

Criterios ‘Cradle to Cradle’ para el entorno construido

El método Cradle to Cradle establece un nuevo paradigma que permite un rediseño del entorno construido. Implica una filosofía, unos principios cuantificables así como una herramienta de implementación; todos ellos conforman una plataforma de innovación para la mejora de la calidad de los materiales, la energía y la biodiversidad. Esta plataforma genera beneficios sociales, económicos y eco-efectivos, conceptos que superan la perspectiva de la sostenibilidad centrada en el uso eco-eficiente para minimizar los impactos medioambientales. El método Cradle to Cradle es bien conocido gracias a los trabajos publicados anteriormente, si bien la mayoría de los profesionales implicados en la edificación aún no están acostumbrados a la puesta en práctica de este tipo de principios. Este artículo, por una parte, presenta la filosofía y traduce los tres principios básicos Cradle to Cradle a criterios que pueden ser aplicados y evaluados cuantitativamente. Por otra parte describe los criterios de implementación, lo que permite una integración innovadora de herramientas de aplicación para actividades financieras, de contratación y diseño. Al mismo tiempo se aportan definiciones en el ámbito de la energía Cradle to Cradle, relacionadas con los gases de efecto invernadero.

Cradle to Cradle metodoak beste paradigma bat ezartzen du, eraikitako ingurua berriro diseinatzeko aukera ematen duena. Berekin dakartza filosofia bat, kuantifikatzeko moduko printzipio batzuk, eta inplementazio-tresna bat. Horiek guztiek materialen kalitatea, energia eta biodibertsitatea hobetzeko berrikuntza-plataforma bat eratzen dute. Plataforma horrek onurak eragiten ditu gizarteari, ekonomiari eta eko-eraginkortasunari dagokienez, eta kontzeptu horiek gainditu egiten dute ingurumenaren gainerako eraginak txikiagotzeko erabilera eko-eraginkorrean oinarritzen den iraunkortasunaren ikuspegi. Cradle to Cradle metodoa oso ezaguna da aurretiaz argitaratutako lanei esker, baina eraikuntzan parte hartzen duten profesional gehienak oraindik ez daude ohituta horrelako printzipioak ezartzen. Artikulu honek, alde batetik, filosofia aurkeztu eta Cradle to Cradle metodoaren oinarritzko hiru printzipioak azaltzen ditu, modu kuantitatiboan ebalua eta aplikatu daitezkeen irizpideen bitartez. Beste alde batetik, inplementazio-irizpideak deskribatzen ditu eta, horrela, finantza-, kontratazio- eta diseinu-jardueretan aplikatu daitezkeen tresnak modu berritzailean integratzeko aukera ematen du. Halaber, definizioak ematen dira Cradle to Cradle energiaren eremuan, berotegi-efektuko gasekin (BEG) lotuta.

The positive agenda of Cradle to Cradle establishes a new paradigm for redesigning in the built environment. Cradle to Cradle consists of a philosophy, quantifiable principles, and implementation tools that together comprise an innovation platform for enhancing the quality of materials, energy and biodiversity. This platform generates social, economic and eco-effective benefits, which go beyond the conventional sustainability approach of using eco-efficiency to minimize environmental impacts. Cradle to Cradle is well known through earlier published works but most practitioners in the built environment are still unfamiliar with how to apply its principles. The framework here provides an introduction to the philosophy then translates the three basic Cradle to Cradle principles into criteria that can be quantifiably applied and evaluated. It further describes implementation criteria, which allow the innovative integration of defined financial, contract, and design application tools. Definitions of Cradle to Cradle energy in relation to climate change gases are also provided.

ÍNDICE

1. Introducción
2. Definición. ¿Qué es una construcción 'Cradle to Cradle'?
3. Los criterios principales
4. Criterios de implementación
5. Energía en un edificio C2C

Palabras clave: innovación, *Cradle to Cradle*, eco-efectividad, principios de diseño, garantía de calidad.

Keywords: innovation, cradle to cradle, eco-effectiveness, design criteria, quality guarantee.

N.º de clasificación JEL: Q53, Q57, L74.

1. INTRODUCCIÓN

La postura tradicional de los gobiernos y la industria ha sido la de reducir el impacto medioambiental de sus actividades haciendo sus productos «menos malos» desde la perspectiva de la cuna a la tumba (*Cradle to Grave*, en inglés). A pesar de las declaraciones sobre la importancia de ser «sostenible», los directivos suelen considerar que esta postura implica costes adicionales para los *stakeholders* y que no se logran muchos beneficios cuantificables. Para ser sinceros, la sostenibilidad es una realidad necesaria pero costosa.

Sin embargo, el protocolo de diseño *Cradle to Cradle* (de la cuna a la cuna) ha adoptado una perspectiva esencialmente diferente que genera beneficios para los *stakeholders* ya que va más allá de la «tumba» y de las interpretaciones tradicionales sobre el medio ambiente.

Cradle to Cradle (C2C)¹ es una plataforma de innovación mediante el cambio de paradigma que fue desarrollado en la década de los noventa por Michael Braungart, William McDonough *et al.*, basándose en investigaciones realizadas en la Agencia para el Fomento de la Protección Ambien-

* *Agradecimientos:* Parte del trabajo realizado para esta publicación ha sido desarrollado en colaboración con la Cátedra «Cradle to Cradle» de la Universidad Erasmus, DRIFT, de Rotterdam (Holanda). El apartado sobre la energía resume ciertos aspectos del original no publicado «EPEA policy paper on Cradle to Cradle and Energy v. 2.0». Muchos conceptos descritos aquí se basan en trabajos anteriores de Michael Braungart, William McDonough, y sus colaboradores.

¹ *Cradle to Cradle. Remaking the Way We Make Things.* William McDonough y Michael Braungart, North Point Press, Nueva York, 2002.

Más información sobre los metabolismos de la Biosfera y la Tecnosfera en el Apartado 3.1 de Michael Braungart *et al.*, «Cradle-to-Cradle design: creating healthy emissions - a strategy for eco-effective product and system design», *Journal of Cleaner Production* (2006), doi:10.1016/j.jclepro.2006.08.003.

tal de Hamburgo (Alemania), con el fin de incorporar características económicas, sociales y medioambientales beneficiosas en los productos, procesos y sistemas. *Cradle to Cradle* es, principalmente, un concepto empresarial y de innovación cuyo punto de partida es determinar los beneficios deseados de un producto o servicio en lugar de centrarse en reducir los impactos medioambientales negativos.

Para aumentar la calidad y añadir valor para los *stakeholders*, C2C promueve las asociaciones basadas en la innovación en toda la cadena de valor de un producto, es decir, la fabricación, la distribución, el uso, la deconstrucción, la recuperación y la reutilización.

Al caracterizar cientos de productos y miles de materiales por sus atributos de salud para el ser humano y para el medio ambiente, y al definir sistemas para integrar materiales de manera segura y completa en nuevos productos, C2C ya ha proporcionado un modelo científico y empresarial práctico, y al mismo tiempo inspirador, para mejorar la calidad.

Este modelo de innovación y valor convierte a C2C en un elemento potencialmente atractivo para planificadores, constructores y fabricantes que puede integrarse en productos, procesos, edificios, sistemas de recuperación de materiales, y en las adquisiciones.

En el presente artículo, no se describe exhaustivamente el protocolo de diseño C2C básico porque ya ha sido descrito en otras publicaciones y documentales publicados y emitidos desde la década de los noventa. El libro *Cradle to Cradle*² es

muy conocido y ha sido traducido, al menos, a una docena de idiomas. El protocolo C2C de Certificación de productos está publicado en las páginas web EPEA.com y MBDC.com.

Sin embargo, muchos planificadores aún no saben cómo integrar las características de C2C en un entorno construido. Cuando nos encontramos con expresiones conocidas como «materiales seguros» y «diversidad de especies», existe la tendencia de responder: «sí, ya lo hacemos». Pero, en la mayoría de los edificios y emplazamientos, esto no se hace. Los métodos no están todavía bien consolidados para diseñar obras que contengan materiales concretos o que no perjudiquen a las especies.

Entre 2008 y 2010, creció el número de planificadores, arquitectos e ingenieros que introdujeron los conceptos C2C en la planificación y la construcción. Una de las prioridades de las agencias estatales es traducir el concepto C2C en la renovación y la nueva construcción de edificios. Estas solicitudes han dado lugar a los criterios *Cradle to Cradle* para el entorno construido.

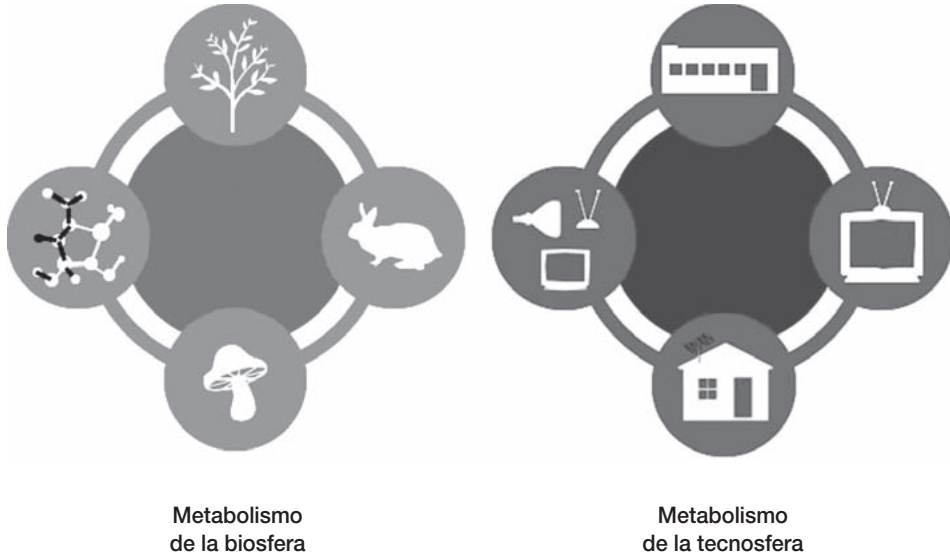
Para empezar, por tanto, es importante describir los criterios C2C básicos para edificios y cómo los planificadores, arquitectos e ingenieros pueden aplicar y medir dichos criterios.

2. DEFINICIÓN. ¿QUÉ ES UNA CONSTRUCCIÓN ‘CRADLE TO CRADLE’?

A partir de la década de 1990, se establecieron varias directrices para aplicar el concepto C2C en el medio ambiente construido y para ello se publicaron declaraciones como los Principios de Hannover y,

² *Cradle to Cradle. Remaking the Way We Make Things*. William McDonough y Michael Braungart, North Point Press, Nueva York, 2002.

Gráfico n.º 1



Fuente: Elaboración propia.

más recientemente, los Principios *Floriade Venlo* y los Principios *Almere* en Holanda.

Sin embargo, estos extensos documentos sólo son efectivos si pueden traducirse en resultados medibles. El primer paso para conseguirlo es estudiar y aplicar los tres principios *Cradle to Cradle* determinantes:

- *Residuos = Alimentos*. Todo es un nutriente para otro elemento.
- *Utilizar la radiación solar incidente*. Energía que puede renovarse a medida que se utiliza.
- *Celebrar la diversidad*. Diversidad de especies, de culturas y de innovación.

Estos principios definen y respaldan dos tipos de metabolismo para todo producto y proceso: los metabolismos de la Biosfera enfocados a productos diseñados para favorecer procesos biológicos, y los metabolismos de la Tecnosfera, focalizados en productos diseñados para proporcionar un servicio técnico y cuyos materiales se reciclan de forma continua³.

Los tres principios integrados en los metabolismos de la Biosfera y la Tecnosfera

³ Más información sobre los metabolismos de la Biosfera y la Tecnosfera en el Apartado 3.1 de Michael Braungart *et al.*, «Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions - a strategy for eco-effective product and system design», *Journal of Cleaner Production* (2006), doi:10.1016/j.jclepro.2006.08.003.

constituyen el concepto especial *Cradle to Cradle*. Si los expertos tienen dudas sobre qué es *Cradle to Cradle*, siempre se pueden recuperar los tres principios y los dos metabolismos para comprender los fundamentos de este modelo C2C.

El marco y el protocolo de diseño C2C desarrollados por McDonough y Braungart definen con mayor exhaustividad estos principios y metabolismos. También describen cómo el modelo C2C aporta calidad y valor a los *stakeholders* implicados. A menudo el valor añadido y la calidad son elementos de distinción del modelo C2C frente a interpretaciones tradicionales de la sostenibilidad.

Todavía no se ha llegado a construir un edificio 100% *Cradle to Cradle* probablemente porque los protocolos y principios del modelo C2C se han desarrollado hace pocos años, a finales de los noventa. Este hecho es significativo sobre todo teniendo en cuenta que el sector de la construcción, es lento a la hora de adoptar cambios, por su carácter eminentemente conservador.

Sin embargo, ya es posible describir y construir un edificio que use las innovaciones indicadas por el modelo C2C, así como productos y materiales definidos por el mismo ya existentes en el mercado.

En este contexto, puede decirse, en líneas generales, que un edificio tiene una excelente oportunidad de lograr el C2C si cumple los tres principios C2C básicos y los metabolismos definidos por C2C. Estos pueden resumirse en la siguiente definición general: un edificio «*Cradle to Cradle*» contiene elementos medibles que añaden valor y celebra la innovación y el disfrute mejorando palpablemente la calidad de los materiales, la biodiversidad, el aire y el agua, empleando la radiación solar inci-

dente, siendo reciclable y desempeñando varias funciones prácticas que mejoren el bienestar de las partes interesadas.

Esta definición es de gran relevancia ya que puede aplicarse a diversos tipos de edificios, ya sean viviendas u oficinas, fábricas, estadios o centros sanitarios. Pero la definición también se puede aplicar a materiales y productos del interior de los edificios que pueden tener igual o mayor impacto que las propias estructuras.

En los siguientes apartados, se describen los criterios y herramientas para aplicar los Principios y la Definición del modelo C2C.

3. LOS CRITERIOS PRINCIPALES

Se trata de proporcionar a los planificadores unos criterios orientativos para diseñar un edificio con características C2C medibles. Lo que distingue a estos criterios como C2C es su pretensión de maximizar los impactos beneficiosos en lugar de limitarse a reducir los impactos negativos. Estos criterios principales no llevan ningún orden de prioridad aunque la fase «Determinar las intenciones» suele ser la primera del proceso.

3.1. Determinar las intenciones

El diseño es la primera señal de la intención humana. Determinar las intenciones acerca del edificio describiendo sus objetivos e hitos con relación a los tres principios *Cradle to Cradle* básicos, por ejemplo, dónde se quiere estar en una fecha determinada.

Ejemplo: ¿Quiere que el edificio aporte aire y agua más limpios que los de su en-

torno? ¿Quiere que el edificio pueda de-construirse? ¿Quiere demostrar que los componentes de los materiales del edificio son seguros y están bien definidos?

3.2. Principio C2C. Todo es un nutriente para otro elemento

Definir materiales y sus usos previstos

- a) Utilizar materiales cuya calidad y contenido puedan definirse de forma medible en trayectorias técnicas o biológicas desde la fabricación al uso y la recuperación.
- b) Utilizar materiales cuyos impactos sean beneficiosos para la salud humana y el medio ambiente.

Ejemplos: Nuestro producto definido puede ser una silla cuyas piezas provienen de fuentes renovables conocidas o de materiales reciclados conocidos y cuya composición sea de 100 partes por millón. Además, estos materiales se demuestran seguros para el contacto con la piel y los pulmones del ser humano. También, podría desmontarse en materiales, cada uno de los cuales, a su vez, puede ser reciclado para utilizarse en otros productos o pueda descomponerse en nutrientes beneficiosos para los sistemas biológicos. Un componente «beneficioso» podría ser un componente añadido a revestimientos que permita que estos limpien el aire.

Integrar nutrientes biológicos

El objetivo es reciclar nutrientes biológicos y el agua integrando la producción de biomasa en los edificios, la creación de zonas verdes y planes espaciales para generar más biomasa, suelo y agua limpia que antes de que se iniciaran las obras.

Ejemplos: Nutrientes biológicos procedentes de aguas residuales domésticas biodigestión y la creación de zonas verdes interiores y exteriores. Paredes cubiertas de vegetación, purificadoras del aire y diseñadas para metabolizar contaminantes. «Techos verdes» que retienen la humedad, capturan el CO₂, metabolizan las partículas y emanan oxígeno. «Fabricación de tierra vegetal» que emplea la biodigestión y el compostaje para producir humus y capturar CO₂.

Mejorar la calidad del aire y del clima

- a) Se trata de mejorar palpablemente la calidad del aire del edificio con respecto al exterior beneficiando la salud de los metabolismos biológicos y que ofrezca un clima agradable para los ocupantes.
- b) Contribuir a la mejora del clima exterior aportando un aire más sano para los metabolismos biológicos y la gestión de los gases de efecto invernadero como recursos.

Ejemplo: a) La calidad del aire puede mejorar si se integran materiales C2C en los productos, como los marcos de las ventanas, suelos, materiales de las paredes, sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, revestimientos de paredes y suelos, plantas de interior y paredes cubiertas de vegetación, mobiliario, equipamiento de oficina e inhibidores de moho. b) La gestión del carbono activo se logra con vegetación y energía renovable. Los gases que provocan el cambio climático, como el metano y el CO₂, son recursos que pueden servir para producir biomasa. En apartados posteriores, se dará más información sobre la energía y el CO₂.

Mejorar la calidad del agua

Mejorar la calidad del agua con respecto a la proveniente del exterior para que resulte más sana para los metabolismos biológicos.

Ejemplo. Se puede mejorar la calidad del agua integrando sistemas de reciclaje de agua con reciclaje de nutrientes, captación y almacenamiento del agua de lluvia, plantas de interior y paredes cubiertas de vegetación. Se puede consultar también el apartado «Integrar nutrientes biológicos».

3.3. Principio C2C. Utilizar la radiación solar incidente

Integrar la energía renovable

Integrar la energía renovable (insumo gravitatorio y solar incidente) en los edificios y emplazamientos para que generen más energía de la que usan. Utilizar la exergía⁴ para lograr la eficiencia energética.

Ejemplos: Aprovechar el rendimiento energético para introducir energía renovable en lugar de reducir el consumo de combustible fósil, por ejemplo, los LED altamente eficientes y combinados con corriente directa procedente de células fotovoltaicas. Véase «Energía en un Edificio C2C».

⁴ Técnicamente, la exergía se define como la máxima cantidad de trabajo que puede extraerse teóricamente de un sistema y su entorno. Definida de otra forma, la exergía es la porción de energía que puede ser transformada en trabajo mecánico; la parte restante, sin utilidad práctica, recibe el nombre de energía o entropía. El análisis exergético es una herramienta muy poderosa para optimizar la eficiencia de procesos y sistemas. Esto lleva a un menor consumo de recursos y a una menor emisión de contaminantes al ambiente.

3.4. Principio C2C.

Celebrar la diversidad

Apoyar activamente la biodiversidad

Integrar una diversidad de especies medible para que el área pueda mantener más diversidad que antes de su construcción.

Ejemplos: La diversidad de especies se aplica a plantas, animales e insectos y se mide contando el número y variedades que puede mantener un edificio. El concepto de especies «naturales» o «autóctonas» debe evaluarse en cada caso porque, en muchas regiones, el entorno natural ha sido transformado por el hombre y podría resultar inviable devolverlo a su estado «natural» anterior.

Celebrar la diversidad conceptual con innovación

La diversidad conceptual puede demostrarse de forma medible si nos centramos en características beneficiosas especiales de un edificio e integramos componentes innovadores que son beneficiosos para el bienestar de sus ocupantes y para el medio ambiente.

Ejemplo: La diversidad conceptual puede cuantificarse midiendo cómo aumentan las innovaciones; la variedad y predominio de los materiales definidos por C2C de un edificio, el porcentaje de energía utilizada que es renovable según las definiciones de C2C, y la cantidad de aire, agua, tierra vegetal y biodiversidad beneficiosos y que se aportan al medio ambiente exterior. La perspectiva «Edificios como árboles» es un enfoque innovador de C2C orientativo. Parte de esto puede lograrse mediante el *biomimetismo*, por ejemplo, con revestimientos que metabolizan contaminantes. La *Integración de sistemas*, que combina

tales mejoras, también puede considerarse como una innovación C2C.

3.5. Criterios de valor para los 'stakeholders'

Estos criterios han sido ideados para garantizar que el concepto C2C aporte valor y beneficios a los *stakeholders* en lugar de beneficiar únicamente a la población o el entorno general. Es esencial beneficiar a las partes interesadas para que el concepto C2C resulte práctico tanto para propietarios como para trabajadores y ocupantes del edificio.

Añadir valor y mejorar la calidad para las partes interesadas

Describir qué aportan en la práctica las características C2C de un edificio a los usuarios.

Ejemplo: Un aire interior más limpio aumenta la productividad. El reciclaje del agua reduce las tarifas del agua. La fotovoltaica integrada en el edificio puede ser menos costosa que otros revestimientos y además proporciona seguridad energética en regiones donde el suministro energético es irregular. El diseño para desmontar sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado permite una sustitución poco costosa durante la vida útil del edificio. La iluminación natural reduce los costes energéticos.

Mejorar el bienestar y el disfrute de las partes interesadas

El disfrute forma parte de un edificio C2C porque el concepto C2C no conoce la fealdad ni la ausencia del propio disfrute. Al implementar cada uno de los criterios básicos, el edificio C2C aumenta el disfrute al

mejorar el bienestar de sus ocupantes. Las características espaciales y estéticas, que son menos cuantificables, también aumentan el bienestar y favorecen la diversidad demostrando lo bien que un edificio puede atender a las necesidades de las diversas partes interesadas.

Ejemplos: Reservar áreas seguras para los niños. Crear áreas de reunión accesibles. Proporcionar fácil acceso al exterior y al aire libre.

4. CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN⁵

La importancia de la integración. Las herramientas descritas aquí sirven para mejorar y acelerar la implementación de los criterios C2C básicos. Algunas de estas herramientas se utilizan en otros sistemas de edificios y no suelen ser exclusivas del concepto C2C. Lo que las convierte en C2C exclusivamente es su integración más que ningún otro factor.

4.1. Hacer un inventario

Saber lo que ya se tiene. Antes de realizar una obra de construcción o restauración, se recomienda hacer un inventario con las partes interesadas para determinar qué características C2C ya están presentes

⁵ *Descargo de responsabilidad:* Estos criterios han sido diseñados como herramienta básica para que los planificadores, arquitectos y otros profesionales de la construcción apliquen el concepto *Cradle to Cradle*® en el medio ambiente construido, especialmente en los edificios y en los materiales y productos que se utilizan para aquellos. Los criterios pueden utilizarse como directrices de planificación y como especificaciones pero no está previsto su uso como tales especificaciones. Es importante que los profesionales de la construcción determinen las características técnicas y las restricciones reguladoras asociadas a cada emplazamiento de obra antes de aplicar estos criterios.

y qué desean conservar los *stakeholders*, especialmente en el caso de las rehabilitaciones.

4.2. Integración

Integrar innovaciones financieras

Para maximizar los beneficios C2C, se pueden aplicar innovaciones financieras que integren los gastos de explotación y de capital.

Ejemplos: coste total de la financiación de la propiedad, acuerdos de compra de energía y de «energía a la red»; y conceptos de servicio para productos.

Integrar asociaciones de innovación

Asociarse con organizaciones que cuenten con experiencia en C2C, creando especialmente asociaciones de la cadena de suministro. Para aumentar la innovación, conviene mejorar ejemplos que ya existen en el mercado. Así, se evita «reinventar la rueda».

Ejemplos: Muchas empresas ya han desarrollado productos C2C en el medio ambiente construido, desde revestimientos a alfombras, aislamiento, mobiliario y materiales estructurales.

Integrar a diversos contratistas con experiencia en C2C

El promotor recurre a los contratistas y proveedores que emplean métodos y materiales C2C.

Ejemplos: Algunas empresas de ingeniería y estudios de arquitectura reciben formación en C2C. Algunas empresas ya proporcionan productos definidos por C2C.

Hay expertos en materiales C2C disponibles.

Integrar sistemas y herramientas de aplicación

Cada uno de los criterios descritos aquí puede cumplirse con mayor eficacia si se integran sistemas, componentes y herramientas de aplicación C2C. El nivel de integración de sistemas puede determinar el éxito del concepto C2C en un edificio.

Ejemplos de integración de sistemas: Mejorar la calidad de la biodiversidad, el aire y el agua, integrar los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado con revestimientos definidos por C2C, mobiliario, revestimientos de suelos y paredes, y plantas que metabolizan los contaminantes.

Ejemplos de herramientas de aplicación C2C (por orden alfabético);

- *Cualidades activamente beneficiosas*, por ejemplo, revestimientos que limpian el aire.
- *Reciclaje de productos determinados*. Consiste en desarrollar una clasificación, desmontaje y reciclaje especializados de materiales de alta calidad cuya recuperación independiente resulta más rentable que si fueran mezclados con otros flujos de materiales. Esto también permite el sobre-reciclaje de materiales.
- *Vías de utilización definidas*. Estas describen el uso de materiales desde el abastecimiento a la fabricación, utilización, eliminación y reutilización, reciclaje o descomposición.
- *Periodos de uso definidos*. Muchos criterios «verdes» requieren que los productos sean «duraderos» a fin de

que su vida sea lo más larga posible. Sin embargo, esta perspectiva es contraproducente porque, cuando los productos duran más de lo óptimamente útil, sobreviven a tecnologías obsoletas, reducen los beneficios de los usuarios y generan pérdidas innecesarias de ingresos para el negocio. El enfoque «duradero» también puede dificultar la recuperación de materiales. Debido a esto, el concepto C2C hace hincapié en diseñar materiales o componentes según el periodo de uso previsto del producto para promover la recuperación práctica de materiales y así puedan ser utilizados en nuevos productos.

- *Diseño para montaje, desmontaje y logística de reciclaje.*
- *Agrupación de materiales.* Esto ocurre cuando varias industrias desarrollan un conjunto de materiales definidos para lograr una economía de escala, flexibilidad comercial y una mejor calidad.
- *Listas de componentes preferidos (Listas P)* Estas son listas de componentes definidos positivamente y que han sido diseñados para utilizarse en materiales según su uso definido en las trayectorias de la Biosfera o la Tecnosfera.

4.3. Integrar diversos usos con características que aplican criterios C2C

Para maximizar la eficiencia, el edificio y su ubicación ofrecen diversos usos funcionales y, al mismo tiempo, aportan energía y favorecen la biodiversidad y son beneficiosos para el clima, el agua y el aire.

Ejemplos de integración: integrar usos funcionales como el ocio, compras, restaurantes, fabricación y diseño modular con características C2C como la limpieza del aire y el agua y la producción de energía.

Integrar la luz natural con una suave luz artificial

Si resulta factible para el «uso previsto» del edificio, la luz natural se pone a disposición del máximo número de ocupantes y se integra con la luz artificial para ofrecer una calidad lumínica uniforme.

Ejemplo: tragaluces, transmisión de luz del día mediante fibra óptica, colocar los espacios de trabajo cerca de las ventanas. Respecto a la luz artificial .se pueden diseñar soluciones lumínicas innovadoras. Por ejemplo, sensores para adaptar la iluminación artificial a los cambios de la luz natural, o una iluminación interior indirecta que no deslumbre. También se puede utilizar iluminación exterior de espectro verde en las rutas migratorias.

4.4. Integrar la movilidad sana con la energía renovable

Promover el uso de radiación solar incidente para la movilidad en el transporte a, desde y dentro del área.

Ejemplos. Colaborar con fabricantes de vehículos para aplicar criterios C2C en el diseño para el desmontaje y en el uso de materiales que mejoren la calidad del aire interior del vehículo en aquellos dedicados al servicio del edificio. Proporcionar estaciones de carga de energía solar para los vehículos eléctricos.

Proteger a los ocupantes de riesgos medioambientales

- a) El edificio protege de forma palpable a los ocupantes frente a elementos adversos comunes tales como la contaminación acústica, amenazas biológicas como el moho y las plagas, precipitaciones y contaminación exterior.
- b) El edificio puede adaptarse a condiciones naturales extremas empleando tecnologías innovadoras para proteger a los ocupantes frente a situaciones extremas como terremotos, tornados, huracanes, tormentas de arena, inundaciones, calor, frío y radiaciones.

Tener en cuenta las opiniones estéticas de los stakeholders

Brindar a los ocupantes del edificio y a quienes lo contemplan la oportunidad de juzgar su belleza y atractivo para el disfrute. Para ello, tiene que involucrar a todos estos en el proceso de diseño.

Ejemplos. Aunque la estética resulta difícil de cuantificar, el hecho de implicar a las partes interesadas en el proceso puede realizarse mediante consultas, creando páginas Web interactivas y creando un espacio físico de participación donde los *stakeholders* puedan ver los planos del edificio.

5. ENERGÍA EN UN EDIFICIO C2C

Los edificios son los principales usuarios de energía y se están convirtiendo también en generadores de energía. Los criterios de edificación más convencionales se centran en reducir la cantidad de energía utilizada por un edificio. Sin embargo, el concepto «Cradle to Cradle» consiste en maximizar la

cantidad de energía que puede producir un edificio y, al mismo tiempo, en aprovechar la eficiencia para favorecer la introducción de energías renovables en lugar de limitarse a reducir el uso de energías no renovables.

Los criterios de edificación más convencionales en materia de energía pasan por alto los materiales. La energía es generada por los materiales. La generación y distribución de energía, los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado y los gases que propician el cambio climático provienen de materiales pero los modelos de edificación tradicionales no tienen en cuenta en qué consisten estos materiales, cómo afectan a los ocupantes y cómo pueden reciclarse.

La teoría «Cradle to Cradle» considera la energía básicamente como una cuestión de recursos materiales más que una cuestión de energía propiamente dicha. Esto introduce nuevas perspectivas como la integración de superficies de edificación en la generación y uso de energía. *Ejemplo.* Algunos edificios ahorran en gastos de inversión en energía integrando tejas fotovoltaicas en el exterior de los edificios. De esta manera, se mejora el tiempo de retorno energético porque las tejas solares sustituyen a las tejas normales.

5.1. Definición de energía C2C

La energía «Cradle to Cradle» (C2C) es la energía generada y aplicada eficientemente, empleando insumos gravitatorios o radiación solar incidente y medios materiales que se definen como nutrientes biológicos o técnicos. La valoración cualitativa y cuantitativa de la definición se realiza conjuntamente aplicando los siguientes criterios:

1. Fuentes de energía. Utilizar insumo gravitatorio o radiación solar incidente u otras fuentes de C2C definidas. Entre los ejemplos principales de uso, conversión y almacenamiento de radiación solar incidente se incluyen la luz natural, energía solar térmica, energía fotovoltaica, fotosíntesis, energía fotoquímica, energía de las olas y energía eólica, almacenamiento de masa térmica e intercambio de calor. Entre los usos solares secundarios, destacan la respiración, la energía derivada de la biomasa actualmente renovable a partir de compostaje, biodigestión, termólisis, hidrotermólisis, pirólisis, gasificación y pilas de combustible. Ejemplos de insumo gravitatorio: energía cinética derivada de la inercia o el peso; por ejemplo, descender por vías navegables.
2. Medios materiales. Para generar, convertir y utilizar energía, utilice materiales que contengan en cada fase nutrientes biológicos o técnicos definidos.
3. Eficiencia energética. Genere y utilice energía de forma eficiente, empleando la exergía para medir la eficiencia

5.2. Edificios y CO₂

Desde la perspectiva C2C, el dióxido de carbono es un recurso. Sorprendentemente, muchos métodos utilizados para calcular la «huella de carbono» de los edificios no contemplan el uso beneficioso del carbono por parte de la vegetación, por ejemplo.

Tradicionalmente, se ha puesto y se sigue poniendo énfasis en el gran impacto negativo de los edificios, que emiten CO₂ a la atmósfera. Sin embargo, desde la perspectiva C2C, el CO₂ es un recurso químico que forma parte de los procesos biológicos y bioquímicos. Si los edificios integran dichos procesos y se convierten en productores netos de energía renovable y en usuarios de materiales renovables, serán participantes beneficiosos del ciclo del CO₂, de forma similar a como ocurre con los árboles.

Ejemplos. La biodigestión, la producción de tierra vegetal para crear zonas verdes, los techos y paredes verdes y los depósitos de algas que utilizan el CO₂ como alimento, y la conversión térmica solar son más eficientes que muchas tecnologías de calentamiento de agua. Estos elementos pueden integrarse para desarrollar una huella de CO₂ beneficiosa.