- Elección de materiales y productos que utilizan los recursos de manera eficiente.
- Elección de materiales y productos que minimizan la energía y el carbón incorporados.
- Evitar materiales y productos que puedan dañar al ser humano o al medio ambiente en cualquiera de las fases del ciclo de vida.
- Elección de materiales que permitan la actuación de estrategias de diseño sustentables.

2. IMPACTOS DE LA EDIFICACIÓN: MATERIALES Y RESIDUOS.

La selección de los materiales y los componentes de un edificio influye directamente en el diseño y en el rendimiento del edificio. Los efectos de esta selección repercuten en distintas medidas y en las diferentes etapas de la vida útil de la construcción y pueden medirse desde dos puntos de vista. En primer lugar, hay impactos que se deben a la fabricación, el procesamiento, el transporte, la construcción, el mantenimiento, la demolición y el reciclaje o la eliminación de los propios materiales. En segundo lugar, la selección de los materiales influye sobre el rendimiento medioambiental del edificio en su conjunto, considerado más que la simple suma de sus partes.

Los residuos del sector de la construcción constituyen un problema cada vez más urgente: una proporción considerable de los residuos que llegan a los vertederos son escombros procedentes de la construcción y de la demolición de edificios. En última instancia, la mayoría de los materiales de construcción se convierten en residuos, que se depositan en vertederos o se incineran después del derribo del edificio, o cuando se desechan los embalajes y los materiales sobrantes.

Estos residuos pueden reducirse mediante una mejor gestión de las obras, la utilización de un mayor número de materiales reciclados, y la conservación y reutilización de edificios antiguos.

El impacto que sobre el medio ambiente causa el hecho de construir y utilizar los edificios, es mucho más importante de lo que en un primer momento se puede pensar. Diversos estudios cifran en casi un 40 % del total de la energía la consumida por la construcción y el uso de los edificios del sector terciario y las viviendas, causando a su vez un 30 % de las emisiones de CO₂ del planeta. No está de más en este punto, recordar que solo el 6% de la energía la producimos con energías renovables. Además, un 60 % de los materiales que se extraen del planeta los consumimos en la construcción y un 15 % del consumo de agua se produce en las zonas urbanas. Debemos considerar la creciente ocupación de suelo por parte de ciudades, pueblos y polígonos industriales como un impacto directo causado por el hecho de construir edificios de diverso uso. En un panorama como éste, el esfuerzo del sector deberá ser mucho más grande en el futuro para llegar a parámetros de impacto ambiental más sostenibles.

Partiendo de estas premisas, se relacionan a continuación una serie de datos numéricos que expresan, con la frialdad de las cifras, algunos de estos impactos a escala global:

- 500 kgCO₂ equivalente: son las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por los procesos necesarios para disponer de los materiales de construcción, para obtener un m² construido estándar de un edificio actual.
- 2.500 kg: los kg de materiales que se emplean directamente por cada nuevo metro cuadrado construido, a los que hay que añadir los 5000 kg de residuos generados en su producción- que se extraen de la corteza terrestre o de la biosfera con el consiguiente impacto ambiental.



- 120 kg: los residuos de construcción que se generan en fase de obra para edificar cada nuevo metro cuadrado construido.

En lo que respecta a España existen algunos valores interesantes que dan una clara idea de los impactos de la construcción a nivel local:

- 3,77 Tm: el flujo de materiales de construcción por habitante y año en 2004.
- 1,14 Tn.CO₂: las Tn emitidas en una edificación por habitante y año en 2004, debidas al uso de la energía en viviendas, un aumento considerablemente desde las 0,71 de 1990.
- 11%: el agua utilizada socialmente en España en 2006. Agua extraída, tratada, bombeada, distribuida y depurada mediante el uso de energía (entre 1 y 2 Kwh de energía por cada m³; de 0,65 a 1,30 kg.CO₂/m³), y cuyo uso altera el ciclo hidrológico natural y el medio biológico que lo usa. El agua de uso doméstico ascendió de 158 litros por persona y día en 1998 a 174 litros por persona y día en 2006
- Aumento del 50 % : es el incremento de la superficie media de las viviendas en los últimos 20 años antes de la llegada del Código Técnico y de las normativas dirigidas a considerar y reducir el impacto ambiental de los edificios, y que ha sido el factor determinante en la evolución de la superficie artificializada en España (zonas urbanas, industriales, mineras, vertederos y escombreras y zonas verdes artificiales no agrarias)
- 400.000 Ha: las que ha aumentado el parque construido español desde 1987, que ha pasado de 800.000 a una previsión de 1.200.000 Ha. en 2010, la mayoría sobre suelos agrícolas y forestales y, en muchos casos, sobre zonas de gran valor ambiental como es la franja costera.

Estos son, en conclusión, algunos de los impactos más significativos del sector de la construcción y de los edificios en fase de uso. El sector de la construcción es todavía poco consciente de los impactos ambientales que genera su actividad y los “productos” que fabrica, y sobre los que la exigencia normativa vinculada con la sostenibilidad sólo ha llegado recientemente y sin una sensibilización suficiente en sus agentes para asegurar una implantación eficiente. En lo que respecta a la fase de uso, la mayoría de los usuarios tampoco tienen conciencia de estos impactos, y menos todavía de las potencialidades de mejora a través de procesos de rehabilitación.

El consumo de materiales en la edificación implica un elevado impacto ambiental a causa del dispendio de recursos (más de 2 toneladas de materiales por metro cuadrado construido), del gasto de energía y de agua, de los residuos generados y de la alteración del medio que la extracción y transformación de los materiales ocasiona.

Es un consumo que genera, por tanto, impactos sobre aspectos que tienen que ver con el emplazamiento del edificio, como la afectación del territorio (a causa de la implantación), o los campos referidos a los consumos de agua y de energía, dado que la producción de materiales comporta este tipo de consumos (el consumo de energía destinado a la fabricación de los materiales de una vivienda puede suponer el equivalente a un 33% del consumo energético de esta misma vivienda a lo largo de 50 años de vida útil); pero también origina impactos propios, algunos de los cuales tienen lugar en procesos relacionados con el ámbito de la gestión de la promoción de viviendas, como la gestión de residuos de obra o de derribos.

Se trata, pues, de un objetivo ambiental común a cualquier tipo de actividad caracterizada por una fuerte necesidad de recursos materiales y de procesos de transformación de estos recursos. El objetivo ambiental es disminuir el conjunto de impactos asociados a la extracción, fabricación y reintegración de los materiales que componen el edificio.



3. ESTRATEGIAS PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS MATERIALES

No existe un material ecológico por excelencia sino materiales “problemáticos” y materiales “alternativos”.

Los criterios para la elección de materiales sustentables pueden variar ampliamente y es importante tener en cuenta que existe una amplia gama de materiales verdes, que van desde el verde “claro” al verde “oscuro”. Resulta dificultoso encontrar un material que pueda ser definido como totalmente verde; existen sin embargo productos que en determinadas circunstancias pueden ser más sustentables que otros y viceversa. Es importante entender que moverse dentro de esta gama de materiales verdes y elegir de manera responsable son de por sí pasos en la dirección correcta, desde el más sustentable de los materiales hasta el que lo es menos, y realizar el paso más largo en determinadas circunstancias puede empujar a la industria de la construcción hacia cambios cada vez más relevantes.

La elección responsable de materiales se basa en criterios de uso sostenibles los cuales prácticamente señalan como materiales y productos sostenibles aquellos que reducen al mínimo el uso de recursos, tienen un bajo impacto ecológico, no representan un riesgo bajo o la salud humana y el medio ambiente, y son compatibles con estrategias sostenibles.

3.1 Materiales que minimizan el uso de los recursos

Minimizar el uso de los recursos naturales vírgenes en la producción y el uso de materiales de construcción puede reducir sustancialmente los impactos ambientales. La utilización de menos materias primas en la construcción mediante la reducción del tamaño de una estructura o la adaptación de una ya existente no comporta tan solo un ahorro en el uso de los recursos vírgenes para el nuevo producto o material, sino también una reducción de la "mochila ecológica" de los residuos, muchas más que la que la producción del producto en sí implica, creado a través de la adquisición de materias primas y procesos de fabricación. La reutilización de los materiales o el uso de los residuos como materia prima para los nuevos productos reducirá también los impactos de los recursos vírgenes.

Los efectos asociados con el uso de recursos vírgenes también se pueden reducir con la reutilización o el reciclaje de recursos. La destrucción del hábitat, la generación de residuos, consumo de energía y la contaminación del aire y del agua se reducen al mínimo con el uso reducido de los recursos vírgenes: se ahorra energía en la transformación y fabricación de nuevos materiales ya que las primeras etapas del procesamiento primario se han eliminado con el uso de materiales reciclados y, si los materiales se reutilizan en la obra o incluso en su lugar, los impactos del transporte pueden ser eliminados.

Para minimizar el uso de los recursos es posible adoptar criterios de uso de materiales que se describen a continuación y que pueden contribuir significativamente a la reducción del uso de recursos primarios:

a. *Reutilizar materiales, reducir el uso de materiales nuevos, no reconstruir*

Aunque no siempre es posible o apropiado, esta es la mejor manera de minimizar el uso de los recursos. Esto significa que la obra puede ser utilizada tal como se la encuentra y por lo tanto se elige no construir o reconstruir una nueva estructura. En este sentido los proyectos con alto nivel de adaptabilidad (plantas abiertas y espacios multiuso) que permiten que el sitio y sus estructuras no requieran nuevas adaptaciones en un período corto de tiempo, contribuyen a minimizar el uso futuro de los recursos.

- b. *Reutilizar las estructuras existentes en el lugar*
La adaptación o mejora de estructuras existentes sin recurrir a la deconstrucción y a la reconstrucción puede generar nuevas funciones y usos con la mínima utilización de nuevos materiales.
- c. *Reducir el uso de material*
El diseño de estructuras más pequeñas (losas delgadas y balaustradas de cable en lugar de tubos de acero hueco, más pequeñas playas de estacionamiento), con menos elementos (acabados excesivos o adornos) y partes más pequeñas (módulos de 4 x 4 en vez de 6 x 6 a menos que sea estructuralmente necesario) puede reducir sustancialmente el uso de los materiales. El diseño de estructuras para materiales de tamaños modulares puede minimizar los residuos de la construcción.
- d. *Utilizar materiales durables*
Diseñar las estructuras con materiales duraderos capaces de durar toda la vida del edificio y aún más para reducir el uso de recursos vírgenes.
- e. *Recuperación y reutilización de materiales en su totalidad*
Deconstruir antes que demoler puede permitir la recuperación de materiales y productos que pueden ser reutilizados en nuevas estructuras o aplicaciones del proyecto. Además de reducir el uso de recursos vírgenes y ahorrar energía en la manufactura y acotar la contaminación, la reutilización de materiales en el sitio puede ahorrar energía y costes de transporte de los nuevos materiales.
- f. *Utilizar materiales regenerados de otras fuentes*
Los principales impactos de los materiales reutilizados son el consumo de energía en el transporte, la remodelación y renovación del acabado y la colocación. Materiales recuperados se pueden obtener de numerosas fuentes. En este sentido sería interesante proponer redes de reciclaje de materiales que estén a disposición de proyectistas y constructores y que puedan ser de alguna manera reguladas por los entes públicos.
- g. *Reprocesar materiales existentes para su uso en el mismo solar*
Materiales reprocesados son los que se desglosan o los que se les reduce el tamaño de su unidad o de tamaño estándar. Aunque sean reciclados (downcycled), el reprocesamiento de estos materiales utiliza menos energía y produce menos emisiones que las producidas por la remanufactura para el reciclaje.
- h. *Utilizar materiales y productos con potencial de reutilización y diseñar para el desmontaje (Design for disassembly)*
Los materiales que se instalan y/o ensamblan de tal manera que puedan quitarse con facilidad al final de la vida del edificio y ser reutilizados en otros lugares pueden no ser verdes en sí mismos pero la forma en la que se ensamblan si lo es. Facilitar el desglose de los materiales contribuye en gran manera a la minimización de los recursos y al consecuente ahorro energético.
- i. *Utilizar materiales y productos con mayor contenido de reciclaje*
Los materiales o productos con contenido de reciclaje se fabrican utilizando materiales recuperados, desechos o desperdicios como materia prima para su elaboración. También en este caso se utiliza energía y se generan emisiones y residuos provenientes de la fabricación del nuevo producto; sin embargo, estas emisiones son por lo general considerablemente menores que las que se provocarían con el uso de materias primas vírgenes.
- j. *Utilizar materiales y productos con potencial de reciclaje*
En un esfuerzo por cerrar el ciclo de los materiales, pensar hacia el futuro en el fin de la vida útil de una estructura y la reciclabilidad de los materiales utilizados para su construcción es un paso importante en la minimización de recursos.

k. *Utilizar materiales y productos producidos a partir de recursos renovables*

Materiales y productos elaborados a partir de recursos renovables o bio-recursos representan una buena oportunidad para los sistemas de materiales de circuito cerrado.

La madera es el material de construcción renovable más común. Es considerado como un material renovable de "ciclo largo" ya que el tiempo promedio de rebrote de los árboles utilizados para la madera de la construcción es de 25 años (para las maderas blandas)

3.2 Materiales con impacto ambiental bajo

Los materiales de la construcción pueden causar efectos negativos a los ecosistemas y al medio ambiente durante todas las fases de su ciclo de vida. Si se toma en cuenta la fase de adquisición de las materias primas los efectos más comunes son aquellos vinculados a la minería y las prácticas de explotación que pueden afectar los hábitats y a la eliminación de la vegetación que aumenta la escorrentía, la pérdida de la capa superior del suelo y la sedimentación de los cursos de agua. Las emisiones y residuos generados durante la fase de manufactura repercuten directamente sobre la calidad del aire, del agua y la tierra. El transporte de los materiales, entre todas las fases del ciclo de vida, utiliza combustibles no renovables y genera emisiones. Por último la construcción y el mantenimiento de materiales puede involucrar la utilización de adhesivos y solventes que liberan químicos tóxicos al ambiente.

Es posible adoptar estrategias para lograr minimizar el impacto ambiental de los materiales siguiendo criterios de uso como los que se describen a continuación:

a. *Utilizar materiales extraídos o explotados de manera sustentable.*

Algunos fabricantes se comprometen a tomar medidas para eliminar o mitigar la contaminación del aire, el agua y el suelo a partir de sus procesos de adquisición de materias primas.

b. *Utilizar madera certificada*

Al tratarse de un material renovable y con niveles de energía incorporada relativamente bajos, la madera puede ser considerada un material ecológico siempre y cuando provenga de bosques bien gestionados y su cosecha sea realizada de manera sostenible. El manejo ambientalmente responsable de los bosques incluye prácticas que protegen la integridad funcional y la diversidad de las formaciones de árboles, reducen al mínimo la tala, protegen los bosques de antiguo crecimiento, y reducen al mínimo las técnicas de cosecha y la molienda que producen grandes desperdicios y/o derroches.

c. *Utilizar materiales mínimamente procesados*

Materiales y productos que son mínimamente procesados, es decir con procesos de transformación sencillos, (como la piedra en bruto, materiales de la tierra, madera, bambú) generalmente plantean un impacto ecológico menor. La reducción de la manufactura y el procesamiento puede conservar el uso de energía y, potencialmente, evitar las emisiones nocivas y residuos. Materiales mínimamente procesados son generalmente asociados con menos residuos ocultos.

d. *Utilizar materiales con poca energía incorporada*

Los productos que son mínimamente procesados, como la piedra y la madera, tienen por lo general una menor energía incorporada respecto de otros materiales altamente procesados como pueden ser plásticos y metales. Energía incorporada es la energía total requerida para producir e instalar un material o un producto durante todas las etapas del ciclo de vida. Aunque no existe un método estándar para el cálculo de la energía incorporada en los materiales de construcción, sí existe una definición generalmente aceptada: la energía incorporada de un material incluye toda la que se necesitó en los distintos procesos necesarios para llevar el material a su lugar en el edificio: desde

la extracción de las materias primas, hasta su manufactura y erección; debe incluir la energía asociada al transporte (y a la parte proporcional de la infraestructura necesaria para que éste sea posible), así como la parte proporcional de los equipos y maquinaria necesarios para todos esos procesos.

e. *Utilizar materiales producidos con energía de fuentes renovables*

Materiales obtenidos a partir fuentes de energías renovables (solar, eólica, biocombustibles, hidroeléctrica, geotérmica) tienen un impacto ambiental reducido. La combustión de combustibles fósiles, la fuente de energía primaria en un alto porcentaje de las actividades de fabricación, genera emisiones gases de efecto invernadero y contaminantes del aire que contribuyen al cambio climático global, la lluvia ácida, y problemas de salud respiratorios para los humanos

f. *Utilizar materiales locales*

El transporte de materiales de construcción, especialmente pesados o voluminosos, no solo requiere una enorme cantidad de la energía de combustible, sino que también contribuye a la contaminación del aire y el agua. El uso de materiales extraídos y fabricados regionalmente, es decir en el entorno próximo, puede ayudar a disminuir el impacto ambiental de un material, mediante la reducción de los impactos medioambientales del transporte. Los costos de transporte también puede ser reducidos; al mismo tiempo, la economía local se ve apoyada y favorecida. Es importante entonces evaluar a qué distancia o por qué medios se transportará el material, y las emisiones y el consumo de energía debido a ese transporte: debido a la enorme cantidad de materiales utilizados en la industria de la construcción, el impacto ambiental de su transporte es preocupante. La energía necesaria para transportar materiales en grandes cantidades depende normalmente de la distancia recorrida, el medio de transporte utilizado y la masa de material a transportar. Sin embargo, los materiales de baja densidad tienden a consumir cantidades desproporcionadas de energía en el transporte, debido a su gran volumen.

g. *Utilizar materiales no contaminantes*

Algunos procesos de extracción, fabricación o eliminación de materias primas para producir materiales de construcción generan residuos, subproductos, y emisiones que pueden producir contaminantes nocivos para el aire, el agua, y el suelo.

h. *Utilizar Materiales de bajo consumo de agua y de baja contaminación del agua*

Algunos de los materiales y productos requieren grandes cantidades de agua durante el procesamiento, fabricación o construcción. Lo óptimo sería utilizar la mínima cantidad de agua posible y reutilizarla si es posible. El agua utilizada es frecuentemente contaminada con metales pesados, productos químicos peligrosos, o partículas y sedimentos, y constituyen un riesgo si no se tratan y son remediadas.

3.3 Materiales con riesgos para la salud del ser humano y del ambiente nulos o bajos

La exposición a materiales tóxicos puede provocar efectos negativos en la salud de los seres humanos. Sustancias y químicos tóxicos se pueden encontrar durante todas las fases del ciclo de vida de un material y muchas de estas sustancias son el resultado de los procesos de manufactura, uso y/o deposición de plásticos (como el PVC), metales, acabados de metales, solventes y adhesivos. Para evitar efectos nocivos a la salud es conveniente adoptar, como mínimo, los siguientes criterios:

a. *Utilizar materiales y productos de baja emisión*

Muchos adhesivos, selladores, acabados y recubrimientos contienen compuestos orgánicos volátiles (COV) y otros ingredientes químicos nocivos que pueden emitir gases durante su uso, con

la consecuente contaminación del aire, o pueden filtrarse en el suelo y en las aguas subterráneas cuando son desechados.

- b. *Utilizar materiales o productos que no contengan productos químicos tóxicos o subproductos.*

Los materiales pueden emitir conocidas toxinas durante cualquiera de las fases del ciclo de vida de un material: fabricación, uso o disposición. Aquellos materiales que contienen toxinas, químicos peligrosos y potenciales cancerígenos no deben ser utilizados en las construcciones.

3.4 Materiales que contribuyen con las estrategias de diseño sostenible del sitio

Algunas estructuras de un proyecto se pueden construir a partir de materiales que no son en sí mismas verdes pero la forma en que se utilizan contribuye a la función sostenible. Durante la larga vida de un sitio, los impactos de la fabricación del material se pueden reducir al mínimo o equilibrarse con los beneficios que ese mismo material puede proporcionar al medio ambiente de esa obra (el uso de un hormigón blanco reflejante hecho de cemento portland no es considerado un material “verde” debido al alto nivel de energía incorporada que posee dicho material, sin embargo contribuye en gran medida a la reducción del efecto de isla de calor urbana durante toda la vida útil del pavimento con el consecuente potencial ahorro energético en la refrigeración de los edificios adyacentes).

- a. *Materiales que promueven la salud de un sitio hidrológico*

Utilizar materiales que se complementen con el diseño de edificios que respeten los patrones naturales de drenaje, reduzcan al mínimo las superficies impermeables, maximicen la infiltración de aguas pluviales, y mejoren la calidad del agua de lluvia de manera tal de contribuir a la protección de la salud hidrológica de un sitio o una región (las cubiertas verdes representan un buen ejemplo)

- b. *Materiales que retienen carbono*

La madera, o productos derivados de la madera, y muchos bio-productos retienen el carbono hasta que se deterioran y solo después de esto sucede el carbono es liberado. Se están desarrollando nuevas tecnologías que capturan el carbono, reduciendo el CO₂, como los “hormigones verdes”.

- c. *Materiales que reducen el efecto isla de calor urbano*

La isla de calor es el resultado de los efectos de la retención de la energía solar en superficies construidas en las zonas urbanas, elevando la temperatura diferencial entre lo urbano y lo rural. Calles, aceras, estacionamientos y techos son los principales contribuyentes al efecto isla de calor. El uso de pavimentación de materiales altamente reflectantes, pavimento de rejilla abierta o estructuras de vegetación, etc., pueden reducir el efecto isla de calor.

- d. *Materiales que reducen el consumo de energía de operación de la obra*

Los productos tales como lámparas solares, lámparas de alta eficiencia, y los controladores de riego reducen el consumo de energía durante la vida del edificio.

- e. *Materiales que reducen el consumo de agua operación en la obra*

Productos que utilizan agua de manera eficiente, como el riego por goteo, sensores y temporizadores de riego y barriles para la recogida de aguas pluviales, reducen el consumo de agua del sitio.

3.5 Materiales de compañías con intereses sociales, ambientales y corporativos de tipo sustentable.

Las prácticas sociales y ambientales de las empresas, de un fabricante o del distribuidor puede afectar a la sostenibilidad de un producto. Los productos deben provenir de las empresas que asuman la responsabilidad de los impactos en el medio ambiente y en la salud humana provocados por sus operaciones.

5. INPUTS, OUTPUTS E IMPACTOS DE LOS MATERIALES DE LA CONSTRUCCION

El típico material de construcción está compuesto por una enorme variedad de componentes, cada uno de los cuales posee su propia compleja red de inputs (entradas), de outputs (salidas), y de impactos que dieron lugar a su existencia.

Los impactos, tanto para el medio ambiente como para la salud humana, comienzan ya durante la fase de extracción de materias primas con la destrucción de los hábitats y de los ecosistemas para extraer principalmente recursos no renovables de la tierra.

Continúan en la fases de elaboración, manufactura y fabricación, utilizando energía y produciendo distintos tipos de emisiones, efluentes y residuos. Los impactos generados por el transporte de materiales entre las diversas fases suelen ser importantes dado que muchos materiales de construcción son voluminosos y pesados. Después de la vida útil del material, la fase de eliminación del material plantea otro conjunto de impactos. La gran cantidad de residuos resultantes de cada una de estas fases crea una "carga" al ecosistema a veces causada por la contaminación que estos residuos generan, otras veces causada solo por el mero volumen de los mismos.

Las entradas (recursos, energía y agua) y las salidas (emisiones, efluentes y residuos sólidos) que se producen durante las fases del ciclo de vida de un material se traducen luego en una variedad de impactos que afectan la salud de nuestros ecosistemas, nuestro planeta y a nosotros mismos.

La quema de combustibles fósiles e incluso algunas de las actividades de transformación de la materia generan gases de efecto invernadero a la atmósfera y la deposición ácida sobre el agua y la tierra. Grandes cantidades de agua se consumen para producir algunos materiales y las aguas residuales resultantes de su tratamiento pueden llevar al ambiente sustancias tóxicas, ácidos y restos de metales pesados. Algunas de las emisiones a la atmósfera y/o al agua pueden también contener toxinas biológica y agentes cancerígenos, que pueden encontrar de esta manera un camino hacia el cuerpo humano produciendo una serie de graves efectos para la salud. A raíz de los impactos que genera la construcción de materiales y productos se han ido generando en la sociedad entera grandes preocupaciones por los efectos resultantes en el tema del medio ambiente y de la salud humana.

En la producción de materiales y productos, la interacción con el medio ambiente se produce de dos maneras distintas: la tierra es la *fuentes* de todos los recursos materiales y el *sumidero* de las emisiones, efluentes y residuos sólidos. Es de estas dos maneras que el uso de materiales impacta al medio ambiente. El uso excesivo de las fuentes agota la calidad y la cantidad de los recursos disponibles y la extracción de los recursos degrada los ecosistemas en el lugar de origen. El uso excesivo de sumideros como resultado de la superproducción y el descuido en la eliminación de emisiones y residuos, impacta el balance de los procesos naturales y de los ecosistemas.

La generación, el uso y la eliminación de materiales producen impactos en medidas diferentes como así también varía la severidad de dichos efectos. En la actualidad los impactos que mayormente preocupan a la sociedad son aquellos relacionados con los siguientes temas:

- Cambio climático global
- Agotamiento de los combustibles fósiles
- Agotamiento de la capa de ozono
- Polución del aire
- Smog
- Acidificación
- Deforestación, la desertificación y erosión del suelo
- Alteración del hábitat
- Pérdida de biodiversidad
- Agotamiento de las reservas hídricas
- Daños a la salud del ser humano

5.1 Fases del ciclo de vida de los materiales de la construcción

El ciclo de vida típico de los materiales comienza con la extracción de materias primas de la tierra y termina con la eliminación de los residuos de nuevo a la tierra o en otros materiales reciclados. La mayoría de los flujos de ciclo de vida de los materiales son relativamente lineales, donde los materiales se mueven a través del ciclo una sola vez y luego se eliminan.

Sin embargo, en algunos casos estos ciclos son circulares, es decir que se produce una reutilización de los productos, una re-manufactura de componentes, y el reciclaje de materiales. El ciclo de vida ideal sería un circuito cerrado circular donde el flujo de residuos de un proceso o producto es "comida" o materia prima para otro proceso o producto, y los residuos liberados al medio ambiente no existen.

La estrategia de cerrar los ciclos materiales implicados en los procesos comporta simultáneamente el ahorro de recursos y el ahorro de residuos a través de su reintegración a los procesos productivos. Ambos ahorros suponen además una disminución radical del impacto ambiental, así como el mantenimiento de los stocks de recursos y el desarrollo de ingenierías de soporte a la sostenibilidad.

La fase de adquisición de materias primas incluye las actividades de explotación, minería, perforación, dragado y recolección. Muchos de los impactos ambientales asociados a los materiales ocurren muy temprano en su ciclo de vida dado que grandes cantidades de materias primas son extraídas y recogidas para obtener el producto final. En muchos casos los hábitats son destruidos en el lugar donde se produce la extracción y los ecosistemas cercanos sufren los efectos provocados por las emisiones y residuos liberados al aire, el agua y la tierra.

Durante la fase de procesamiento y transformación primarios de las materias primas la cantidad de residuos generados puede llegar a ser muy intensa dado que se maneja una gran cantidad de material y una gran parte del mismo es descartada antes de llegar a la fase de manufactura. A esto se suma que en esta fase de procesamiento primario los consumos de energía pueden ser muy elevados por lo que deben considerarse emisiones de CO₂ adicionales provocadas por ese consumo energético.

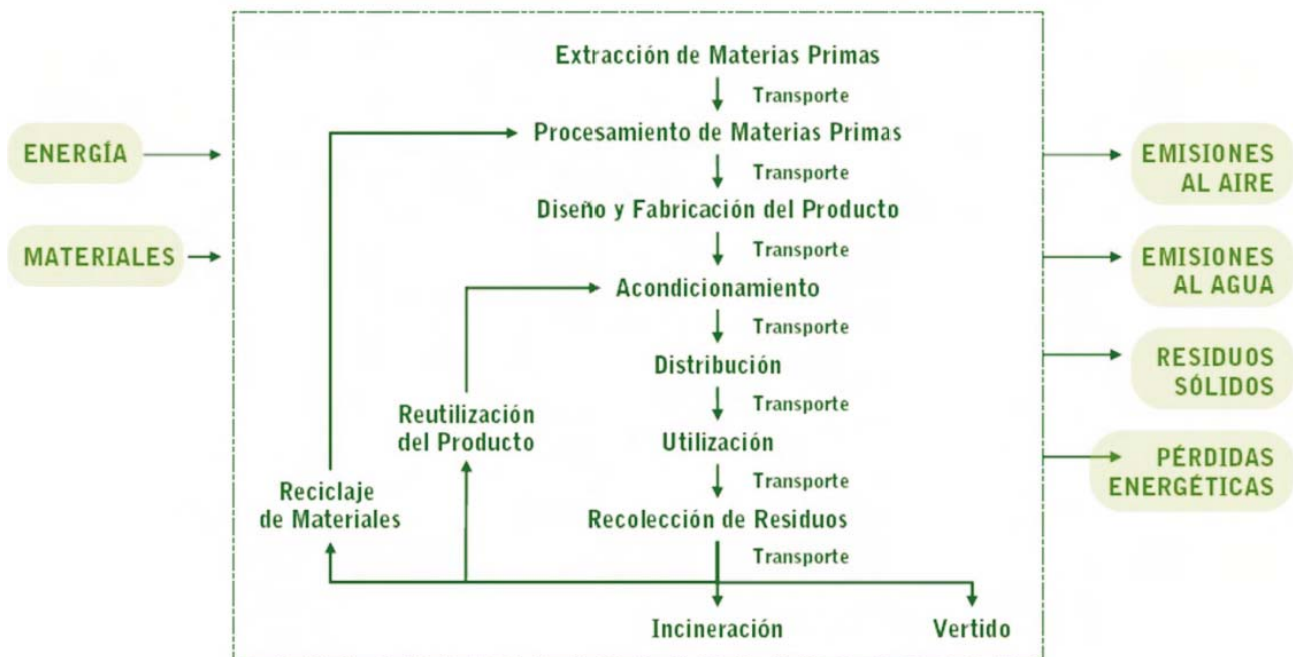
La fase de manufactura incluye el segundo nivel de procesamiento, la fabricación, el ensamblaje y la terminación del material. Comparado con la fase de procesamiento primario, los procesos de manufactura provocan una menor cantidad de impactos en parte debido a que los volúmenes de materiales procesados es menor. Sin embargo, es el diseño de los procesos de manufactura el que determina finalmente muchos de los outputs vinculados a la fase de transformación primaria. Los procesos de fabricación que utilizan grandes cantidades de material reciclado van a tener impactos reducidos de uso de energía y de recursos en la etapa de procesamiento primaria.

La fase de distribución del producto involucra el embalaje y el transporte. Los materiales y productos son transportados desde el punto de extracción hasta la planta de manufactura y desde allí al distribuidor y al edificio y después de su uso al lugar de deposición. El combustible utilizado para el transporte utiliza fuentes de energía no renovables y libera subproductos (CO₂, monóxido de carbono, partículas, etc) que contribuyen de manera sustancial a la contaminación del aire, a problemas respiratorios del ser humano y al cambio climático global. Las distancias de transporte pueden ser de las más importantes consideraciones a tener en cuenta por arquitectos y diseñadores dado que en muchos casos la energía utilizada para el transporte puede ser incluso mayor que la energía consumida para la fabricación del material mismo. El tema del embalaje representa también un problema ya que es fabricado, utilizado y desechado en un período de tiempo muy breve y la mayoría de las veces ni se reciclan ni son reutilizados.

La fase de construcción, uso y mantenimiento puede ser importante cuando se consideran los impactos de los materiales en el ambiente y la salud dada que su utilización perdura a lo largo de muchos años. La durabilidad de los materiales es por lo tanto una de las mayores preocupaciones porque cuanto más dure la instalación menor será la necesidad de reemplazos que utilizan más recursos y producen más desechos.

La última fase del ciclo de vida de un material es la de la deposición final la cual puede llegar a incluir "contraflujos" como la reutilización, el reprocesamiento o el reciclaje, aunque en la mayoría de los casos implica la deposición directa en vertederos o incineradores. El impacto del ciclo de vida de los materiales depende en gran medida del manejo que se hace después de la fase de utilización. La extensión de la vida de los materiales mediante el reuso o el reciclaje puede compensar en parte los impactos ambientales y de la salud que las fases de extracción, procesamiento y manufactura generan.

Figura 1. Fases del ciclo de vida de un material



5.2 Inputs y outputs asociados con a los materiales de construcción

Un material de construcción es producido a través de múltiples unidades de proceso con aportaciones que provienen tanto de la naturaleza como de la industria. Estos procesos tienen como resultado outputs que se incorporan nuevamente a la naturaleza y la tecnosfera. Los inputs o entradas incluyen materias primas, ya



sea de recursos vírgenes o reciclados, la energía y el agua. Los outputs o salidas incluyen las emisiones al aire, los efluentes del agua, emisiones al suelo, o cualquier otro tipo de desechos.

Los flujos de materiales para un producto se dividen en flujos directos e indirectos. Los flujos directos, que por lo general se toman en cuenta en los análisis de materiales, son los combustibles, minerales, materiales biológicos, metales y agua. Por el contrario cuando se habla de flujos indirectos, o flujos ocultos, se hace referencia a procesos como la excesiva minería, la erosión del suelo, los residuos minerales, los residuos de vegetación y las emisiones y efluentes que se liberan al aire, la tierra y el agua. Los flujos indirectos nunca entran en la economía como mercancía objeto de comercio aunque, para la gran mayoría de los materiales, son sustancialmente mayores que los flujos directos. Un gran porcentaje de flujos ocultos permanecen en la tierra aunque algunos entran en los cursos de agua como sedimentos o partículas.

5.2.1 Inputs

La mayoría de los recursos utilizados en la actualidad no son renovables, con sólo el 5% de nuestro flujo de material procedente de fuentes renovables. Con la excepción de la madera y los productos de fibras y plantas, gran parte de los materiales de construcción no son renovables. Mientras que otros materiales como los minerales de hierro se consideran ilimitados, el cromo se están agotando.

El enfoque en el consumo de recursos ha desplazado su preocupación de la escasez hacia la inclusión de la degradación del medio ambiente que se produce con la extracción de materias primas, procesamiento, uso y eliminación. A medida que el flujo de materiales aumenta para satisfacer nuestro consumo, los impactos sobre el medio ambiente también están aumentando.

La explotación de materiales geológicos altera los hábitats, produce aumento de la escorrentía y erosión de los suelos, y altera los procesos ecológicos de la tierra donde se produce la minería. La reducción de la cubierta forestal debida a la explotación puede afectar negativamente la capacidad del planeta para procesar CO₂. En todas las fases, el crecimiento de las cantidades de desechos y residuos intensifica la carga de su eliminación o la liberación. Si bien la tierra es esencialmente un sistema de circuito cerrado, la capacidad de los ecosistemas para absorber estas cargas es limitado.

La reutilización, el reprocesamiento o el reciclaje de materiales reduce sensiblemente la extracción de recursos y los recursos correspondientes para la generación de energía. También mantiene a los materiales y contaminantes lejos de los flujos de residuos. *“Un estudio sueco de dos edificios, uno con una gran proporción de materiales reciclados y la otra con todos los nuevos materiales, encontró que los impactos ambientales de la construcción con materiales reciclados fueron solo alrededor del 55% del uno con los nuevos materiales. La utilización de materiales reciclados puede ahorrar entre un 12% y un 40% de la energía necesaria para la producción de los materiales”.* (Calkins, 2009)

El sector industrial es el mayor consumidor de energía, mucho más que los sectores del transporte y de la construcción y por lo general los combustibles utilizados provienen de fuentes no renovables. En este contexto se coloca la industria de manufactura de materiales para la construcción y el tipo de combustible utilizado en los procesos de fabricación es un factor muy importante en la ecuación de los impactos ambientales causados por el uso de energía.

En general, los materiales y productos con intensidad de energía alta tendrán grandes impactos ambientales debidos al consumo de combustible y a las emisiones a la atmósfera vinculadas a ese consumo de combustible. Hay algunas excepciones a esto: por ejemplo, la producción de productos de madera requieren intensidades de energía altas, sin embargo, la fuente principal de combustible son los combustibles renovables de biomasa que es un subproducto de la transformación de la madera, por lo que los impactos en el medio ambiente y los costes económicos pueden ser menores. La producción de



aluminio también requiere una gran cantidad de energía, sin embargo, muchos productores de aluminio se apoyan a plantas hidroeléctricas y utilizan la energía que estas centrales producen que energía relativamente limpia.

5.2.2 Outputs

Junto con un excesivo uso de los recursos se genera una importante producción de residuos. Los residuos son un producto generado en todas las fases del ciclo de vida de un material, que tiene impactos tanto en la salud de los seres humanos como en el medio ambiente. Los residuos pueden ser en forma gaseosa, líquida, o en forma sólida. Son liberados al aire, el agua o la tierra, a través de fugas de emisiones o mediante eliminaciones controladas, o son contenidos y reciclados en otros procesos. El World Resources Institute (WRI) estima que entre la mitad y las tres cuartas partes de los insumos anuales de recursos para las economías industriales se devuelven al medio ambiente dentro de un año. El ambiente es el mayor vertedero de desechos industriales. Sesenta y ocho por ciento de los residuos está en la forma de emisiones liberadas a la atmósfera, el 22% es liberado a la tierra, menos del 1% es liberado al agua, y el 10% se desconoce el paradero de debido a datos incompletos. Cuando el oxígeno está incluido, el 87% de los residuos se liberan al aire y el 9% se libera a la tierra. Los frecuentes "flujos ocultos" de los residuos generados durante la adquisición de materia prima, fabricación, o transformación de las materias se conocen como la "mochila ecológica" de un material.

Los residuos emitidos al aire incluyen gases de efecto invernadero, partículas, contaminantes del aire y contaminantes atmosféricos peligrosos. Muchas de las fugas de emisiones liberadas al aire pueden viajar, a veces distancias considerables, para luego establecerse en tierra o en agua, afectando los ecosistemas lejanos a la fuente. Una poca cantidad de residuos puede ser inerte, es decir con pocos efectos sobre el medio ambiente y la salud humana, pero muchos residuos, ya sea por su composición química o simplemente por su volumen constituyen riesgos, algunos de los cuales pueden llegar a ser muy importantes. Mientras que las emisiones al aire puede producirse durante cualquiera de las fases del ciclo de vida de un material (construcción, uso y disposición), las emisiones generadas por la manufactura son las que están mejor documentadas y reguladas. Emisiones a la atmósfera procedentes de procesos industriales son el resultado de la quema de combustibles fósiles para producir energía, del consumo no energéticos de combustibles fósiles, de la conversión química de materiales, del polvo en las operaciones de procesamiento, de los humos, y de muchos otras fuentes.

En lo que respecta al tema del agua, las emisiones se producen principalmente a través de las aguas residuales de liberación y si bien la carga contaminante es de menor en cantidad en comparación con las emisiones al aire, puede tener algunos impactos ambientales importantes y a gran escala dado el papel fundamental que desempeña el agua en la salud de los seres vivos. Mientras que las emisiones al agua representan menos del 1% de todas las emisiones tóxicas, las emisiones tóxicas al aire pueden desplazarse, a veces a distancias considerables, y luego establecerse en los cursos de agua. Por otra parte las emisiones al suelo pueden encontrar su camino a través las aguas superficiales y subterráneas. A pesar de que las cantidades pueden todavía ser pequeñas, el impacto resultante en la calidad del agua y la salud de los cursos de agua pueden ser grandes.

Los residuos de construcción y demolición resultantes de ambas fases de construcción y demolición del entorno construido son principalmente liberados a la tierra ya sea directamente a los vertederos o con la posterior incineración.

6. EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE Y LA SALUD DEL SER HUMANO DEL LOS MATERIALES

6.1 Técnicas para la evaluación de materiales y productos

La conciencia ambiental en el sector de la construcción está creciendo a nivel global, probablemente empujado por la necesidad de objetivos de ahorro de energía, pero una reducción de los impactos al medio ambiente también es visto como un tema relevante tanto por organizaciones públicas como por las privadas. Esta toma de conciencia ambiental ha determinado la necesidad de elaborar instrumentos para monitorar, controlar y verificar la compatibilidad ambiental de productos y procesos a través de políticas coordinadas a nivel internacional. En este ámbito se introducen técnicas de selección de materiales que se perfilan como herramientas válidas que ofrecen enfoque de gran valor para la elección de los eco-materiales. Entre las técnicas mayormente utilizadas para el análisis del comportamiento de los materiales se cuentan las siguientes:

- ACV - Análisis del ciclo de vida (Life cycle assessment)
- Evaluación de la sostenibilidad (Sustainability assessment)
- Análisis de Energía incorporada (Embodied Energy analysis)
- Mochila ecológica
- Huella ecológica

Mediante estas herramientas de análisis es posible medir el desempeño ambiental global de productos y procesos. Los resultados finales de estos estudios están compuestas por un conjunto de parámetros que describen el rendimiento ecológico del sistema considerado, tales como:

- el consumo bruto de energía;
- la energía como materia prima almacenada en los materiales;
- las fuentes de energía utilizadas;
- las emisiones de gases de efecto invernadero;
- la cantidad de emisión de gases que agotan la capa de ozono y otros parámetros.

6.2 ACV Análisis del ciclo de vida

El análisis del ciclo de vida del producto, más conocido como Life Cycle Assessment (LCA), es un método de valoración nacido para conocer los efectos sobre los distintos componentes ambientales de un producto específico o servicio durante todo el arco temporal de su vida. Se hace referencia al conjunto de entradas, salidas y de las actividades implicadas en la producción, en el consumo/uso y en el desecho del producto considerado, desde la extracción de la materia prima del cual se constituye hasta su desecho final (llamado "from cradle to grave", de la cuna a la tumba).

El análisis de ciclo de vida de los materiales forma parte de los nuevos instrumentos metodológicos, puestos a punto en los últimos años, para hacer sostenible la actividad humana, desarrollando de manera particular

intervenciones de naturaleza preventiva. La definición propuesta por la SETAC¹ (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) sobre la metodología del ACV, hoy formalizada por la ISO 14040² es la siguiente:

“ es un procedimiento objetivo de valoración de las cargas energéticas y ambientales relativas a un proceso o una actividad, efectuado a través de la identificación de la energía, de los materiales usados y de los desechos vertidos al ambiente, La valoración incluye el ciclo de vida completo del proceso o la actividad, comprendiendo la extracción y el tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, la reutilización, el reciclaje y el vertido final”.

En cuanto instrumento apto para valorar el deterioro medioambiental, el método ACV, aplicado al estudio de un edificio, permite conocer cuáles son en la fase de producción y de construcción los procesos de los materiales del sistema tecnológico que producen el mayor impacto ambiental, permitiendo conocer las soluciones alternativas para aplicar al edificio, además de examinar la fase de uso del edificio en referencia a la utilización del acondicionamiento e iluminación y la fase de fin de vida útil con los procesos de reciclaje o de desecho.

Las directrices para su aplicación son proporcionados por las normas EN ISO 14040:2006 y 14044:2006. El análisis del ciclo de vida (ACV) estudia principalmente los impactos ambientales relacionados con los sistemas ecológicos, la salud humana y el agotamiento de los recursos. No tiene en cuenta los efectos económicos o sociales, aunque tengan gran importancia, no hay ninguna normativa que los regula porque las mejoras no suelen ser rentables para los empresarios y los efectos nocivos para la sociedad se pasan por alto.

Un ACV tiene varios objetivos según para qué fines se realice:

- Identificación de los procesos, ingredientes y sistemas que más contribuyen al impacto ambiental.
- Comparación de diferentes opciones para un proceso en particular con el objetivo de minimizar los impactos ambientales.
- Servir de guía en las planificaciones estratégicas a largo plazo relacionadas con el diseño de productos y de los materiales.
- Evaluación de los efectos sobre los recursos naturales asociados con determinados productos.
- Ayudar a introducir a los diseñadores de productos el uso de materiales de producción más respetuosos con el medioambiente y en la comparación ambiental de productos equivalentes.

El ACV también se ha convertido en uno de los principales métodos reconocidos internacionalmente para crear criterios para las etiquetas ecológicas como la Etiqueta Ecológica Europea y la Declaración Ambiental de Producto (EPD® Environmental Product Declaration).

Un documento ACV se compone principalmente de cuatro fases principales:

1. Fase de definición del objetivo y el alcance: se definen los límites del sistema y el nivel de detalle. La profundidad y amplitud del ACV depende del tema y del uso previsto del estudio, así pues, los diversos estudios pueden diferir considerablemente dependiendo del objetivo marcado. El objetivo de un ACV define la aplicación prevista, las razones para realizar el estudio, el público previsto y la previsión de utilizar los resultados en comparativas de varios productos. En el alcance del estudio se definen la Unidad funcional (que será aquella en la cual irá referida todos los datos del sistema) y los límites del sistema en los que se deben considerar varias etapas del ciclo de vida, procesos unitarios y flujos para determinar aquellas partes que quedarán dentro del estudio.

Las etapas que se analizan de cada uno de los materiales son:

¹ SETAC, Guidelines for Life Cycle Assessment: a code of practice, Bruxelles, 1993

² Norma Europea UNI EN ISO 14040, aprobada por el CEN, Comitato Europeo di Normazione, 29 junio de 1997

- Etapa 1: Fabricación. Obtención de materias primas y proceso de fabricación de los materiales estudiados en el ACV.
- Etapa 2: Expedición. Parámetros para el transporte de los materiales hasta el punto de consumo.
- Etapa 3: Puesta en obra. Recursos utilizados en el proceso de construcción.
- Etapa 4: Vida útil. Recursos utilizados en el decurso de la vida efectiva del material.
- Etapa 5: Demolición y reciclado. Recursos utilizados al final de su vida útil, vertedero o posibilidad de reciclaje.

2. Fase de análisis del inventario (ICV): es un inventario de los datos de entrada/salida, esto implica la recopilación de datos necesarios para cumplir los objetivos definidos.

3. Fase de evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV): proporciona información adicional para ayudar a evaluar los resultados del ICV con el objetivo de comprender mejor su importancia ambiental.

4. Fase de interpretación: se discuten los resultados obtenidos en las fases anteriores como base para realizar las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y alcance definidos.

El análisis de ciclo de vida es, sin duda, la herramienta de gestión ambiental que se está perfilando como la más sistemática, global y objetiva para afrontar los retos futuros. Gestionar de forma más sostenible los recursos implica acercarse progresivamente hacia la "producción limpia", objetivo que significa no sólo el menor consumo de recursos, materias primas y energía, sino la enérgica reducción de los residuos por medio de la integración de la reutilización y el reciclaje de los mismos en el proceso productivo. Los bienes así producidos deben a su vez ser diseñados para alcanzar una mayor durabilidad: duplicar la vida útil de los elementos significa disminuir los residuos a la mitad.

El análisis de las etapas sucesivas de un elemento, proceso, o servicio desde la extracción de los recursos naturales hasta la disposición final de éste, permitirá elevar a los municipios de la zona, aportes y sugerencias para la elaboración de normas y reglamentaciones ambientalmente sustentables en materia de gestión de Residuos Sólidos, especialmente de los Residuos de Construcción y Demolición -RCD-.

El ACV debe ser usado como una herramienta para la toma de decisiones en los distintos tipos de industrias, el comercio, el gobierno, y hasta en la propia vivienda.

6.3 Evaluación de la sostenibilidad

Cuando la información sobre el ACV de un material no se encuentra disponible, es posible realizar algunas evaluaciones sobre los impactos utilizando el método de la evaluación de la sostenibilidad que es un poco menos formal y científico respecto del ACV. Este método consiste en una serie de preguntas e instrucciones para la recopilación de datos pertinentes sobre los impactos sobre el medio ambiente y la salud humana de los materiales para la construcción de la cuna a la cuna (cradle to cradle) o de la cuna a la tumba (cradle to grave). La información se recoge en diversas categorías de los materiales como la adquisición de materias primas, manufactura, instalación o colocación y rendimiento operativo, recuperación de fin de ciclo o eliminación, y políticas corporativas. La información obtenida se evalúa según las prioridades y metas de cada proyecto en particular.

Las preguntas no tienen la intención de producir una respuesta sobre cuál es el mejor material o producto, lo cual es prácticamente imposible dada la complejidad de los datos recogidos. Además de ello diferentes proyectos y clientes van a tener prioridades diferentes. Por el contrario las preguntas están diseñadas para dar información sobre los impactos ambientales y los riesgos que cada material puede provocar y pretenden también asistir y guiar en la elección de materiales. La información y las respuestas a las preguntas se

pueden obtener de distintas fuentes, incluyendo productores y distribuidores, información proveniente de entes públicos y en un grupo de datos que están en continua evolución disponibles en la red.

6.4 Energía incorporada de los materiales

La energía total utilizada en todas las fases de la vida de un material es la que se conoce como energía incorporada. Si el producto es complejo, es decir que está constituido por más de un material, entonces su energía incorporada incluye todos los insumos de energía de cada uno de los componentes que lo constituyen y los insumos de energía necesarios para su montaje. Es prácticamente imposible cuantificar toda la energía incorporada a un producto, y las estimaciones de energía incorporada de los materiales puede variar ampliamente, a veces en hasta un 100%. Las variables incluyen las condiciones regionales y nacionales, procesos de fabricación, materiales reciclados, las fuentes de energía, y los parámetros de estudio (por ejemplo, la cuna a la tumba, la cuna a la cuna). Por lo tanto las cifras de energía incorporada debe utilizarse con precaución. Además, el uso de energía es sólo una medida mediante la cual para evaluar los materiales y los productos. La contaminación, los impactos ambientales, el uso de recursos, los residuos producidos, y la salud humana son también otras medidas importantes.

6.5 La huella ecológica o huella del desarrollo

Son diversos los autores que vienen aplicándose a elaborar indicadores que permitan cuantificar físicamente la sostenibilidad. Uno de estos indicadores, en lo que se refiere a recursos renovables, es la huella ecológica de una población, por ejemplo de un país o una región. La **huella ecológica** es una medida indicadora de la demanda humana que se hace de los ecosistemas del planeta poniéndola en relación con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos. Representa «el área de aire o agua ecológicamente productivos (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesarios para generar los recursos necesarios y además para asimilar los residuos producidos por cada población determinada de acuerdo a su modo de vida en específico, de forma indefinida. Como huella ecológica se entiende la superficie de tierra y de mar biológicamente productivas que son necesarias para mantener una población humana con un nivel de consume determinado. La huella per capita, es decir el cociente entre la huella y el número de habitantes es también denominada planetoide personal.

El planetoide personal está formado por la superficie de suelo agrícola para producir los alimentos que una persona necesita, la superficie de pastos para los animales que consume, la de bosque para la madera y el papel, la de suelo para vivienda y carreteras, la de mar para pescado y la de bosque que absorba el dióxido de carbono producido por su consumo de energía

Paralelamente se ha definido como capacidad accesible o biocapacidad la superficie biológicamente productiva local que puede ser utilizada por los habitantes de un territorio. Entonces, la diferencia entre la biocapacidad y el planetoide personal se llama déficit ecológico. Si el déficit es negativo, indica desequilibrio y que el consumo es mayor que la capacidad local. El objetivo fundamental de calcular las huellas ecológicas consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y, compararlo con la biocapacidad del planeta. Consecuentemente es un indicador clave para la sostenibilidad. La ventaja de medir la huella ecológica para entender la apropiación humana está en aprovechar la habilidad para hacer comparaciones. Es posible comparar, por ejemplo, las emisiones producidas al transportar un bien en particular con la energía requerida para el producto sobre la misma escala (hectáreas).

La relación de datos elaborada a continuación (Tabla I) demuestra la existencia, primero, de grandes desigualdades internacionales y, segundo, de que hay países, principalmente los desarrollados, que viven por encima de sus posibilidades. También que, globalmente, el balance es negativo.

Tabla 1 – Huella ecológica y biocapacidad

		ECOLOGICAL FOOTPRINT (global hectares per capita)						
Population (million)	Ecological Footprint of Consumption	Cropland Footprint	Grazing Footprint	Forest Footprint	Fishing Ground Footprint	Carbon Footprint	Built-up Land	
World	6.671,6	2,7	0,59	0,21	0,29	0,11	1,44	0,06
High Income Countries	1.031,4	6,1	1,02	0,23	0,70	0,26	3,78	0,11
Middle Income Countries	4.323,3	2,0	0,54	0,15	0,20	0,11	0,88	0,07
Low Income Countries	1.303,3	1,2	0,46	0,11	0,24	0,06	0,25	0,07
Unclassified Countries	13,5							

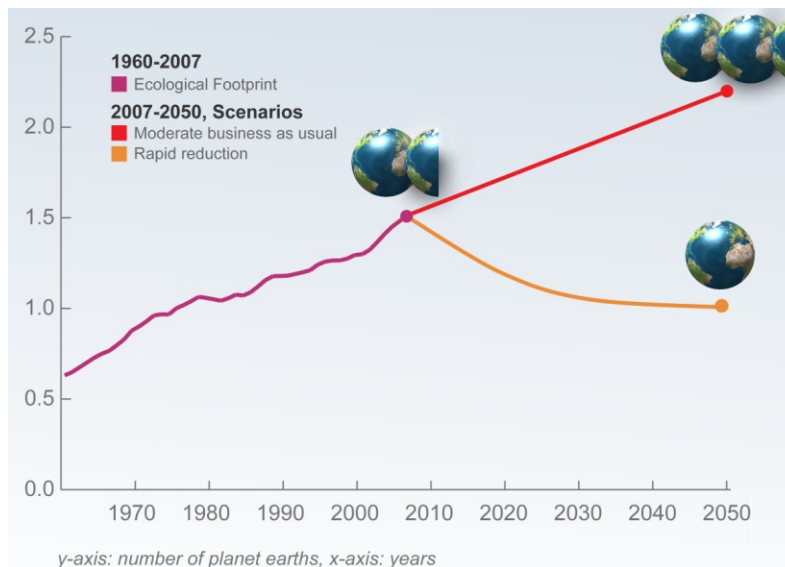
		BIOCAPACITY (global hectares per capita)						
Total Biocapacity	Cropland	Grazing Land	Forest	Fishing Ground	Built Land	Ecological (Deficit) or Reserve		
World	1,8	0,59	0,23	0,74	0,16	0,06	(0,9)	
High Income Countries	3,1	0,99	0,29	1,19	0,49	0,11	(3,0)	
Middle Income Countries	1,7	0,53	0,22	0,76	0,13	0,07	(0,2)	
Low Income Countries	1,1	0,44	0,21	0,29	0,07	0,07	(0,1)	
Unclassified Countries								

Fuente: Global Footprint network, www.footprintnetwork.com

Desde un punto de vista global, se ha estimado en 1,8 ha la biocapacidad del planeta por cada habitante, o lo que es lo mismo, si tuviéramos que repartir el terreno productivo de la tierra en partes iguales, a cada uno de los más de seis mil millones de habitantes en el planeta, les corresponderían 1,8 hectáreas para satisfacer todas sus necesidades durante un año. Por el contrario, el consumo medio por habitante y año es de 2,7 hectáreas, por lo que, a nivel global, estamos consumiendo más recursos y generando más residuos de los que el planeta puede generar y admitir (se consume más de un 30% por encima de las posibilidades de nuestro planeta). Los americanos, por ejemplo, utilizan cuatro veces más recursos que la media mundial.

Si cada país, que consumiera tantos recursos como los países occidentales, harían falta tres planetas para poder sobrevivir.

Figura 2. Gráfico de crecimiento de la huella ecológica



Fuente: Global Footprint network, www.footprintnetwork.com

6.6 La mochila ecológica

Otro indicador, que en este caso incluye los recursos no renovables es la mochila ecológica³. Se define como mochila ecológica la cantidad de materiales que intervienen y hay que mover en el ciclo vital de un producto y que quedan como residuos en escombreras y vertederos. La mochila ecológica refleja los flujos ocultos de recursos necesarios para fabricar un producto pero que no forman parte del mismo ni son valorados. Así, un kilo de carbón lignito tiene una mochila de 10 kilogramos de escombros y residuos. Un kilogramo de metal como el cinc tiene una mochila de 27 kg, pero un kilogramo de oro o platino tienen una mochila de 350 toneladas respectivamente.

Suma de materiales movilizados y transformados durante todo el ciclo de vida de un bien de consumo, desde su creación hasta su papel como residuo.

La mochila ecológica está definida por el Instituto Wuppertal como las extracciones de recursos primarios necesaria para producir un producto menos el peso del producto. La mochila ecológica de los materiales mínimamente procesados tales como la grava y la piedra no es grande, sin embargo, más materiales procesados, tales como metales, concreto y plásticos tienen grandes flujos ocultos. Por ejemplo, la producción de una tonelada de cemento requiere 5,5 toneladas combustible y 1,8 toneladas de materias primas y libera alrededor de 0,5 toneladas de CO₂.

Una tonelada de acero requiere la eliminación de 1,1 toneladas de escombros, y los resultados en 1,5 toneladas de residuos de mineral de concentración y una tonelada de CO₂ liberado. El Aluminio requiere la excavación y el uso de 80 toneladas de material a la producir un tonelada.

Los mochila ecológica de un producto puede ser sustancialmente reducida con sustitución de materiales reciclados para materiales vírgenes en un producto. Por ejemplo, cada tonelada de de hierro que está reciclada ahorra 12,5 toneladas de escombros, 2,8 toneladas de mineral de hierro, 0,8 toneladas de carbón, y muchos otros insumos. También evita la liberación de una tonelada de dióxido de carbono y la contaminación de coque, decapado y otras actividades de transformación.

³ Concepto creado por el investigador del Instituto Wuppertal, Friedrich Schmidt-Bleek, en 1994



Es importante señalar que no todas las emisiones son iguales y pequeñas emisiones de una particular sustancia química pueden ser más peligrosas que grandes cantidades de otro tipo de residuos o emisiones. Por ejemplo, las emisiones al aire de mercurio (no capturadas), una toxina bioacumulativa persistente, de hierro y de acero de fundición tiene un potencial de daños mucho más grandes para la salud humana que los residuos de rocas provocados por la explotación minera de piedra caliza.

7. REUTILIZACIÓN DE RECURSOS : DISEÑAR CON MATERIALES REPROCESADOS Y CON CONTENIDOS RECICLADOS

Una forma cada vez más común para hacer frente a la crisis de los residuos y para reducir el uso de los recursos naturales es “minar” las construcciones con materiales cuyas materias primas hayan sido diseñadas para su reutilización, ya sea en su totalidad o bien como componentes de productos con cierto contenido de reciclaje. La deconstrucción, la reutilización y el reciclaje de materiales de la construcción es una actividad en crecimiento y los mercados que reciben y comercializan estos materiales están en continua expansión. Estas prácticas constructivas que se basan en la recuperación de materiales presentan una serie de desafíos que en muchas circunstancias no son fáciles de superar: los costos de la deconstrucción son más altos que los de la demolición y el reciclaje, y en ausencia de un mercado del reciclado relativamente consolidado los precios pueden llegar a ser prohibitivos. Aún donde existan estos mercados, los plazos de tiempo para la construcción y demolición de una obra pueden inclusive no permitir las actividades de deconstrucción.

Mientras que los problemas relacionados con los residuos y el consumo de recursos están fuera del control del proyectista o diseñador, las decisiones tomadas desde las primeras fases de diseño sobre los materiales de construcción puede afectar considerablemente el rendimiento energético del edificio durante todo su ciclo de vida.

La utilización de materiales recuperados o reciclados que pueden además ser fácilmente desmontados y reutilizados o reciclados de nuevo constituye una estrategia importante para reducir el uso de recursos, y puede tener un gran impacto no sólo en la conservación de recursos, sino también en lo relacionado a la energía y la contaminación derivados de la producción de nuevos materiales.

Las estrategias y técnicas de diseño que permiten potenciales ahorros energéticos y una considerable reducción de los impactos y de los residuos generados son aquellas que se basan en sistemas de circuito cerrado mediante la reutilización de recursos (residuos de la construcción y de la demolición) y la reutilización y reciclaje de materiales.

Figura 2. Esquema del ciclo cerrado de los materiales



Fuente: Societat organica, www.societatorganica.com

7.2 Reutilización de recursos

Los nuevos edificios han de ser proyectados para ser deconstruidos, no demolidos.

La creciente preocupación por el uso de recursos junto con la confección de normativas para la reducción de los residuos de la construcción, han dado lugar a un mayor reciclaje de los escombros de la construcción y la demolición. Para facilitar esta práctica, los procesos de desmantelamiento de un edificio han evolucionado, pasando de la simple demolición a la deconstrucción, lo cual implica la clara intención de reutilizar o reciclar los componentes. La demolición, por el contrario, reduce el edificio y su entorno a escombros y ruinas sin preservar la integridad de sus componentes para su reutilización.

Si bien la deconstrucción toma más tiempo y está sujeta a costos mayores de mado de obra de demolición, algunos estudios indican que podría ser menos costoso que pagar los costos de un vertedero, y la reventa de los materiales, ya sea enteros o triturados, podría generar ingresos adicionales.

7.2.1 DpD- Diseño para el desmontaje (Design for disassembly)

El DpD – Diseño para el desmontaje - es el diseño de edificios concebido de manera tal de facilitar su futuro cambio y su eventual desmantelamiento (en parte o en su totalidad) con el objetivo de recuperar sistemas, componentes y materiales. El proceso de diseño incluye el desarrollo de montajes, componentes, materiales, técnicas de construcción y sistemas de información y gestión para lograr este objetivo.

La recuperación de materiales tiene la intención de maximizar el valor económico y minimizar los impactos ambientales mediante la posterior reutilización, reparación, remanufactura y reciclado. En último lugar se encuentran la recuperación de energía de los materiales y la biodegradación.

El DpD permite flexibilidad, convertibilidad, la adición y sustracción de edificios enteros. De este modo se puede contribuir a evitar la eliminación de los edificios por completo. DpD incluye el uso de materiales reutilizables, materias primas destinadas a reciclado como materia prima, y materiales “naturales” que pueden ser totalmente biodegradables.

La gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) es una de las labores básicas que garantizan el posterior éxito de todo el proceso de separación y recogida selectiva de los residuos. La finalidad de estas operaciones será facilitar el reciclaje y la reutilización de los residuos. Una vez realizada la separación se procede a separar aquellos que son valorizables e incorporables al circuito de reciclaje de aquellos que no lo son, que se enviarán al vertedero.

Para minimizar los residuos, desde la fase de proyecto deben incorporarse criterios funcionales y constructivos idóneos que fomenten la utilización de materiales y técnicas constructivas que favorezcan su

valorización para reincorporarlos sin cambios en las nuevas construcciones o transformarlos en nuevos productos.

El impacto de los materiales de construcción será menor o mayor según su destino (reciclaje, incineración, reutilización directa).

Dentro de la gestión de los RCD parece fundamental incorporar criterios de construcción encaminados a minimizar los residuos y fomentar el empleo de materiales que originen residuos fácilmente valorizables. Así, entendemos por deconstrucción el conjunto de acciones de desmantelamiento de una edificación que hacen posible un alto nivel de recuperación de materiales.

El desarrollo de la deconstrucción se asemeja más a una construcción al revés que a un derribo tradicional y abarca una serie de acciones tales como:

Acciones selectivas:

- Recuperación de elementos arquitectónicos reutilizables.
- Recuperación de materiales contaminantes.
- Recuperación de materiales reciclables no pétreos.

Acciones intensivas:

- Recuperación de materiales reciclables de origen pétreo.

Materiales reutilizables

- Estructura: Vigas y pilares, cerchas y elementos prefabricados
- Fachada: Puertas, ventanas y revestimientos prefabricados
- Cubierta: Tejas, estructuras ligeras, soleras prefabricadas, lucernarios, claraboyas y chapas
- Partición interior: Mamparas, tabiques móviles, barandillas, puertas y ventanas
- Acabado interior: Falsos techos, pavimentos sobrepuestos, flotantes, revestimientos verticales en zonas húmedas, decoración, perfiles y piezas de acabado
- Instalaciones: Maquinaria de acondicionamiento térmico, radiadores, mobiliario de cocina.

7.3 Reutilización y reciclaje de materiales

El uso de materiales recuperados en la construcción de un nuevo edificio presenta muchos potenciales beneficios. Los materiales son desviados de los vertederos y los recursos vírgenes y la energía destinados a la fabricación de nuevos materiales se conservan. Desde el punto de vista del diseño, la reutilización de materiales puede agregar un significado más a un proyecto, revelando la historia cultural de un lugar que es muchas veces difícil lograr con materiales de producción masiva y de difusión internacional. Los materiales recuperados son muchas veces únicos y singulares en su tipo. Cabe destacar que el uso de materiales recuperados puede ser rentable ya que se ahorran los gastos de adquisición de material y demolición y los costos de transporte al vertedero si es que se ha obtenido en el mismo lugar de la obra a realizar.

Quizás uno de los mayores desafíos que plantea la reutilización de materiales para los diseñadores es la localización de suficiente material adecuado para una determinada aplicación en el proyecto y todavía conseguir obtener beneficios ambientales. Las técnicas de búsqueda y utilización de los materiales reutilizados pueden variar respecto del diseño y las prácticas tradicionales y requieren esfuerzos e ingenio adicionales por parte del diseñador.

Las cuestiones del almacenamiento, inventario y la limitación de mercados son desafíos que enfrenta la industria de los materiales reutilizados. Encontrar métodos apropiados y cantidades de materiales necesarias puede ser la parte más difícil de utilizar materiales recuperados. Por estos motivos muchas veces hay tiempo de diseño adicionales provocados por los tiempos de búsqueda de los materiales y el posterior diseño y detalle.

Los materiales que contienen productos reciclados son los materiales “verdes” de uso más común. El mercado ha crecido rápidamente, estimulado por una mayor cantidad de residuos y por los esfuerzos de



reciclaje de consumidores y productores y gracias también a programas en favor del reciclaje promocionados por los organismos públicos y los gobiernos en general para reducir la deposición de residuos sólidos.

El uso de material de desecho como materia prima para nuevos productos no solo puede reducir el uso de los recursos vírgenes y desviar materiales de los vertederos sino también puede reducir el consumo de energía, los residuos y las emisiones que hubieran resultado de la transformación de nuevas materia primas para el nuevo producto. Sin embargo, el reciclaje de productos residuales, la recolección y la remanufactura provocan impactos ambientales muchas veces mayores que los provocados por la reutilización de un material recuperado en su totalidad sin remanufactura.

La recogida y el transporte de materiales recuperados utiliza recursos de combustible y produce emisiones, y las distancias de viaje a las plantas de reciclaje pueden ser determinantes en el balance energético-ambiental de un material reutilizado.

Remanufacturar un material de desecho para hacer un nuevo producto utiliza energía y produce emisiones también. El reciclaje por lo general resulta en un material que se utiliza para un propósito menor (downcycled) y en pocos casos puede volver a utilizarse para prestaciones tan altas como las del producto original (acero, aluminio, cobre, hierro).

Un claro ejemplo de reciclaje con altas prestaciones está representado por el aluminio: material muchas veces señalado como poco ecológico, tal como se usa en la construcción actual. Pero a sus ventajas técnicas innegables, el aluminio añade otra: ser reciclable. Las partes de aluminio pueden fundirse y ser utilizado de nuevo casi tantas veces como desee, sin perder sus cualidades notables para la mayoría de usos. De hecho existen en el comercio productos hechos con 100% de aluminio reciclado y en este proceso de reciclaje la cantidad de energía consumida es muy baja y prácticamente no generan residuos de otros materiales. Conjuntamente con su óptima durabilidad, lo que permite obtener una máxima cantidad de utilidad por cada kilogramo de aluminio, el hecho de que sea reciclable, lo que reduce el impacto ambiental en un 90%, hace posible una gestión que le permite utilizar un capital de gran valor técnico (aluminio ya hecho) en ciclos cerrados, reduciendo al mínimo el impacto medioambiental en comparación con materiales alternativos para los mismos usos. Teniendo en cuenta todo lo expuesto en los capítulos anteriores resulta evidente que más allá de las cualidades de reciclaje del aluminio a la hora de hacer un balance energético de sus prestaciones es imprescindible pesar todos los impactos que genera durante su vida útil.

Cada material acumula un efecto derivado del recurso usado y un efecto de polución, particularmente durante la producción. A través del reciclaje de materiales, en vez de su creación desde materias primas, se pueden prevenir importantes daños ambientales. Un producto que puede ser fácilmente reciclable tiene una clara ventaja sobre un producto que es inicialmente “verde” pero que no se puede reciclar.

En la industria de la construcción una inmensa cantidad de productos y materiales tienen tanto bajas durabilidades como bajo potencial de reciclaje. Existen también materiales que pueden ser reciclados varias veces pero este potencial es usado con poca frecuencia.

Existen algunos ejemplos interesantes de proyectos de demolición selectivos en los que los diferentes materiales y productos han sido separados y diferenciados, alcanzando un nivel de reciclaje cercano al 90%. De cualquier manera es difícil pensar en la construcción moderna que el nivel de reciclaje supere el 70%.

Existe un modelo jerárquico de niveles de reciclaje; la meta es alcanzar el máximo posible:

- a. Reuso
- b. Reciclaje
- c. Recuperación de energía



El reuso depende del arco de vida del componente y se refiere al uso del entero material nuevamente, con la misma función. Un reuso eficiente de materiales o componentes demanda materiales simples o estandarizados. Los productos de la industria de la construcción son muy variados y en gran parte con diferente diseño y composición.

El reciclaje depende en gran parte de la pureza del material. Materiales compósitos o múltiples no son buenos para el reciclado. El reciclaje se realiza fundiendo o rompiendo el componente que luego entra en un proceso de manufactura nuevo. Este es un sistema muy eficiente para metales. Para otros materiales existen también procesos de “down-cycling” con lo que se realizan productos de menor valor.

Recuperación de energía significa quemar el producto para generar energía. Es una ventaja si el material puede ser quemado en una planta local y si los gases de combustión no necesitan tratamientos especiales, de manera que se puedan utilizar hornos simples.

8. CONCLUSIONES

A partir de los estudios y de la investigación realizados surge de manera clara que una de las clave del impacto ambiental de los materiales es la generación y el vertido de residuos que se dan en todas y cada una de las fases del ciclo de vida de los materiales. Esta dispersión de los residuos de producción altera el funcionamiento del medio y genera impactos ambientales que afectan a la biosfera, lo que reduce su capacidad de proporcionar los servicios ambientales que necesitamos.

Por lo tanto, los problemas del cambio climático debidos a las emisiones de gases de efecto invernadero, la destrucción de la capa de ozono, la acidificación del suelo, la eutrofización de las aguas continentales, la contaminación en la atmósfera urbana, etc., son todos problemas que están directamente vinculados con los outputs (salidas) derivados de los procesos de producción y que se expresan en la forma de impactos ambientales que afectan a la biosfera y por lo tanto la calidad del medio ambiente que habitamos.

¿Cómo eliminar estos residuos? ¿Cómo reducir el impacto generado por nuestras construcciones? ¿Cómo generar hábitats urbanos sostenibles?

Una primera respuesta está en la conversión de todos los residuos en recursos: *cerrar el ciclo de los materiales*. Los conceptos de recursos, productos y residuos son nombres que le damos al mismo conjunto de materiales en diferentes momentos. Recursos cuando son materias primas; productos, cuando se organizan, y son útiles para satisfacer una necesidad; residuos cuando se ha consumido ya su utilidad y son desorganizados. Necesitamos recursos para hacer los productos y satisfacer nuestras necesidades, mientras que los residuos son “molestos” y sólo se piensa en deshacerse de ellos. Pero es esa eliminación de los residuos la que causa la mayoría de los impactos ambientales que dañan el medio ambiente. A su vez, este metabolismo lineal recurso>productos>residuos tan fuertemente radicado, genera una disminución continua en el conjunto de recursos, de materias primas.

“Eliminar” los residuos debe ser el resultado de una estrategia que aborda ambas cuestiones: la prevención de la degradación ambiental y el deterioro de las reservas de materias primas disponibles para el futuro. Y la mejor manera de hacerlo es desentrañar el concepto de residuo. Un residuo no es más que la materia prima de un recurso. Si se recogen todos los materiales de desecho procedente de la extracción, fabricación y uso de cualquier producto y se los reordena hasta aproximarnos a la calidad original en el que fueron recogidos en el medio ambiente, habremos evitado los impactos ambientales asociados a su deposición y habremos regenerado el recurso para que esté nuevamente disponible.



Cerrar los ciclos de materiales, devolviendo los residuos a la calidad de los recursos es una estrategia que conduce a la sostenibilidad. Para ello hay dos caminos. La primera forma es mediante el uso de la biosfera como la "máquina" capaz de recoger los residuos y convertirlos de nuevo en recursos a través de sus procesos naturales (como puede ser el caso de la madera y los tejidos de fibras vegetales y animales). Es el camino de los materiales renovables. La segunda forma es usando nuestro propio sistema técnico: la organización de la gestión adecuada de los residuos y el diseño de los procesos para reciclarlos y convertirlos de nuevo en recursos. Este es el camino de los materiales no renovables.

Es también importante tener en cuenta que no hay materiales buenos o malos, materiales sostenibles o insostenibles: no existen materiales verdes por excelencia, todos generan algún tipo de impacto en el medio ambiente. Por el contrario, es posible concluir que existe una amplia gama de materiales "verdes" que por sus características y composición pueden ser más o menos ecológicos. Tener en cuenta estas propiedades a la hora de proyectar es una herramienta imprescindible que puede cambiar radicalmente las implicancias energético-ambientales de una construcción. Cada material proporciona oportunidades distintas que las diferentes estrategias adoptadas deben reconocer y aprovechar.

Otra posible respuesta a las preguntas mencionadas anteriormente está dada por la manera en que estos materiales se usan y se combinan. Se puede reducir el impacto de las construcciones utilizando los materiales de manera sostenible y diseñando los edificios a través de una mirada global del asunto y que tome en consideración todos las potencialidades y riesgos que un material ofrece durante todo su ciclo de vida. Existen formas de uso y de construcción no sostenibles, como muchos de los casos que se dan hoy en día, y es por esto que las formas de uso sostenible representan una posibilidad para el futuro.

El cierre de los ciclos de materiales, la conversión de los residuos en recursos, la utilización de materiales de bajo impacto es una necesidad de nuestro sistema técnico para afrontar el reto de la sostenibilidad. Para ello podemos utilizar materiales renovables y la gestión del cierre de los ciclos a través de la biosfera, o si se decide utilizar materiales no renovables es necesario ocuparse de incorporarlos dentro del sistema técnico mencionado anteriormente. En ambos casos, las estrategias para el futuro son las que permiten encontrar cuales son las opciones más apropiado para cada caso.

Para considerar la sustentabilidad de una obra de arquitectura, es necesario tener en cuenta todas las fases de su ciclo de vida. Esto incluye desde que la obra es proyectada y ejecutada, el uso y explotación a lo largo de su vida útil, y el fin de esa vida útil, momento en el cual el edificio deberá ser reincorporado nuevamente al medio ambiente. Muchas veces la etapa de proyecto del edificio no es considerada como una fase del ciclo de vida, porque el edificio no existe aún. Sin embargo, esta etapa es decisiva en el logro de una arquitectura sustentable, en la medida en que el proyecto resuelva adecuadamente y de forma integral los diferentes factores que la condicionan.

Son de primordial importancia las inversiones en investigación, desarrollo e innovación destinadas a potenciar y mejorar el conocimiento de la situación de los impactos de los materiales y de sus residuos, impulsar las más avanzadas técnicas en su gestión, así como la búsqueda de salidas y usos comerciales de los materiales reciclados procedentes de los residuos.

Disponer de bases de datos y de información confiables que permitan guiar al sector de la construcción en la elección de materiales y el contar con herramientas de análisis que permitan medir el comportamiento de un material son, sin duda, instrumentos esenciales a la hora de proyectar y diseñar en pos de equilibrar y mejorar la relación con el medio ambiente. A estos instrumentos deberían ir sumándose cada vez con mayor intensidad proyectos de leyes y normativas que regulen la actividad de la construcción estableciendo estándares claros que minimicen los impactos ambientales y den un marco legal a las prácticas constructivas. Siguiendo con esta línea resultaría de gran interés y ayuda que a nivel local se desarrollaran redes de intercambio que permitan el acceso y comercio de materiales reciclados.

Que los seres humanos estemos consumiendo más de lo que nuestro planeta puede ofrecernos es un dato indiscutible y a la vez alarmante. Es un tema prioritario por sus impactos socio-ecológicos y somos todos



responsables frente a esta situación. Queda claro en este contexto que arquitectos, diseñadores y constructores deben adoptar en sus proyectos todas las estrategias y técnicas posibles para minimizar los impactos que la construcción y sus materiales generan. La responsabilidad ambiental que recae sobre la sociedad debe traducirse en acciones coordinadas y eficaces que permitan unir esfuerzos para crear una conciencia de cambio y lograr cambios radicales en la compleja red de relaciones que existe entre la sociedad, su ambiente y su entorno construido.



9. BIBLIOGRAFIA

- CALKINS, Meg. *Materials for sustainable site: a complete guide to the evaluation, selection and use of sustainable construction materials*, Hoboken - New Jersey, John Wiley & sons Inc, 2009. 453 p.
- BERGE, Bjorn. *Resources*. En su: The ecology of building materials, 2nd ed. Oxford, Architectural Press, 2009 pp. 3-16.
- DE SANTOLI Livio. *Analisi del Ciclo di Vita del sistema edificio-impianto*, Roma, Palombi editori, 2006.158 p.
- WOOLLEY Tom, KIMMINS Sam, HARRISON Paul y HARRISON Rob, *Green building*. En su: Green building handbook, a guide to building products and their impact on the environment, vol.1 Londres, Spoon Press, 2001 pp 1-17.
- WADEL Gerardo. *Tesis doctoral: La sostenibilidad en la arquitectura industrializada. La construcción modular aplicada a la vivienda*, Barcelona, Universidad Politecnica de Cataluña, julio 2009.
- VÁZQUEZ ESPÍ Mariano. *Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales* Informes de la Construcción, Vol.52 n°471, enero/febrero2001
- GUY, Brad y CIARIMBOLI, Nicholas, *Design for disassembly in the built environment: a guide to close-loop design and building*, Lifecycle building challenge.
- Global Footprint Network – Advancing the science of sustainability, *Footprint science*, www.footprintnetwork.org