

LAS HUELLAS DE LO QUE
CONSTRUIMOS

MADelyn MARRERO MELÉnDEZ

Departamento de Expresión Gráfica e Ingeniería en la Edificación
Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

LAS HUELLAS DE LO QUE CONSTRUIMOS

Lección inaugural leída en la Apertura
del Curso Académico 2021-2022
en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.
Universidad de Sevilla



Escuela Técnica Superior de
Ingeniería de Edificación



Sevilla 2021

Colección: Textos Institucionales
Núm.: 101

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin permiso escrito de la Editorial Universidad de Sevilla.

© EDITORIAL UNIVERSIDAD DE SEVILLA 2021
Porvenir, 27 - 41013 Sevilla
Tfnos.: 954 487 447; 954 487 451; Fax: 954 487 443
Correo electrónico: eus4@us.es
Web: <<https://editorial.us.es>>

© MADELYN MARRERO MELÉNDEZ 2021

Impreso en papel ecológico
Impreso en España-Printed in Spain

ISBN: 978-84-472-2243-8

Depósito Legal: SE 1443-2021

Maquetación: ed-Libros. Fernando Fernández

Impresión: Pinelo. artes gráficas. Sevilla

Señor Rector Magnífico de la Universidad de Sevilla,

*Señora Directora de la Escuela Técnica Superior
de Ingeniería de Edificación de la Universidad de Sevilla,*

*Señor Presidente del Consejo General
de la Arquitectura Técnica de España,*

*Señor Presidente del Consejo Andaluz
de Colegios Oficiales de Aparejadores, Arquitectos Técnicos
e Ingenieros de Edificación,*

Autoridades Académicas,

Profesorado,

Personal de Administración y Servicios,

Alumnos,

Señoras y Señores

ÍNDICE

<i>CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE</i>	13
<i>INDICADORES AMBIENTALES</i>	17
<i>TRES DIMENSIONES</i>	21
<i>MATERIALES</i>	27
<i>ENERGÍA</i>	31
<i>AGUA</i>	37
<i>RESIDUOS</i>	41
<i>ENSEÑAR SOSTENIBILIDAD</i>	45
<i>EL CAMBIO</i>	49
<i>REFERENCIAS</i>	51

*“Lo que no se define no se puede medir.
Lo que no se mide, no se puede mejorar.
Lo que no se mejora, se degrada siempre”.*

William Thomson, Lord Kelvin

En toda actividad humana dejamos huellas, algunas superficiales pero otras profundas y difíciles de recuperar. Es indudable que nuestro sector de la construcción marca de las segundas. Además, son prolongadas en el tiempo, ya que los edificios se construyen para perdurar y tampoco son estáticas, sino dependientes de sus interacciones con el entorno y los usuarios. Hoy les hablaré de las huellas medioambientales de las edificaciones, o dicho de otro modo, de sus consumos de recursos directos e indirectos y de la generación de emisiones y residuos a lo largo de su ciclo de vida. La determinación de estas nos permitirá cuantificar de forma objetiva los impactos presentes y predecir los futuros, para poder mejorar desde la concepción de los proyectos y su construcción, y así reducir u optimizar sus consumos. Como objetivo, debemos poder convertir en sostenible un sector que no tiene por qué no serlo. Por ello, es también necesaria una evaluación holística del sistema y definir la influencia del entorno construido en sus tres dimensiones: ambiental, económica y social.

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

En primer lugar, es necesario delimitar lo que implica la sostenibilidad en la edificación. Podemos partir de la definición que hace el World Wildlife Fund (WWF) en 1993, que empleó el término *construcción sostenible* refiriéndolo no solo a los edificios propiamente dichos, sino también a su entorno y la manera en que estas estructuras se comportan para formar las ciudades. Desde esta perspectiva, la construcción no es solo un asunto de edificios y espacio construido, sino que comprende el conjunto de agentes, actuaciones y transformaciones que determinan la manera en que el fenómeno de la construcción respeta o incumple los principios y criterios del desarrollo sostenible (WWF, 1993).

Se debe entender la sostenibilidad en sus tres dimensiones: social, económica y ambiental. Es evidente el impacto que tiene en la sociedad el sector de la construcción. Por ejemplo, a través del uso directo de los edificios (CTE, 2006), o de forma indirecta a través de la creación de empleo, de la innovación en la producción de materiales y productos o en la mejora de la salud y calidad de vida de los ciudadanos (EHE, 2008). También el impacto económico del sector ha sido definido y controlado como objetivo principal en el desarrollo de las sociedades y a través del control

de proyectos mediante estructuras estandarizadas (Marrero and Ramírez-De-Arellano, 2010).

La edificación y otros factores intervinientes en la construcción de la ciudad tienen también notables impactos ambientales en cuanto a consumo de recursos naturales, agua y energía o emisión de gases de efecto invernadero; de ahí la necesidad de considerar la dimensión ambiental como clave en un enfoque de construcción sostenible. Se estima que la construcción es responsable del consumo de más del 40% de los recursos naturales, entre ellos de una parte significativa del consumo de madera y agua en el mundo, y del 30% de la energía, a la vez que produce más de un 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero (CGE_2020/50, 2010).

Para poder analizar y posteriormente reducir u optimizar el consumo de recursos en la edificación, se evalúan por separado las distintas etapas del ciclo de vida del edificio (ISO_14040:2006, 2006), (ver figura 1), que puede ir desde la “cuna a la tumba”, cuando los residuos no son recuperables, o en el caso de un edificio o parte de este se recicle o reutilice, se cierra el ciclo y este caso se conoce como de la “cuna a la cuna” (McDonough and Braungart, 2002).

Además de reducir el impacto ambiental de los materiales de construcción y su gestión al final de su vida como residuos, es también importante reducir el impacto directo del uso de los edificios a través del ahorro de agua y energía. Por ello la formación en el campo de la construcción sostenible abarca amplios conocimientos sobre instalaciones, envolvente del edificio o materiales innovadores que, por ejemplo, mejoren la durabilidad o faciliten el mantenimiento, reduzcan la demanda de agua o el consumo de energía. Estas ideas se evalúan a través de las herramientas

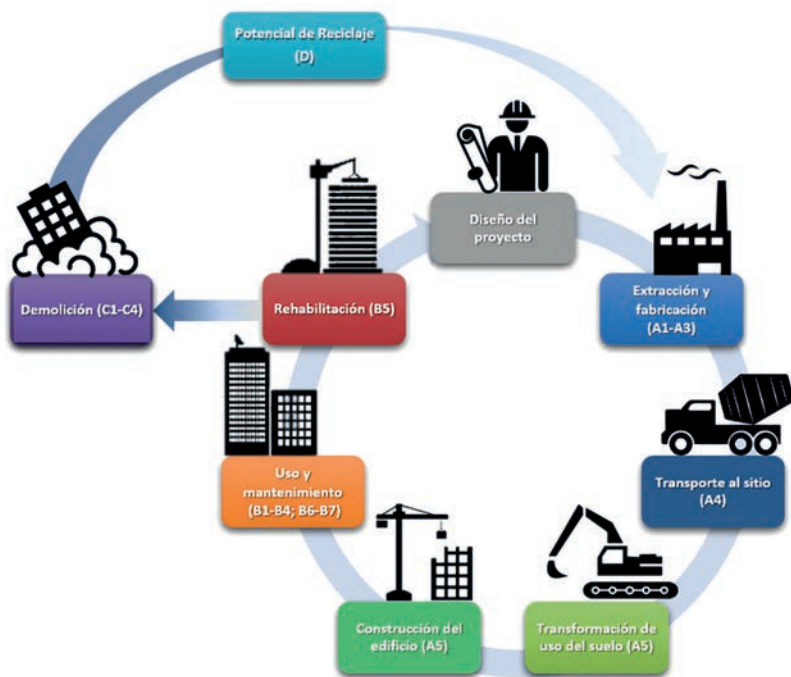


Figura 1. Ciclo de vida de los materiales de construcción por etapas en la ISO 14040 (Rivero Camacho, 2020).

disponibles como la simulación energética por ordenador, la evaluación ambiental de proyectos, el análisis de datos del ciclo de vida de los materiales (ACV), el eco-etiquetado o declaraciones ambientales de productos (DAP), el análisis de residuos de construcción y demolición (RCD), etc.

INDICADORES AMBIENTALES

Aunque es posible aplicar diversas metodologías para evaluar los impactos del sector de la construcción, como el análisis de emergía (Meillaud *et al.*, 2005) y el análisis de flujo de materiales (Sinivuori and Saari, 2006), actualmente hay una tendencia a usar metodologías más simples para que la sociedad pueda entenderlas con facilidad y con ello potenciar su transferencia (Cagio *et al.*, 2011). Dentro de estas metodologías destacan la conocida huella de carbono (HC), que permite cuantificar la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos directa o indirectamente por una actividad, proceso o producto. Su estrecha relación con los objetivos del Protocolo de Kioto (Kyoto Protocol, 1998), junto con su facilidad de aplicación en la toma de decisiones y políticas ambientales (Bare *et al.*, 2000), han sido claves para el éxito del indicador.

En cuanto al análisis del agua, el concepto de huella hídrica (HH), desarrollado por Hoekstra (Hoekstra, 2003), se formuló como indicador del agua consumida de forma directa e indirecta en cualquier proceso productivo, basándose en el concepto de agua virtual propuesto por Allan en 1993. Su desarrollo y estandarización se produjo a raíz de la publicación de *La metodología estándar de cálculo* (Hoekstra *et al.*, 2009) y el *Manual de la evaluación de la*

huella hídrica (Hoekstra *et al.*, 2011), y difundido por la organización Water Footprint Network (WFN). El valor del indicador como herramienta en la toma de decisiones está principalmente reconocido en sectores productivos como el agrícola y el pecuario; sin embargo, ha resultado válido en la evaluación del espacio construido (Ruiz Pérez, 2020).

Otro indicador perteneciente a la familia de las huellas es la huella ecológica (HE), que fue introducida por Mathis Wackernagel, quien midió la huella de la humanidad y la comparó con la capacidad de carga del planeta. De acuerdo con su definición, representa la extensión de tierra necesaria para suministrar los recursos (cereales, pienso, leña, pescado y terreno urbano) y absorber las emisiones (CO₂) de la sociedad mundial (Wackernagel and Rees, 1997).

Según la metodología de cálculo de la HE, la premisa es que todos los consumos, materiales y energéticos, y la absorción de residuos tienen su expresión correspondiente en territorio productivo, pues requieren de este para su producción o eliminación. Desde el punto de vista de la relación de la edificación con el territorio donde se ubica, la HE es capaz de definir, de forma empírica y visual, el grado de impacto de la edificación sobre el territorio (Díaz Reyes *et al.*, 2007). La metodología que se aplica actualmente viene fijada por el organismo internacional GFN (Global Footprint Network, 2014).

Para evaluar específicamente los edificios se han definido modelos de cálculo de las huellas en toda su vida útil, empleando herramientas de análisis de ciclo de vida (ACV) (Solís-Guzmán *et al.*, 2013); también se han evaluado el agua virtual (Marrero *et al.*, 2020b) y el consumo de agua directa en jardines (Ruiz-Pérez *et al.*, 2019). Los trabajos han permitido definir herramientas de cálculo

replicadas en otros países, entre ellos Chile (González-Vallejo *et al.*, 2019), Rumanía (González-Vallejo *et al.*, 2020), Italia (Martínez-Rocamora *et al.*, 2017) y Portugal (Rivero Camacho *et al.*, 2018; Alba-Rodríguez *et al.*, 2021). Los modelos permiten la comparación de tecnología convencional frente a soluciones eco-sostenibles. Para ello se evalúan casos de estudio en cada país según un escenario inicial con tecnología convencional al que se le realiza un análisis económico-ambiental, frente a un escenario final donde se ha intervenido para introducir soluciones más eficientes.

TRES DIMENSIONES

Para el análisis de la sostenibilidad del sistema, además de la dimensión ambiental se deben considerar las otras dos, económica y social. El modelo resultante debe permitir evaluar qué sistemas deben ser incorporados por su menor impacto económico, mejora social (horas de trabajador, formación, prevención, etc.) y ambiental (energético e hídrico), y de qué manera mejorar los sistemas ya existentes. Este análisis, junto a la evaluación técnica, permite una toma de decisiones que incluye aspectos sociales y económicos a lo largo de la vida útil de los edificios.

De aquí se extrae que las tres dimensiones deben estar en equilibrio (ver figura 2) o, dicho de otro modo, las prácticas deben ser económicamente rentables, pero también social y ambientalmente responsables, apuntar al crecimiento económico, sin dejar de lado el cuidado de las personas y su ambiente.

La sostenibilidad ambiental, a través del uso eficiente y racional de los recursos naturales, mejora el bienestar de las sociedades actuales sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Esto implica tener en cuenta los límites de renovación de los recursos, los ciclos de la naturaleza, y lograr un equilibrio entre el sistema y el medio. Con la adaptación e incorporación de los indicadores, se logra la cuantificación de los impactos producidos por los sistemas,



Figura 2. Dimensiones del desarrollo sostenible de los sistemas urbanos. Proyecto Banco de Huellas.

lo que permite conocer en cuánto se está reduciendo el impacto con la incorporación de soluciones más eficientes, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático.

La sostenibilidad social apunta a alcanzar la equidad y la justicia social, promoviendo la participación de las sociedades en la generación y distribución de riqueza. Por ejemplo, en el estudio del impacto social de las actuaciones en edificación se deben tener presentes los impactos en los usuarios del edificio; de especial interés es el caso de intervenciones de emergencia (Alba-Rodríguez *et al.*, 2017; Ferreira-Sánchez *et al.*, 2019), (ver figura 3). También, debido al carácter eminentemente técnico de las actuaciones sobre las infraestructuras y sistemas urbanos, se considera crucial la

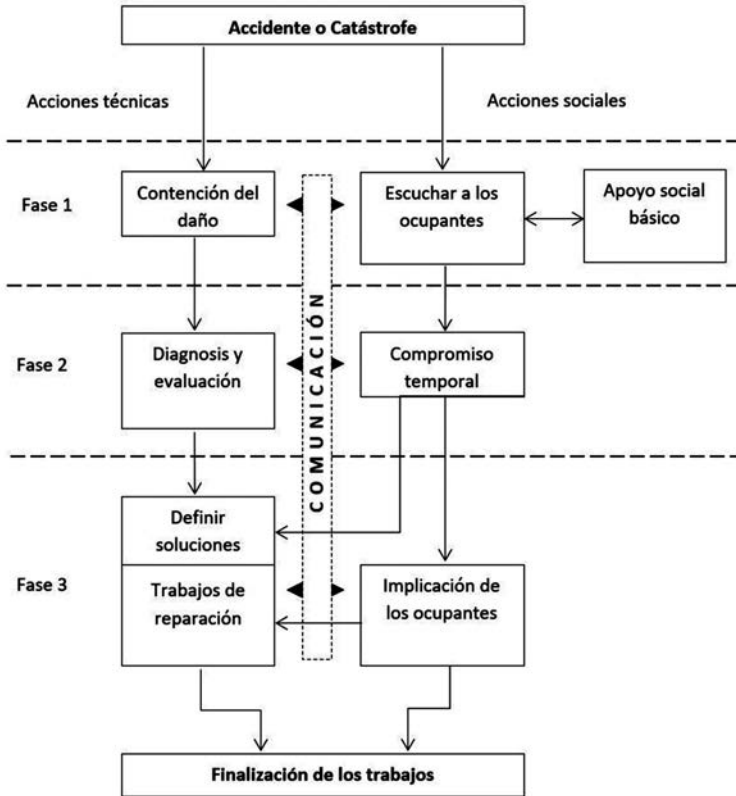


Figura 3. Gestión de obras de recuperación, tándem técnico y social (Ferreira-Sánchez et al., 2019).

integración de la prevención de riesgos para el diseño de nuevos métodos de producción seguros y saludables.

Una propuesta innovadora es emplear el control económico de los proyectos, siempre presente, como instrumento de mejora ambiental y social. Para ello, partiendo específicamente de las

cantidades de recursos cuantificados en los presupuestos de obra, se miden los impactos referidos a los materiales de construcción, identificando de forma clara los elementos que controlan los impactos. También los presupuestos incluyen detalladamente la mano de obra y su cualificación, además de las medidas de seguridad y salud, permitiendo definir referencias y baremos. El modelo resultante puede analizar todas las dimensiones del desarrollo sostenible simultáneamente, evaluando qué sistemas deben ser incorporados por su menor impacto económico, mejora social (horas de trabajador y su seguridad y salud) y ambiental (energético e hídrico), y de qué manera mejorar los sistemas ya existentes (figura 4).

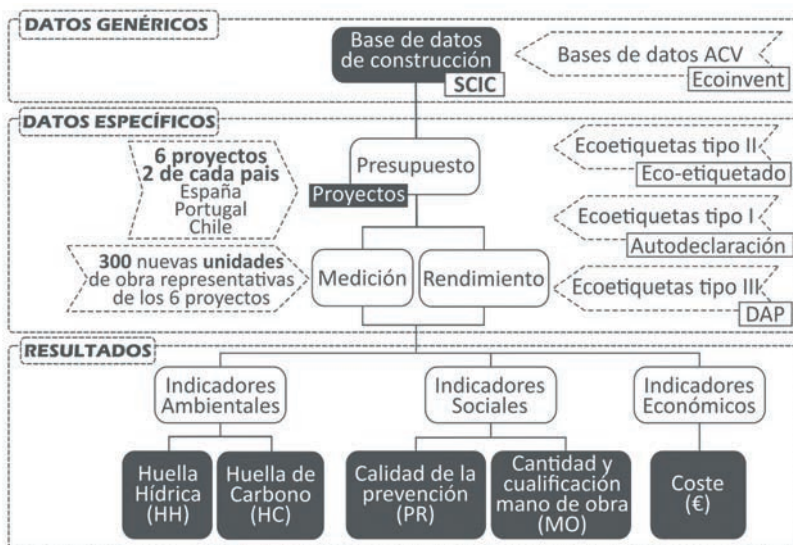


Figura 4. Esquema para el análisis de las fuentes de impacto directo e indirecto en el proyecto Banco de Huellas.

El nexo de la prevención de riesgos con el entorno natural pretende conciliar los aspectos más técnicos referidos a la definición de las soluciones y alternativas planteadas, con los aspectos ambientales, al igual que se ha introducido a nivel normativo en el ámbito de los elementos estructurales a través de la instrucción de hormigón estructural (EHE-08), en cuyo anejo 13 se incorpora un Índice de Contribución de la Estructura a la Sostenibilidad (ICES). Para ello, se integran indicadores sociales relacionados con la prevención de riesgos, como la adopción de medidas voluntarias adicionales.

En la figura 5 se representan los elementos de las edificaciones que son fuente de impacto directo o indirecto. El directo se refiere

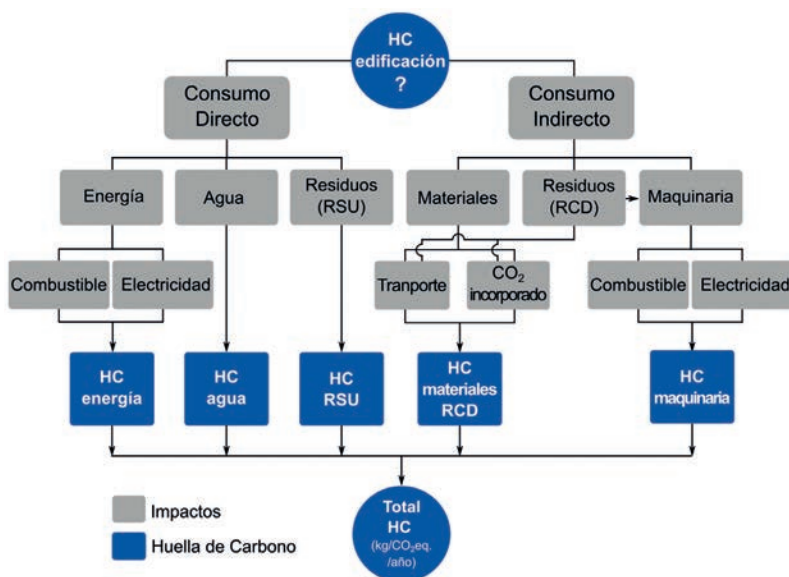


Figura 5. Diagrama de las fuentes de impacto del edificio (RSU para residuos sólidos urbanos y RCD para los residuos de construcción y demolición).

al uso del edificio, mientras que el indirecto lo hace a la construcción y su mantenimiento, a través del consumo de la maquinaria y materiales de construcción, así como a la generación de residuos.

En el caso de las fuentes de impacto se pueden agrupar en tres grandes bloques: (i) materiales y soluciones constructivas, (ii) consumo de agua y energía, y (iii) gestión de residuos, que se desarrollan a continuación.