

Análisis de la reciclabilidad como herramienta hacia una arquitectura sostenible.

Herramienta de análisis y evaluación con fines de reducir,
reutilizar y reciclar en el ámbito arquitectónico.

Trabajo de fin de Máster.

Autor: Karla Nayeli Martínez Mesa.

Director: Dr. Adrián Muros Alcojor.

UNIVERSIDAD POLITÈCNICA DE CATALUNYA (UPC)

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (ETSAB)

Máster Universitario en Estudios Avanzados en Arquitectura (MbArch)

Línea de Especialidad: Innovación Tecnológica en Arquitectura (ITA)

Barcelona, España. Octubre, 2023



Al director del MBArch y de esta tesis Adrián Muros, por su apoyo, entendimiento y sabia orientación en la elaboración de este trabajo.

A todos los profesores y profesionales involucrados en esta etapa de estudio, por compartir todo su conocimiento y apoyar y motivar mi crecimiento como profesional.

A la Arq. Lizeth Rodríguez por su ayuda y conocimiento esencial para el desarrollo de este TFM.

A mis padres y familiares, que, a pesar de la distancia, siempre los siento cerca, gracias a su amor y apoyo incondicional.

A mi esposo, por haber vivido este trayecto codo a codo conmigo, por su compañía, cuidado, paciencia y apoyo a lo largo de este proceso lleno de emociones.

ÍNDICE

| | |
|--|-------|
| Resumen..... | 6 |
| Abstract..... | 7 |
| Introducción: | |
| 1 1.1 Objetivo general..... | 11 |
| 1.2 Objetivos específicos..... | 11 |
| 1.3 Delimitación del estudio..... | 11 |
| 1.4 Metodología..... | 12 |
| El concepto de reciclar y su impacto en la arquitectura: | |
| 2 2.1 Reciclar..... | 14 |
| 2.2 Reciclar en la arquitectura..... | 15-16 |
| 2.3 Economía circular (Cradle to cradle)..... | 16-17 |
| Estrategias para el reciclaje: | |
| 3 3.1 Diseño para la deconstrucción..... | 20-21 |
| 3.2 Ciclo de vida de los materiales..... | 22-00 |
| 3.3 La jerarquía del reciclaje..... | 24-25 |
| 3.4 Capas que conforman el edificio..... | 26 |
| Certificaciones en el ámbito arquitectónico: | |
| 4 4.1 BREEAM..... | 28-31 |
| 4.2 LEED..... | 32-34 |
| 4.3 DGNB..... | 35-38 |
| 4.4 WELL..... | 39-44 |
| 4.5 Certificaciones de materiales..... | 44-46 |
| Indicadores y normativas de sostenibilidad en la arquitectura: | |
| 5 5.1 Programa 21..... | 48 |
| 5.2 Declaración de río..... | 49 |
| 5.3 ISO 14040..... | 49-50 |
| 5.4 Protocolo de Kioto..... | 50-51 |
| 5.5 Acuerdo de París..... | 51-52 |
| 5.6 Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)..... | 53 |
| 5.7 El pacto Verde..... | 53-55 |
| 5.8 Estrategia Española de economía circular..... | 55-56 |
| 5.9 Level(S)..... | 56-58 |
| Herramienta de las 3Rs: | |
| 6 6.1 Herramienta..... | 60 |
| 6.2 Factores..... | 60 |
| 6.3 Indicadores..... | 60-61 |
| 6.4 Formato de herramienta..... | 62-64 |

7

| | |
|----------------------------|---------|
| Casos de estudio: | |
| 7.1 Pabellón natural | 68-70 |
| 7.2 C.K- Choi | 71-73 |
| 7.3 Casa Collage | 74-77 |
| 7.4 Villa Welpeloo | 78-83 |
| 7.5 D(Mountable)..... | 85-90 |
| 7.6 Sócrates | 91-96 |
| 7.7 Casa Upcycle | 97-101 |
| 7.8 Casa Cork..... | 102-106 |

8

| | |
|---------------------------|---------|
| Ejecución de herramienta: | |
| 8.1 Resultados..... | 109-115 |
| 8.2 Conclusiones..... | 116 |

| | |
|------------------------------|---------|
| Bibliografía | 117-123 |
| Índices complementarios..... | 124-127 |
| Anexo | 128-135 |

RESUMEN

Hoy en día, el mayor reto para nosotros como arquitectos, es erradicar el daño que estamos haciendo al medio ambiente, producto de la forma en la que ejecutamos y convertimos en realidad esas ideas y proyectos que en un inicio plasmamos en papel, pero que, en su transición a la realidad, se vuelven uno de los principales culpables de la crisis ambiental de nuestro planeta, debido en gran parte, a la cantidad de residuos que genera.

A medida que esta problemática fue surgiendo y ha ido en aumento, se han creado diferentes estrategias para revertir esta situación, desde congresos y asambleas de información sobre la situación, hasta normativas, metodologías de análisis, certificaciones, entre otros. Los cuales hoy en día se hacen presentes en el reconocimiento de ciertos edificios y materiales, donde han logrado evaluar desde la composición y procedencia de los materiales, hasta el funcionamiento y fin de vida del edificio y sus componentes, buscando siempre la sostenibilidad dentro de la arquitectura, pero la realidad es que la mayoría de los efectos o causas de estas estrategias dentro del sector, serán comprobados en años o hasta décadas. Por lo que ahora mismo realmente son un ideal de la arquitectura sostenible.

Quizá la versión más inmediata de una arquitectura sostenible sea la reciclabilidad o reutilización de los materiales y elementos que conforman un edificio, incluso el edificio mismo, teniendo como resultado la reducción o inexistencia de residuos.

Motivada por la inquietud sobre el camino que estamos siguiendo en búsqueda de una arquitectura sostenible surge este TFM, enfocado en el análisis del concepto de reciclabilidad y su evolución a través de los años dentro del ámbito de la arquitectura, así como las diferentes estrategias, normativas y certificaciones que han surgido hasta nuestros días, teniendo como meta la arquitectura sostenible.

Por lo que, como producto de una gran reflexión y con el fin de contribuir hacia una arquitectura consciente, capaz de replantear las rutas de acción frente al cambio climático, surge la herramienta de las 3Rs, la cual se sustenta en ideas, principios y metodologías de variedad de fuentes investigadas, por lo que se considera un complemento a este conjunto de estrategias hacia la realidad de una arquitectura sostenible.

ABSTRACT

Today, the biggest challenge for us as architects is to eradicate the damage we are doing to the environment, as a result of the way in which we execute and turn into reality those ideas and projects that we initially put on paper, but that, in their transition to reality, become one of the main culprits of the environmental crisis of our planet, due in large part to the amount of waste it generates.

As this problem has arisen and has been increasing, different strategies have been created to act against it, from congresses and information assemblies on the situation, to regulations, analysis methodologies, certifications, among others. Which today are present in the recognition of certain buildings and materials, where they have managed to evaluate from the composition and origin of the materials, to the operation and end of life of the building and its components, always looking for sustainability in architecture, but the reality is that most of the effects or causes of these strategies within the sector, will be proven in years or even decades. So right now they really are an ideal of sustainable architecture.

Perhaps the most immediate version of sustainable architecture is the recyclability or reusability of materials and elements that make up a building, even the building itself, resulting in the reduction or non-existence of waste.

Motivated by the concern about the path we are following in search of a sustainable architecture, this TFM arises, focused on the analysis of the concept of recyclability and its evolution over the years within the field of architecture, as well as the different strategies, regulations and certifications that have emerged until today, with the goal of sustainable architecture.

Therefore, as a product of a great reflection and in order to contribute to a conscious architecture, capable of rethinking the routes of action against climate change, the tool of the 3Rs arises, which is based on ideas, principles and methodologies from a variety of researched sources, so it is considered a complement to this set of strategies towards the reality of a sustainable architecture.

Remontándonos a la aparición de la industrialización, ésta trajo consigo un consumismo descontrolado e inconsciente, convirtiéndose en un círculo vicioso que hoy en día es uno de los principales factores de la generación de residuos, con el paso de los años hemos ido contribuyendo y viviendo la decadencia de un planeta que es casi irreconocible, haciendo parte de nuestra realidad una de las mayores crisis ambientales.

De acuerdo al informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) sobre la situación mundial de los edificios y la construcción, en el año 2021 este sector fue responsable del 37% de las emisiones globales de CO2, debido a la energía consumida para la extracción de materia prima, la fabricación de materiales y la propia construcción de las edificaciones, sumando a esto la generación de residuos que se da a lo largo de todos estos procesos.

Con el fin de contextualizar la situación respecto a la generación y tratamiento de los residuos, se muestran a continuación las estadísticas realizadas en el periodo de 2004 a 2020 por la Oficina Europea de Estadística (Eurostat), de acuerdo con el Reglamento (CE) n°2150/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre estadísticas de residuos. (Eurostat,2023)

El total de residuos generados por actividades económicas y hogares en la UE fue de 2.135 millones de toneladas o 4.815kg per cápita, a continuación, se muestra un gráfico con las diferentes actividades.

Generación de residuos por actividades económicas y hogares.

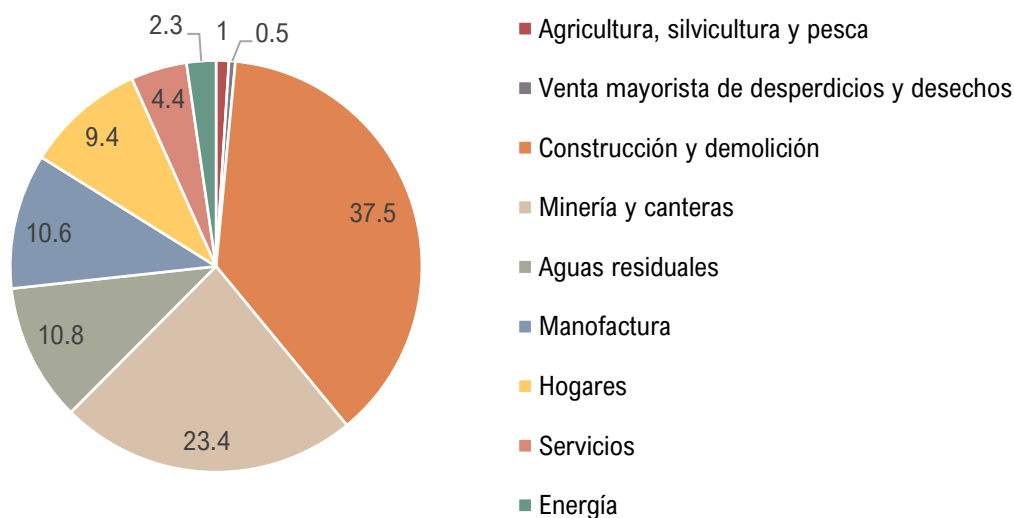


Figura 01. Generación de residuos por actividades económicas y hogares (Eurostat, 2020) (Gráfico de elaboración propia).

Como podemos identificar en la gráfica, los residuos producto de la construcción y demolición (RCD) representan el mayor porcentaje siendo el 37.5% del total, por lo que la reflexión, además de ser desde una conciencia ecológica, política y social, debe ser por parte de nosotros, los arquitectos, buscar alternativas que permitan cerrar el ciclo de vida de los materiales y en conjunto de los edificios, planteando como objetivo principal, frenar la explotación de los recursos naturales, es decir, dejar de utilizar materiales vírgenes y optar por la reducción, reutilización y reciclado de los recursos, buscar las alternativas menos agresivas para el medio ambiente, con el fin de crear arquitectura realmente sostenible.(Maccarini,2011)

Otro aspecto a analizar es el tratamiento que se le da a estos residuos, en esta segunda gráfica se muestran los distintos tratamientos, identificando que la mayoría de estos (44.8%) se depositan en vertederos, incinerándose sin recuperación de energía y mediante otros métodos.

Tratamiento de residuos.

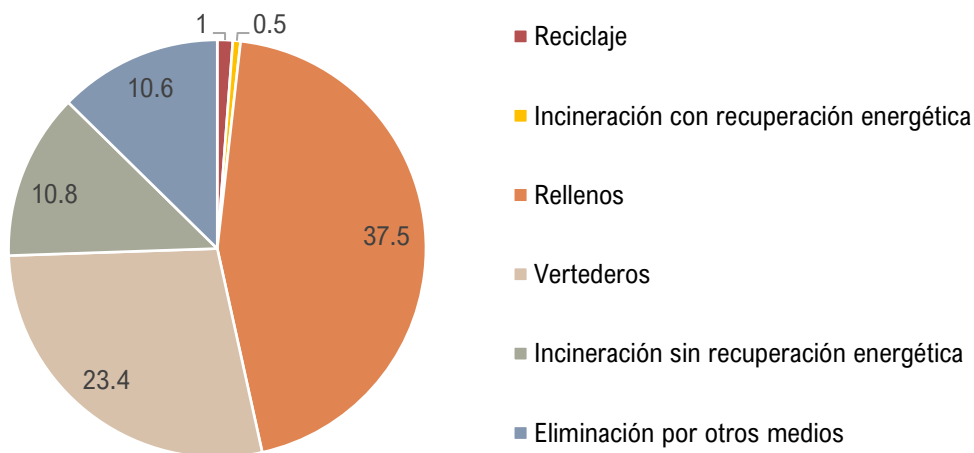


Figura 02. Tratamiento de residuos (Eurostat, 2020) (Gráfico de elaboración propia).

En un principio, con el fin de tener un orden sobre los residuos, se crearon diferentes estrategias de clasificación, tratamiento y eliminación, como son los vertederos y la incineración de residuos, entre otras. Sin embargo, hoy en día es preocupante la extensión de tierra que es ocupada por vertederos, que claramente nuestro planeta es incapaz de procesar, así como los altos contaminantes atmosféricos que genera la eliminación de residuos mediante la incineración.

Estos son solo algunos datos que evidencian el daño que estamos haciendo al medio ambiente. Cabe mencionar que a través de los años han ido surgiendo variedad de iniciativas, normativas, indicadores y movimientos, mediante los cuales se ha vuelto un requisito replantearnos la forma en la que proyectamos, consumimos y valoramos los recursos, esto nos ha hecho regresar en el tiempo y darnos cuenta que la solución más inmediata se ha ejecutado desde nuestros antepasados, en la forma en la que reciclaban la arquitectura, aprovechando los recursos que ya pertenecían al entorno urbano y dándoles una nueva vida, hoy en día como evolución de este pensamiento debemos adelantarnos a esta aparición de recursos producto del fin de vida de las edificaciones y pensar y proyectar la arquitectura como una fuente de recursos fácilmente reutilizable, y que al estar diseñada con este objetivo, permita mediante su sistema constructivo la reutilización de sus elementos como nuevos recursos, cumpliendo con el concepto de economía circular, logrando tener múltiples vidas, reduciendo la cantidad de residuos y empleando la reciclabilidad y reutilización, con el fin de evitar desechos, estrategias que permitan respirar a este planeta que manifiesta la necesidad de hacer conciencia.

Con el fin de analizar la evolución de estas preocupaciones y acciones dentro del ámbito de la arquitectura y las distintas estrategias y herramientas que han surgido hasta nuestros días en búsqueda de lograr la sostenibilidad en la construcción, surge este TFM a continuación se muestran los objetivos, alcances y metodología.

1.1 Objetivo general

Analizar el concepto de reciclabilidad y su evolución a través de los años dentro del ámbito de la arquitectura, así como las diferentes estrategias, normativas y metodologías que han ido surgiendo a raíz de la búsqueda de la sostenibilidad en la construcción, con el fin de reflexionar sobre el valor que le estamos dando a la nueva arquitectura y si ésta realmente cumplirá con lo que promete hoy en día, y de qué manera podemos contribuir hacia una arquitectura consciente capaz de replantear o complementar las rutas de acción frente al cambio climático.

1.2 Objetivos específicos

- Desarrollar una investigación bibliográfica e histórica del concepto reciclar desde diferentes ámbitos que nos permitan entender el reciclaje en la arquitectura, incluyendo a esto, los distintos indicadores y normativas actuales que toman en cuenta la sostenibilidad en el ámbito de la construcción, así como las diferentes estrategias y factores existentes para lograr el reciclaje en la arquitectura.
- Realizar un estudio de casos que permita analizar la facilidad o complejidad del camino hacia la sostenibilidad, enfocado en temas de reducción, reutilización y reciclabilidad de elementos, componentes y partes de la edificación.
- Concretar y reflexionar mediante el análisis de datos obtenidos, si tenemos las herramientas necesarias para vender una arquitectura sostenible, mediante el cumplimiento de qué parámetros y a través de qué estrategias.

1.3 Delimitación de estudio

El desarrollo de este TFM se limita a una búsqueda bibliográfica relacionada al concepto de reciclabilidad dentro de la arquitectura, así como de las distintas herramientas y normativas que han surgido a través de los años, concretando con el análisis de 8 casos de edificaciones diseñadas y construidas con base en la sostenibilidad, mediante la herramienta de las 3Rs creada como un paso más dentro del análisis hacia la ejecución de arquitectura consciente, identificando los puntos fuertes y débiles de una edificación respecto a las 3 erres (Reducir, Reutilizar y Reciclar) contribuyendo al cumplimiento de las normativas y certificaciones actuales, siendo capaz de complementar el análisis de ciclo de vida de un edificio e incluso funcionar como un elemento corrector para las acciones de hoy en día. Esta se centra en edificios de tipo residencial y de oficinas, basándose en lo comúnmente evaluado por las herramientas existentes, con el fin de obtener los datos necesarios para la ejecución de la herramienta, los cuales en algunos casos son meramente deducidos de datos encontrados en las fuentes bibliográficas, ya que la principal aportación de este trabajo de fin de master es la creación de la herramienta de las 3Rs como innovación al proceso de análisis de la arquitectura hacia la economía circular, entre otras cuestiones.

Sin embargo, esta podría ser explorada de diferentes maneras, ya sea como herramienta de análisis comparativo, como se muestra en este TFM o como metodología para una evaluación individual o incluso ser adaptada para aplicarla a otro tipo de arquitectura, desde edificios con diferentes usos a los estudiados en este trabajo, hasta desarrollos urbanos o intervenciones arquitectónicas de otro tipo.

1.4 Metodología

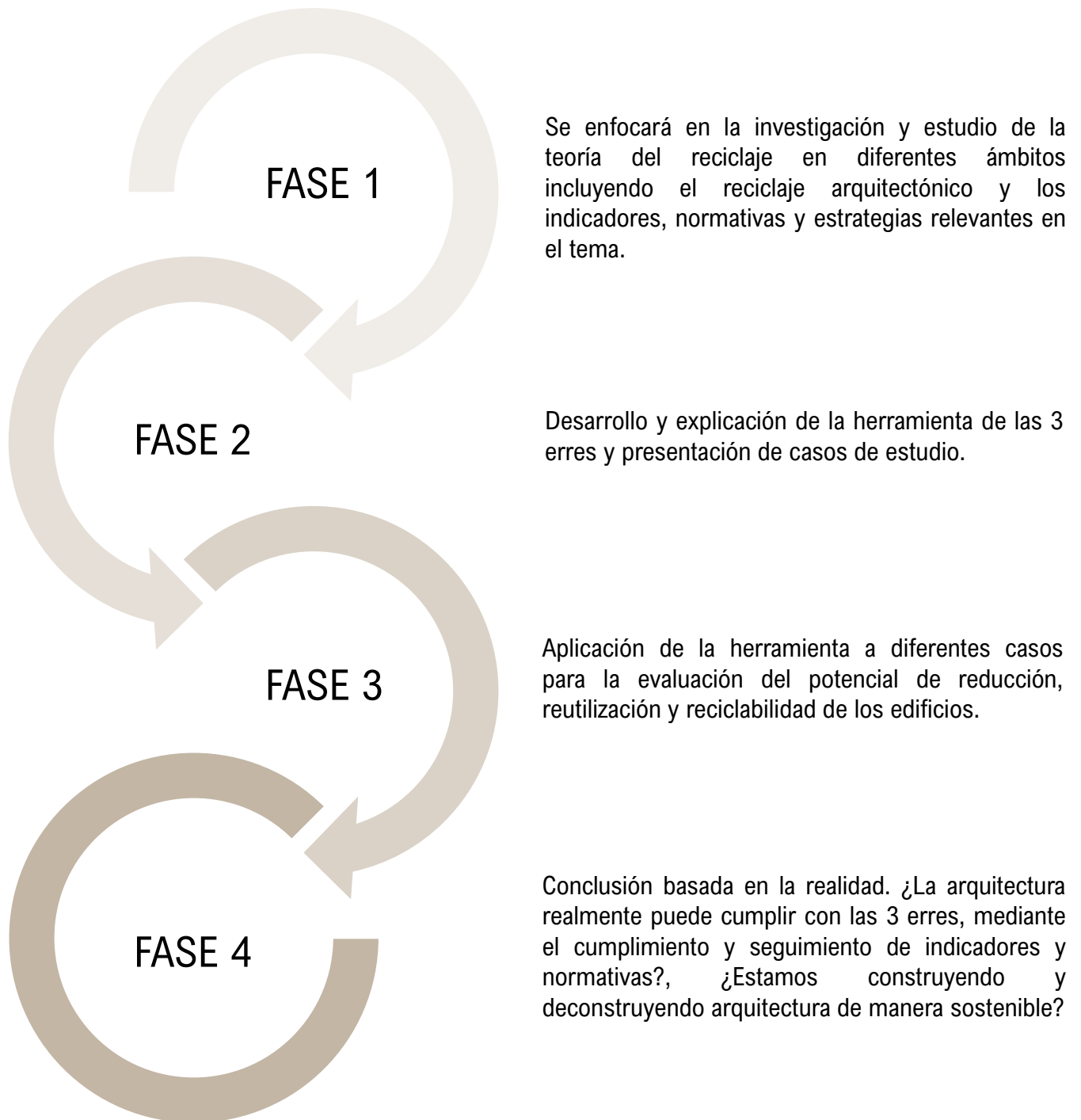


Figura 03. Diagrama de Fases de la Metodología (Gráfico de elaboración propia).

2.1 Reciclar

Partiendo de un punto de vista general, de acuerdo con la definición de la Real academia española, reciclar es “Someter un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar”. El origen de este término se remota a principios del siglo XX, sin embargo, no fue incluido en el diccionario hasta el año 1971.

El concepto de reciclar en el ámbito ecologista, lo podemos encontrar dentro de la terna de las 3 erres, planteada por la organización ecologista Greenpeace, con el objetivo de promover hábitos de “consumo responsable” enfocando siempre sus objetivos en “atraer la atención pública hacia los problemas globales del medio ambiente e impulsar las soluciones necesarias para tener un futuro verde y en paz.”(Navarro,2016) Teniendo como estrategias, reducir (Disminuir la cantidad de residuos que generamos), reutilizar (Alargar la vida del producto cumpliendo su misma función) y reciclar (Dar una nueva vida, utilizando el residuo como materia prima y generando un nuevo producto). Sin embargo, debido a que el consumo y producción de mercancías y productos siguió aumentando de manera descontrolada y por ende la cantidad de desechos, que representan un peligro para el medio ambiente y salud de las personas, se fueron agregando “R” hasta formar las 6 erres, donde se propone repensar sobre nuestras necesidades básicas analizando nuestros hábitos y formas de vivir, reestructurar el sistema económico, con el fin de enfocarnos en el bienestar de la gente, incluyendo los costes sociales y ambientales, por ultimo redistribuir logrando la equidad en la distribución de recursos del planeta.

Adentrándonos en el ámbito de interés, este concepto también lo vemos presente en la arquitectura, donde en ocasiones parecería ser algo nuevo, sin embargo, el reciclaje lo podemos identificar a lo largo de la historia de la arquitectura, por ejemplo, los griegos y Romanos, que utilizaban partes de los templos en desuso como porciones de los materiales que constituían sus nuevas propuestas espaciales (Marston,1990). Incluso sin necesidad de retroceder tanto en el tiempo, en varias casonas del centro histórico de la ciudad de México, podemos identificar preciosos tesoros arquitectónicos, producto de la reciclabilidad del patrimonio destruido en la conquista por los españoles.



Figura 04. Logo greenpeace (Oiga estudio, 2019).

Regla de las 3 erres

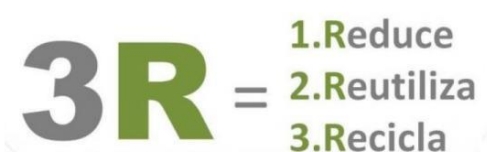


Figura 05. Regla de las 3 erres planteada por Greenpeace (Carla Borrás, 2020).



Figura 06. Las 6 erres (María Cacheda, 2014).

2.2 Reciclar en la arquitectura

Regresando a la definición genérica del concepto “reciclar”, pensándolo en el ámbito arquitectónico, se traduciría a someter un edificio usado a algún proceso que le permita tener una segunda vida, lo que puede implicar acciones como renovación, reforma, rehabilitación o restauración, sin embargo, cabe aclarar que la acción de reciclar siempre tendrá como objetivo final la reutilización y no la restauración misma, ya que comúnmente suelen confundirse estos dos conceptos.

Basándose en esta filosofía, en 1866 surgen las primeras ideas donde el arquitecto Viollet-le-Duc ya consideraba necesario que, mediante la visión y justificación del nuevo arquitecto, fuera posible adjudicar a los edificios deteriorados un nuevo uso. Posteriormente a mediados del siglo XIX considerando el aumento de interés por el cuidado y preservación del patrimonio histórico de las ciudades, Viollet-le-Duc junto con el arquitecto Ruskin, empiezan a compartir sus reflexiones sobre la restauración arquitectónica, siendo así este término el antecesor de lo que hoy en día se conoce como reciclaje arquitectónico.

“Reciclar va más allá de rehabilitar y contempla tanto la componente social, al volver a utilizar la arquitectura existente mejorando las condiciones, manteniendo o cambiando su uso, como la componente medioambiental, cultural y económica.

Tanto restaurar como rehabilitar y reciclar suponen dar un nuevo ciclo de vida a lo existente, pero a diferencia de los otros dos, el reciclaje representa un compromiso con el medio ambiente y por tanto hablaremos de reciclaje arquitectónico como herramienta de uso sostenible de los recursos que nos ayude a recobrar el sentido de la medida y a recuperar una huella ecológica sostenible.” (Navarro,2016)



Figura 07. Caixa fórum Madrid, antigua Central Eléctrica del Mediodía (Factoría 5, 2021).

El reciclaje en la arquitectura plantea la experimentación en la composición original de las edificaciones, de manera que se logre repensar la forma en la que estamos proyectando el hábitat social. De acuerdo con la definición de “Patrimonio Mundial Cultural y Natural” dictada por la ONU en la conferencia de 1972, en la que se contemplan los bienes culturales y naturales del mundo, incluyendo dentro de los culturales, todo lo fabricado por el hombre. Hoy en día, siendo conscientes del deterioro ambiental que acosa al planeta y la amenaza que existe hacia los valiosos bienes culturales, es evidente que, como humanidad, hemos pasado por alto esta íntima relación, teniendo como resultado un ciclo de contaminación sin fin.

Analizando esta relación entre reciclaje, medio ambiente y arquitectura, es posible identificar dos corrientes arquitectónicas que los integran. Por un lado, aquellas que a la hora de proyectar toman en cuenta el cuidado del medio ambiente, considerando aspectos como la ubicación, orientación del terreno, sistema constructivo, que se interesa por minimizar los costos mediante la utilización de materiales locales o reutilización de materiales producto de desechos de otras edificaciones o industrias, incluyendo también el aprovechamiento de los recursos naturales no renovables como fuentes de energía para el consumo del mismo edificio, entre otras cuestiones.

Por otro lado, se encuentran otras que plantean conservar el patrimonio cultural edificado interviniendo en el mismo, con el fin de adaptarlos a los requerimientos y necesidades de hoy en día.

La reciclabilidad en la arquitectura es de suma importancia, ya que nos da la oportunidad de reflexionar y evolucionar la forma en la que proyectamos los espacios y su ejecución, pensando en la optimización de recursos, el impacto al medio ambiente y su relación con el entorno inmediato, lo que además de permitirnos alargar la vida útil de las edificaciones, contribuye al freno de crecimiento descontrolado que vemos en las ciudades actuales. Poniendo en duda la forma en que generamos ciudad que es cada vez más insostenible, incluyendo a esto, el fenómeno identificado por Reiner Pliz en 1994 como infraciclaje, que se refiere a que al reciclar un material que ha terminado su vida útil, producimos otro de peor calidad. “Este proceso, en muchos casos resulta económicamente y medio ambientalmente negativo, tanto por el consumo de energía como por el uso de productos contaminantes, al forzar al material a entrar en más ciclos de vida para los que fue diseñado” (Elisa Valero, 2014), lo que dificulta su reutilización y termina siendo un residuo más que contribuye a la contaminación.

A partir de esta oportunidad y re-planteando la forma en la que manejamos los recursos, podríamos crear nuevas metodologías de diseño que contemplen los factores que finalizan la vida útil de los elementos, con el fin de integrar en esta, la idea de una segunda vida.

2.3 Economía Circular (Cradle to cradle)

De esta ideología nace el concepto “Cradle to cradle” (de la cuna a la cuna) planteado en el año 2002 por el arquitecto William McDonough y el químico Michael Braungart, como respuesta al concepto creado en 1970 “Cradle to Grave” que hacía referencia al análisis del ciclo de vida de los productos, desde la obtención de la materia prima, hasta el fin de su vida útil, con el objetivo de gestionar los residuos en lugares específicos. Por el contrario, en el libro “Cradle to cradle”, donde también se popularizó el concepto de infraciclaje, se plantea que los residuos dejen de existir, ya que considera el reciclaje como parte esencial en el proceso de creación de todo lo que nos rodea, integrando esto en dos ciclos, el biológico que hace referencia a todos los productos que contienen nutrientes y materias biodegradables, que se pueden reintegrar a la naturaleza en cuanto finalizan su vida útil. Y, por otro lado, el ciclo tecnológico que abarcaría todos los servicios que involucran elementos de esta índole, que al final de su vida útil deberán tener la capacidad de ser desmontados y reintegrados al ciclo de producción las veces que sea necesario.

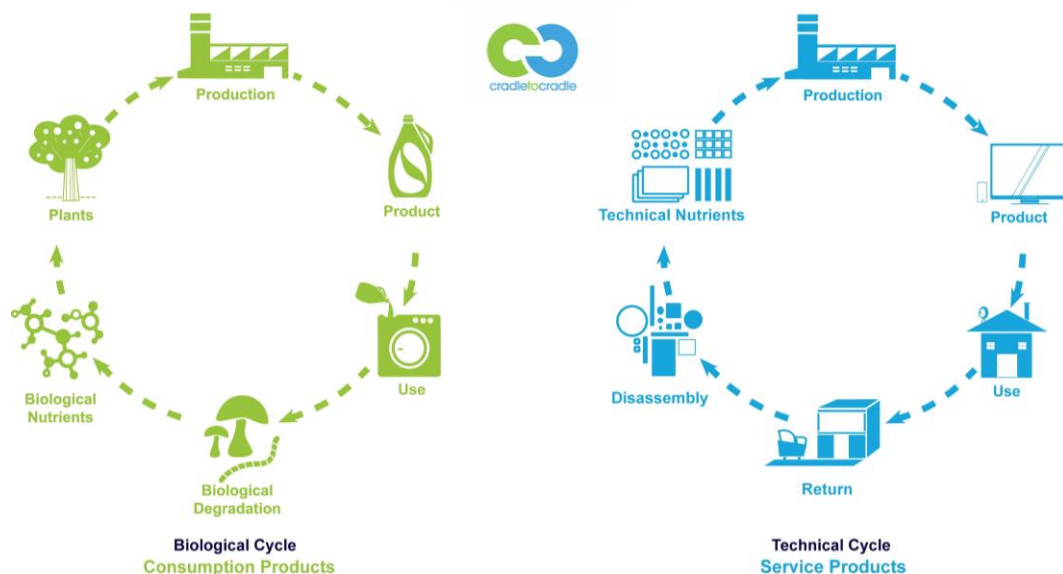


Figura 08. Ciclo biológico y tecnológico (c2cplatform, 2021).

Por lo que, de acuerdo con esta perspectiva, es claro que debemos modificar la forma en la que construimos, ya que en la actualidad se extraen los recursos, se transforman, se utilizan y se desechan, esta parte final del proceso podría evitarse por medio de una arquitectura que, desde su origen, cumpla con las ideas rectoras del reciclaje, como el aprovechamiento de los recursos y el ahorro energético y económico.

Adaptándonos a esta mentalidad, podríamos eliminar el concepto de residuo, dando origen dentro de la arquitectura, al término de economía circular sobre el que se basa la filosofía “cradle to cradle” éste implica “separar la actividad económica del consumo de recursos finitos y eliminar los residuos del sistema desde el diseño, haciendo uso de fuentes renovables de energía.”

(Ellen MacArthur Foundation, 2023)

En el año 2005 se creó la certificación “cradle to cradle”, que mediante una evaluación que contempla la salud del material, el grado de reutilización de los materiales, el uso de energías renovables durante su fabricación, la gestión del agua y la equidad social reconoce a los productos innovadores que, al cumplir con la economía circular, se consideran sostenibles. Estos pueden ser clasificados en cinco niveles: Básico, Bronce, Plata, Oro y Platino, con el fin de motivar a la mejora del producto a lo largo del tiempo.

En la actualidad, existen variedad de lineamientos y fundaciones que se enfocan en garantizar la aplicación de la economía circular en empresas de diferentes ámbitos, en cuanto a la construcción adaptando este concepto, estaríamos hablando de una “Arquitectura circular”, la cual está teniendo un fuerte desarrollo en el continente europeo principalmente en los países del norte.

Esta filosofía ha sido adoptada por organizaciones tanto públicas como privadas, que han generado planes de desarrollo, normativas y métodos de evaluación enfocados en la sostenibilidad de edificios, incluyendo en esto el reciclaje.



Certificado Cradle to Cradle



Salud del material

Selección de materiales y químicos seguros y saludables



Reutilización de materiales

Elimine el concepto de desperdicio y diseño para una reutilización continua



Energías renovables

Potencie las operaciones con energías limpias y renovables



Gestión del agua

Proteja y administre el agua como un recurso valioso



Equidad social

Apoye y celebre los mecanismos humanos y naturales

Figura 09. Puntos de control de la certificación Cradle to Cradle (Aleix Rosell, 2018).



Figura 10. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que aborda Cradle to Cradle (CSR STAFF, 2022).

Como se mencionó anteriormente el reciclaje en la arquitectura se ha visto presente a lo largo de la historia, por lo que también podemos identificar las diferentes estrategias y métodos que fueron utilizados y los que han ido surgiendo hasta nuestros días.

En un principio las estrategias con mayor relación al reciclaje en la arquitectura, se centraban en adaptar y mejorar las edificaciones de acuerdo con las nuevas necesidades, cambiando los usos o configuraciones del espacio, pero conservando su estructura existente, otra estrategia que vemos presente desde siglos pasados es la vivida por el Coliseo Romano, que después de cumplir variedad de usos, parte de sus elementos como piedras y columnas tuvieron un segundo uso, formando parte de edificios de viviendas, entre otros cercanos a la zona. Este tipo de tácticas han sido comúnmente usadas sobre todo en edificios que han quedado prácticamente en ruinas.

Hoy en día podemos ver presentes estas dos estrategias, identificando la manera en que se han ido desarrollando y evolucionando para facilitar su ejecución.

Sin duda una parte fundamental de la evolución de estas estrategias fue la introducción a la prefabricación de elementos, lo que permite la independencia de cada una de las partes del edificio, facilitando su flexibilidad y suponiendo un gran ahorro de tiempo, economía y energía.

Uno de los antecesores al sistema de arquitectura prefabricada es la estructura planteada por el arquitecto Le Corbusier "Casa Domino", donde al igual que la teoría de los soportes, se rige de la idea de una planta arquitectónica libre y adaptable mediante una estructura rítmica y regular, lo que sin duda da pie al reciclaje de la misma. Así como esta aportación, Le Corbusier continuó impulsando grandes avances en la arquitectura, convirtiéndose en uno de los máximos representantes del movimiento moderno, el determinó cinco puntos de una arquitectura nueva, de los cuales podemos identificar 2 que son altamente relacionados con la idea de la flexibilidad que posibilita el reciclaje de la arquitectura, que es la planta libre y la fachada libre, cuestiones que en su momento seguramente no fueron pensadas en dar pie a la reciclabilidad, sin embargo lo lleva implícito.



Figura 11. Ampliación del museo Moritzburg por Nieto Sobejano Arquitectos (Amy Frearson, 2011).

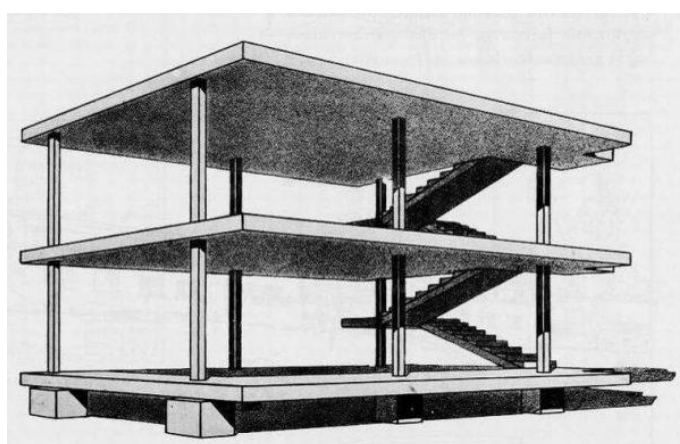


Figura 12. Casa Domino (Arqhys Arquitectura, 2023).

Siguiendo con esta filosofía de espacios flexibles, Louis I. Kahn marca uno de los principios más significativos, separando los espacios entre servidos y sirvientes, lo que permite identificar la concentración de ciertos espacios inamovibles, dejando al resto una libertad compositiva. Relacionado con estos términos, aparecen los soportes y unidades separables de N. John Habraken donde se identifican como soportes todos los elementos que constan de un papel común o público dentro del funcionamiento de la edificación. Por otro lado, las unidades separables, que como su nombre lo dice cuentan con una mayor independencia, teniendo flexibilidad en su composición y uso.

La variedad de conceptos y desarrollos enfocados en la flexibilidad y la creación de espacios dependientes o independientes, a lo largo de los años, evidenciaron el posible reciclaje en el ámbito de la construcción. Siguiendo el término de espacios sirvientes, es claro que, para lograr una eficiente reciclabilidad de los elementos de una edificación, las instalaciones, por ejemplo, deben concentrarse en elementos que permitan fácil reparación y bajo mantenimiento, con el fin de evitar instalaciones que para su reparación dependan de una ejecución de obra. La extensión de la vida útil al reciclar este tipo de elementos nos permitirá ahorrar recursos y generar menos desechos, teniendo en cuenta la construcción con materiales de bajo mantenimiento, edificaciones flexibles, proyectadas bajo criterios bioclimáticos que nos permitan reducir la cantidad de materiales involucrados.

También es prudente resaltar la importancia de la construcción industrializada, ya que una de las principales barreras para el reciclaje dentro de este ámbito, es la dificultad de la correcta separación de elementos constructivos. Cuestión por la que la construcción industrializada se considera sostenible, ya que consta de piezas ensambladas estratégicamente para su futuro reciclaje, reduciendo así el impacto ambiental.

Hoy en día los sistemas constructivos basados en series, módulos y repeticiones de elementos, empleando la industria de la prefabricación y métodos de construcción en seco cuentan con mayor potencial de reciclaje arquitectónico, permitiendo la separación de sus partes casi por completo.

3.1 Diseño para la deconstrucción

Sin duda, la evolución de todos estos conceptos e ideas, nos conducen como arquitectos a diseñar conscientemente, pensando en la futura independencia de los elementos que conforman un edificio, desde la propia concepción del proyecto. Con el fin de que el mismo termine siendo un proveedor de materiales, espacios o elementos, de esta reflexión nacen estrategias como el “Design for disassembly” (Dfd) planteada por el profesor Philip Crowther en 1999, que tiene como idea rectora la reducción del impacto negativo de la construcción sobre el medio ambiente, enfocándose en el cierre del ciclo de vida de los materiales, prestando especial atención en la gestión de los residuos producidos en la demolición o desmontaje de un edificio, basándose en los siguientes puntos.

- Utilización de materiales reciclables y reciclados.
- Disminución de varios tipos de materiales.
- Evitar materiales peligrosos y tóxicos.
- Evitar los materiales, componentes y sistemas que no permitan su desmontaje.
- Evitar los acabados secundarios en cada material.
- Uso mínimo de piezas que se consideren desgastables.
- Uso de conexiones mecánicas reemplazando las químicas.
- Uso de sistemas de construcción abiertos donde las piezas puedan ser intercambiables sin la necesidad de afectar a otros sistemas.

- Utilización de un diseño modular y rejillas estructurales estándar.
- Uso de tecnologías compatibles con las prácticas de construcción estándar
- Separación entre estructura, envolvente, interiores y servicios.
- Acceso a todas las piezas de un edificio con sus respectivos componentes.
- Uso de componentes y sistemas modulados para ser adaptados a los medios de montaje en todas las etapas.
- Establecer tolerancias para permitir el movimiento de los elementos en cuanto se realice el desmontaje.
- Minimizar la utilización de varios tipos de conectores.
- Diseño de juntas y conectores para que puedan soportar el montaje-desmontaje de cada elemento.
- Establecer jerarquías para el desmontaje necesario con la vida útil esperada de cada elemento.
- Establecer códigos de identificación para cada elemento.

(Potencial de sostenibilidad y desmontaje en sistemas industrializados para minimizar los residuos en el sector de la construcción, John Pullutasi 2023)

A la vez se determinaron 8 principios para el cumplimiento del DFD.

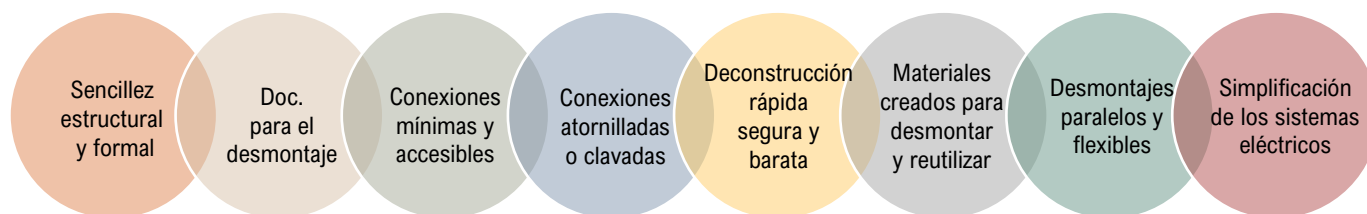


Figura 13. Principios para el DFD (Gráfico de elaboración propia, 2023).

Poniendo en primer lugar la **sencillez estructural y formal**, refiriéndose a la existencia de formas simples, con componentes de tamaños normalizados, en segundo lugar, se menciona la existencia de **una documentación para el desmontaje** con el fin de tener un manual donde se identifiquen los materiales empleados, conexiones y puntos de desmontaje, enfocándose en las **conexiones**, nace el tercer principio, que especifica que estas deben ser **accesibles** y se debe contar con la **mínima cantidad posible**, incluyendo en esto el cuarto punto donde se especifica que también deben ser de preferencia **atornilladas o clavadas**, para garantizar el quinto principio que es una **deconstrucción rápida, segura y barata**, donde se agrega la cuestión de utilizar materiales de bajo peso que puedan ser retirados mediante mano de obra humana o mecánica estándar de menor tamaño, reduciendo costes.

El sexto principio también se centra en los **materiales**, que estos sean **para el desmontaje**, aquellos que desde su fabricación hayan sido pensados en su reutilización, reduciendo también la cantidad de estos contribuyendo a la disminución de procesos de reciclaje. También se menciona en el séptimo principio que los **desmontajes** deben ser **paralelos**, es decir que la separación entre estructura y envolvente sea flexible que evite los métodos destructivos para su desmontaje.

Por último, en el octavo principio se indica que debe existir una **simplificación de los sistemas eléctricos**, haciendo referencia a los recorridos de esta instalación, reduciéndolos al máximo mediante el aprovechamiento de la iluminación y ventilación natural, minimizando el consumo de energía y mejorando el confort térmico.

Analizar un proyecto siguiendo estos ocho principios, nos permitiría discutir sobre la sostenibilidad ambiental de los materiales, técnicas y sistemas constructivos empleados. Sin embargo, para poder realizar este análisis también es preciso contar con los conocimientos del ciclo de vida de los materiales, la jerarquía del reciclaje y las capas que conforman el edificio.

3.2 Ciclo de vida de los materiales

Se denomina ciclo de vida al camino de un organismo y sus interacciones con el ambiente y su entorno, en el que de acuerdo con la naturaleza este nace, se desarrolla y muere. Relacionando esto a los materiales de construcción, su ciclo de vida se compone de la extracción de la materia prima, su transformación y tratamiento llegando a un producto final, el cual cumplirá determinada función y al finalizar ésta, se destina a un vertedero o se utiliza para la fabricación de nuevos productos. Algunos factores por los que un material deja de cumplir con su función son, cuestiones físicas, tecnológicas, económicas, de función o de normativa, entre otros, por otro lado, hay factores que no dependen de la capacidad del material, como cuando se trata de una demolición o deconstrucción.

Actualmente existe una metodología denominada Análisis del Ciclo de Vida (ACV), que de acuerdo con la normativa ISO 14040, permite cuantificar y conocer el impacto medioambiental de un material o elemento, de acuerdo con su interacción con el mismo a lo largo de su fabricación y uso. Las fases de una ACV propuestas por esta normativa se muestra en el gráfico a continuación:

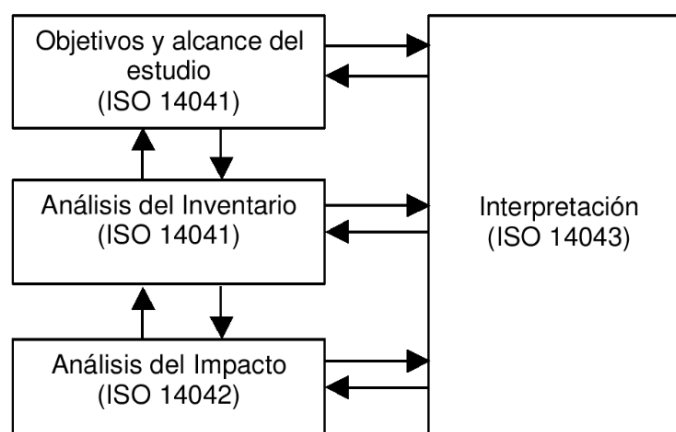


Figura 14. Fases de un ACV de acuerdo a ISO 14040 (Rieznik y Hernández, 2005).

Como se puede observar estas fases no necesariamente son secuenciales, al ser una metodología interactiva permite profundizar en el análisis mediante las diferentes interacciones entre sus fases, permitiendo:

- “Analizar el impacto energético, ecológico y medioambiental desde el punto de vista del beneficio social y económico.
- Configurarse como un instrumento de interconexión entre el proyecto y la elección de materiales, la construcción, el uso, mantenimiento y la desconstrucción.
- La introducción del concepto de durabilidad, desde una perspectiva global, teniendo en cuenta los distintos impactos y ciclos de reciclaje.

A partir del ACV se analizan los impactos ambientales de cada fase del ciclo de vida del edificio, calculando indicadores como la cantidad de energía consumida, los Kg de emisión de CO₂, el volumen de agua consumido, la toxicidad al medioambiente, etc.

(París, Oriol y Caballero Antoni, 2016)

La normativa ISO/TS 21931-1:2006 (2006) hace referencia a la importancia del conocimiento del ciclo de vida de los materiales a la hora de evaluar el comportamiento medioambiental de una edificación, ya que los impactos de la construcción sobre el medio ambiente no dependen del todo de los materiales, si no de cómo son utilizados, los requerimientos para su mantenimiento, la vida útil y su transporte. Por lo que la selección de materiales o sistemas constructivos debe estar completamente ligada al ACV (López-Mesa y col., 2009). Normalmente como arquitectos, elegimos los materiales en base a sus propiedades mecánicas y formales, más que por sus características ambientales, para esto debemos tomar en cuenta que existen diferentes ciclos de vida, de acuerdo con su origen y su utilización en la construcción “Young (2005), realiza una distinción entre el ciclo de vida del producto y del material. El ciclo de vida del producto se limita por su función, y en general se determina por el tiempo de servicio de un edificio. El ciclo de vida del material se determina por su estructura constituyente, que normalmente se degrada a lo largo de los reciclajes, como es el caso de la madera y de los plásticos. Por otra parte, los metales no se degradan, excepto cuando se produce la oxidación.” (Maccarini, 2011)

Una vez que el material o componente concluyo su primer ciclo de vida, normalmente son incinerados, reciclados, reutilizados o enviados a un vertedero, esta última es la de mayor impacto en la contaminación ambiental, además de que desperdicia la energía incorporada en ellos, dentro de los tipos de vertederos se encuentran los de residuos peligrosos, residuos no peligrosos y residuos inertes, estos a su vez pueden clasificarse entre legales e ilegales, estos últimos al no tener ningún tipo de control obstaculizan la correcta eliminación de residuos.

“España es el país de la Unión Europea que vierte una mayor cantidad de residuos a vertederos. Su reciclaje, las escombreras ilegales y los residuos industriales son asignaturas pendientes.”



Figura15. Vertedero Vizcaino de Zaldibar (Samuel A. Pilar, 2020).

Con el fin de disminuir la cantidad de residuos en los vertederos y limitar la extracción de materia prima, surge el concepto de “Minería urbana” refiriéndose al espacio urbano como posible almacén de materia prima, de manera que cuando un edificio es desmontado, sus materiales o elementos, puedan estar disponibles para ser reutilizados para nuevos proyectos, para lo cual es importante diseñar desde la idea del desmontaje, con el objetivo de tener elementos cada vez más aptos para su siguiente ciclo de vida, sin duda mediante la minería urbana se logra disminuir la demanda de materia prima, reduciendo las emisiones de CO₂, por lo tanto al cuidar estos recursos, disminuimos el daño al medio ambiente.

3.3 La jerarquía del reciclaje

Dentro del reciclaje se identifican ciertos niveles que nos indican la posibilidad de reciclaje de un edificio y a que escala de intervención se puede llegar, el nivel más alto de reciclaje es cuando se da la **reutilización completa del edificio**, ya sea mediante la rehabilitación, restauración o relocalización de este. Por otro lado, está la **reutilización de los componentes**, refiriéndose a los que gracias a su composición modular permiten un intercambio y fácil manipulación. También se identifica la **reutilización de los materiales**, es decir, que se someten a un reproceso para formar parte de un nuevo componente, y por último el **reciclaje de los materiales** se identifica como el nivel más bajo, ya que en este existe el riesgo de que, durante su reproceso, el consumo total de energía y la contaminación relacionada sean peor que utilizar un material nuevo.

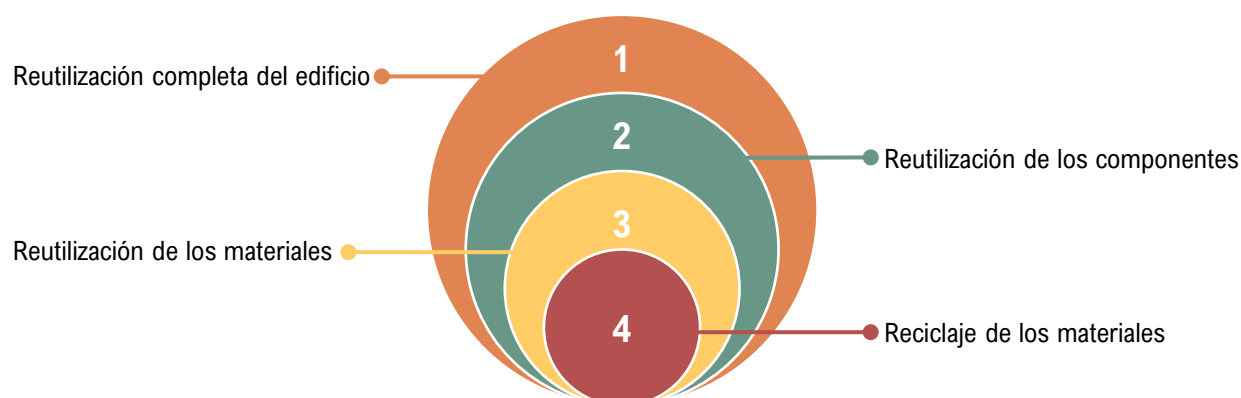


Figura 16. Jerarquías del reciclaje (Gráfico de elaboración propia, 2023).

Relacionado con estos conceptos surge la estrategia de desmantelamientos y demoliciones sostenibles, lo que significa que al final de la vida útil de una edificación, esta se “Desintegra” clasificando los materiales que pueden reutilizarse o reciclarse de forma sencilla, esto contribuye significativamente a la reducción de residuos y ahorro de recursos, minimizando con esto las emisiones de gases de efecto invernadero. Para entender esta estrategia primero es necesario aclarar cada uno de los conceptos involucrados:

- Un **desmantelamiento** supone llevar a cabo los procedimientos requeridos para dejar de usar una planta o un edificio. Para su correcta ejecución, es necesario elaborar un programa de desmantelamiento con una planificación y conocer las instalaciones y materiales a retirar.
- Un **derribo** es la operación para echar a tierra una estructura.
- Una **demolición** implica romper, fragmentar y gestionar los elementos que quedan después del derribo, posibilitando su reciclaje o reutilización.

(Recircular,2023)

En cierta forma, podemos establecer una sucesión temporal de estas fases que empezaría por el desmantelamiento y seguiría con el derribo y la demolición. No obstante, conviene aclarar que estas dos últimas etapas no siempre están presentes. Son complementarias, pero no dependen la una de la otra. (Recircular,2023)

Como sustento de la importancia de los desmantelamientos y demoliciones sostenibles, se determinan los siguientes 5 ejes principales:

Contribuyen a impulsar la economía circular.

Este aspecto es evidente, en tanto en cuanto, el desmantelamiento de plantas y naves industriales llevado a cabo de forma sostenible, por ejemplo, permite la reutilización o el reciclaje de los materiales de forma más fácil.

Mejoran la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD).

Impulsar el correcto tratamiento de estos residuos es una tarea pendiente. No en vano y según la Agencia Europea del Medioambiente (2020), España se sitúa entre los 10 países que mayor porcentaje de RCD envían a vertedero.

Reducen las emisiones contaminantes y el impacto ambiental.

La extracción y el procesado de recursos vírgenes acarrea un notable impacto ambiental. De igual forma, la maquinaria requerida para estas operaciones también genera emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero. Y no cabe duda de que la reutilización y reciclaje de los RCD ayuda a reducir este impacto negativo.

Ahorran recursos

Es uno de los principales beneficios que se logra a través de la economía circular. Y en el presente caso, no es un tema menor. Hace años que se viene alertando de una disminución en la disponibilidad de recursos como la arena.

Abren la puerta a financiación europea

Aunque enfocados de manera especial al ámbito de la rehabilitación residencial, los fondos Next Generation establecen que el 70 % de los RCD en peso debe ser valorizado para acceder a las ayudas.

Figura 17. Los 5 ejes del desmantelamiento y la demolición sostenible (Recircular, 2023, Gráfico de elaboración propia).

Un desmantelamiento sostenible implica realizar evaluaciones exhaustivas, planificar de forma detallada, contar con mano de obra cualificada y clasificar y almacenar los materiales recuperados.

Algunas empresas que ya contribuyen a esta labor son “Lezama Demoliciones” y la organización sin fines de lucro “Second Chance” que brinda a las personas, los materiales y el medio ambiente una segunda oportunidad, entre otras.

3.4 Capas que conforman el edificio

Para poder gestionar de manera eficiente los recursos y materiales de una edificación, es importante identificar las capas que la conforman y el grado de dependencia o independencia entre ellas.

Iniciando con la capa portante y menos flexible, la **estructura**, es la parte más duradera de una construcción, teniendo un rango de 30 a 300 años, esto también la hace ser la más pesada y rígida en cuanto a su comportamiento. La segunda capa más longeva suele ser la **envolvente**, esta tiene una vida útil de aproximadamente 25 años, al ser la encargada de mediar la interacción interior - exterior cuenta con una relación indispensable y relevante con el resto de las capas. Por otro lado, las **instalaciones** de un edificio tienen una duración aproximada de 10 a 15 años, por lo que se aconseja que sean registrables con el fin de facilitar la accesibilidad, por último, los **revestimientos interiores** son los que generalmente sufren más cambios a lo largo de su vida útil, ya que, al estar en contacto directo con los usuarios de la edificación, cuentan con un alto grado de desgaste.

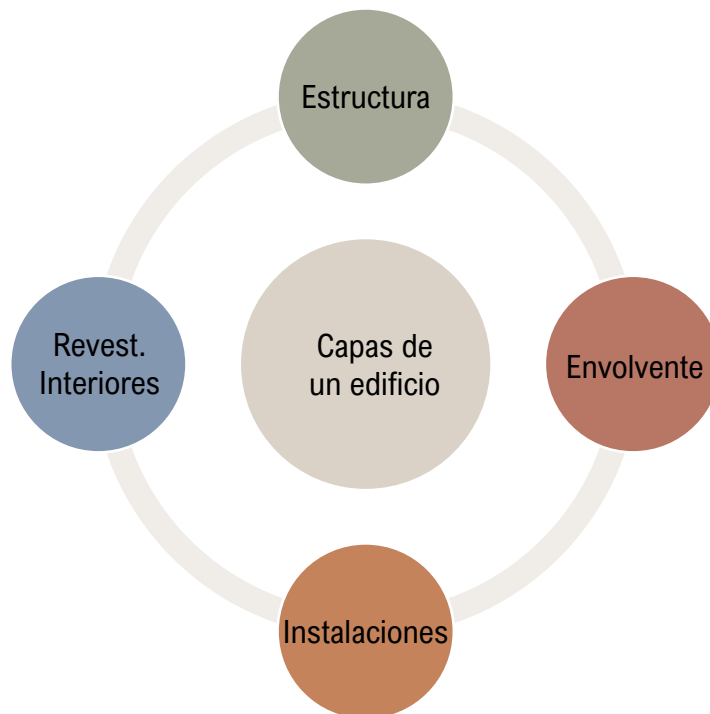


Figura 18. Capas que conforman el edificio (González Barroso y otros, 2014) Gráfico de elaboración propia.

Con base en estas estrategias y conocimientos es posible analizar la sostenibilidad de un edificio, pensando en lograr el cierre del ciclo de vida en el ámbito de la construcción, con este ideal han surgido variedad de certificaciones, con el fin de reconocer aquellos edificios que cumplen con un enfoque sostenible.

4.1 BREEAM

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) fue el primer método creado para evaluar la sostenibilidad de los edificios, este fue desarrollado en 1990, por la organización BRE Global de Reino Unido, este tiene como objetivo principal cumplir con las siguientes metas:

- La reducción de la huella ambiental durante la vida útil de las edificaciones.
- Fijar unos estándares de calidad que vayan un paso más allá de lo especificado en la normativa vigente.
- Fomentar la construcción de edificios sostenibles.
- Llevar a cabo una comparativa pública entre construcciones.
- Implantar una etiqueta ecológica que sea reconocida.
- Dar un impulso al I+D en el sector de la construcción.
- Evaluar los niveles de sostenibilidad de una construcción en las distintas fases (proyecto, ejecución y mantenimiento).

(Prisma, 2019)

Para esto cuenta con diez parámetros de sostenibilidad:



Figura19. Parámetros de sostenibilidad (Hidrología sostenible, 2020).

- Evalúa requisitos sobre minimización de consumos energéticos, eficiencia energética de equipamientos e implementación de energías renovables.
- Minimización de la huella medioambiental.
- Reducción de los residuos generados en obra.
- Requisito fundamental para obtener niveles de sostenibilidad ambiental cada vez más altos.
- Evalúa requisitos sobre puesta en servicio, políticas de gestión de la construcción o sistemas de gestión ambiental.
- Utilización de aparatos eficientes para el consumo del agua, detección de fugas y reciclaje, entre otros.
- Ubicación de la parcela, acceso a transporte público, cercanía a servicios, accesos peatonales e infraestructuras.
- Materiales sostenibles o de bajo impacto ambiental y tratamiento de los mismos.
- Evalúa requisitos sobre ubicación y tipo de suelo sobre el que se asienta el edificio, la protección y valoración de los recursos naturales y la biodiversidad.
- Confort de los usuarios de la construcción en cuanto a calefacción, iluminación, calidad del aire o ruido.

A su vez, esta certificación cuenta con 4 tipologías:

Urbanismo

Esta tipología ayuda a mejorar, medir y certificar la sostenibilidad de las propuestas y desarrollos urbanos desde las fases iniciales.

Vivienda

Esta es aplicable a viviendas nuevas, en fase de proyecto, rehabilitadas o renovadas, ya sea unifamiliar o en bloque.

Nueva construcción

Para proyectos nuevos no residenciales, rehabilitaciones y ampliaciones, está enfocado en oficinas, industria, comercio, educación, hoteles, sanidad, etc.

A medida

Esta evaluación es aplicable a cualquier tipo de edificio que no pueda ser evaluado por las certificaciones de nueva construcción o vivienda.

En uso

Para edificaciones existentes, comerciales y residenciales, permitiendo a los administradores reducir los gastos de funcionamiento y mantenimiento, así como mejorar la eficiencia energética en edificios ya existentes.

(Breeam.es, 2023)



Figura 20. Tipos de certificación (Hidrología sostenible, 2020).

Una vez que se ha identificado la tipología de certificación y se han evaluado los 9 requisitos de la certificación BREEAM, se suman los puntos otorgados en cada categoría para poder clasificar el grado de sostenibilidad del edificio, este resultado puede ser:

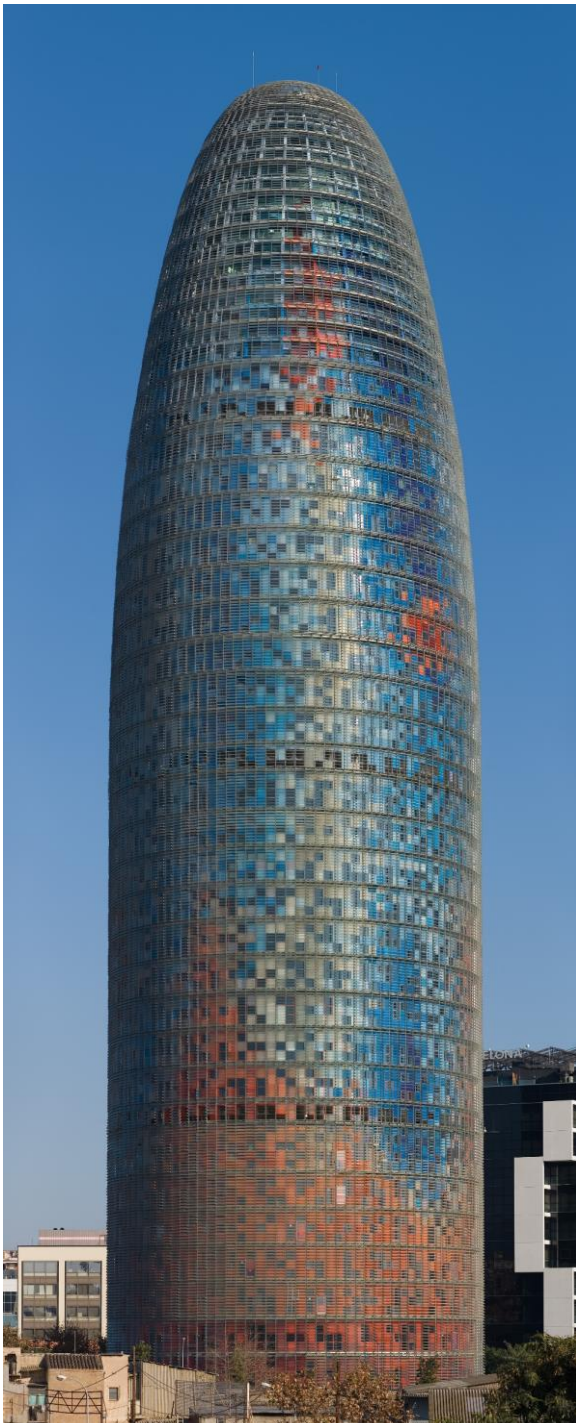


El contar con la certificación BREEAM, trae consigo virtudes como bajo consumo energético, lo que implica un mejor comportamiento ambiental, al contar con espacios naturalmente ventilados e iluminados, contribuyendo a la calidad de vida de los habitantes.

Figura 21. Niveles de certificación (Hidrología sostenible, 2020).

Un ejemplo de edificación con certificación BREEAM es la torre Glories, antigua torre Agbar ubicada en Barcelona, la cual obtuvo la certificación de sostenibilidad aplicable a edificios existentes parte 1 y 2.

- **Esquema de certificación:** BREEAM ES En uso 2012.
 - **Clasificación obtenida Parte 1** (El edificio): 63,93% BREEAM Muy bueno.
 - **Clasificación obtenida Parte 2** (Gestión del Edificio): 67,29% BREEAM Muy bueno.
 - **Asesor BREEAM:** Carla Planas Rodríguez.
 - **Organización Autorizada:** Carla Planas y JG Ingenieros.
- (BREEAM, 2014)



Ubicación: Barcelona, España.

Año: 2005

Arquitecto: Jean Nouvel, b720 Fermín Vázquez Arquitectos

Superficie construida: 50.693m²

Uso: Oficinas

Materialidad: Hormigón, aluminio y vidrio.

Niveles: 34

Constructora: Dragados

Ingeniero Estructural: Roberto Brufau y Agustí Obiol.

La torre Glories, surgió con el nombre de torre Agbar, ya que fue la respuesta a la petición de la compañía de aguas de Barcelona (AGBAR), que necesitaban una estructura que cumpliera con las exigencias de su crecimiento empresarial y que se adaptara a los nuevos tiempos.

Ésta está ubicada junto a la plaza Glories, y marca la entrada al distrito tecnológico de la ciudad, que lleva por nombre Distrito 22@, su ejecución costó 130 millones de euros, y tuvo una duración de 6 años.

En cuanto al concepto, se describe como la unión de dos opuestos, por un lado, la ligereza del vidrio, que cubre el edificio en forma de lamas, formando un gran brise-soleil y la masividad del hormigón que conforma su estructura, creando entre ambos un gran fractal.

(Wikiarquitectura, 2013)

Figura 22. Fachada (Wikiarquitectura, 2013).

Criterios de respeto al medio ambiente:

- El edificio dispone de sensores de temperatura en el exterior que regulan la apertura y cierre de las persianas de vidrio de la fachada, reduciendo el consumo de energía necesaria para la climatización.
- Con la finalidad de reducir el gasto energético y conseguir una ventilación natural se han concebido 4.500 ventanas que permiten, además de ventilación, el aprovechamiento de la luz natural. La circulación del aire queda regulada a través de la cúpula con doble acristalamiento.
- En su construcción no se han utilizado materiales que contengan formaldehídos, asbestos o plomo, especialmente en las pinturas.
- La formación de una cámara de aire entre las dos pieles que recubren el edificio disminuye el recalentamiento, favoreciendo la ventilación.
- A través de un sistema informático se ha optimizado el recorrido de los ascensores, evitando consumos innecesarios.
- Se han destinado espacios para el aparcamiento de bicicletas.
- La proporción de ganancias energéticas respecto a la radiación solar incidente alcanza un valor medio del 25,11%. Se utilizan gases refrigerantes libres de materiales clorofluorados para evitar perjudicar la capa de ozono.
- Las aguas freáticas son utilizadas para limpieza de pavimentos y ornamentación.

(Wikiarquitectura,2013)

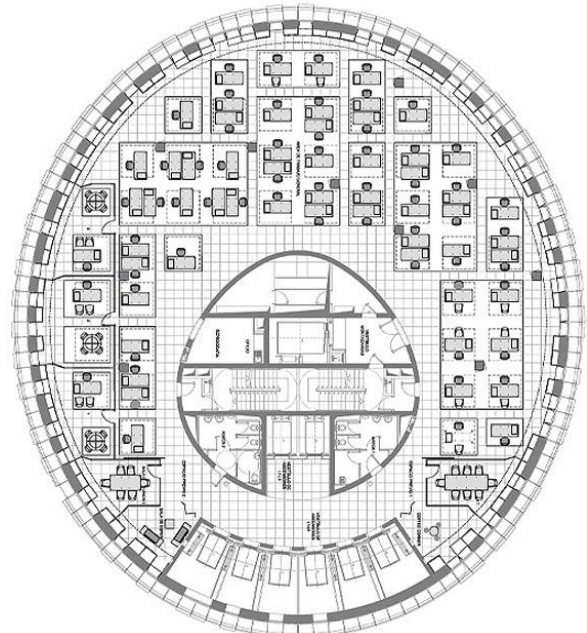
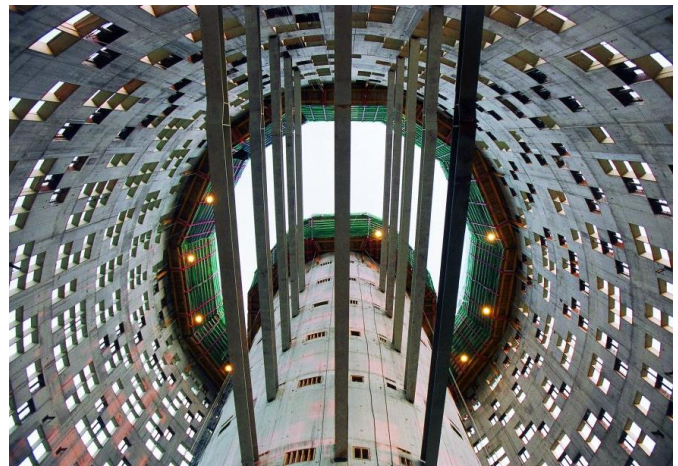


Figura 23 - 25. Diagrama de composición, foto interior y planta tipo (Wikiarquitectura, 2013).

4.2 LEED

Como competencia directa de la certificación BREEAM, se encuentra LEED, creado tres años después, un sistema internacional de certificación voluntaria de edificios sostenibles, considerado el más utilizado a nivel mundial Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) desarrollado por el consejo de la construcción verde de Estados Unidos (U.S. Green Building Council, USGBC), este tiene como objetivo promover la utilización de estrategias que reduzcan el impacto medioambiental de la industria de la construcción.

El sistema incluye en su evaluación, todo tipo de edificios, nuevas construcciones, edificios existentes, remodelaciones tanto interiores como de exteriores, etc.

Este certifica a través de un sistema de puntuación los cuales se pueden obtener mediante el cumplimiento de los siguientes criterios:

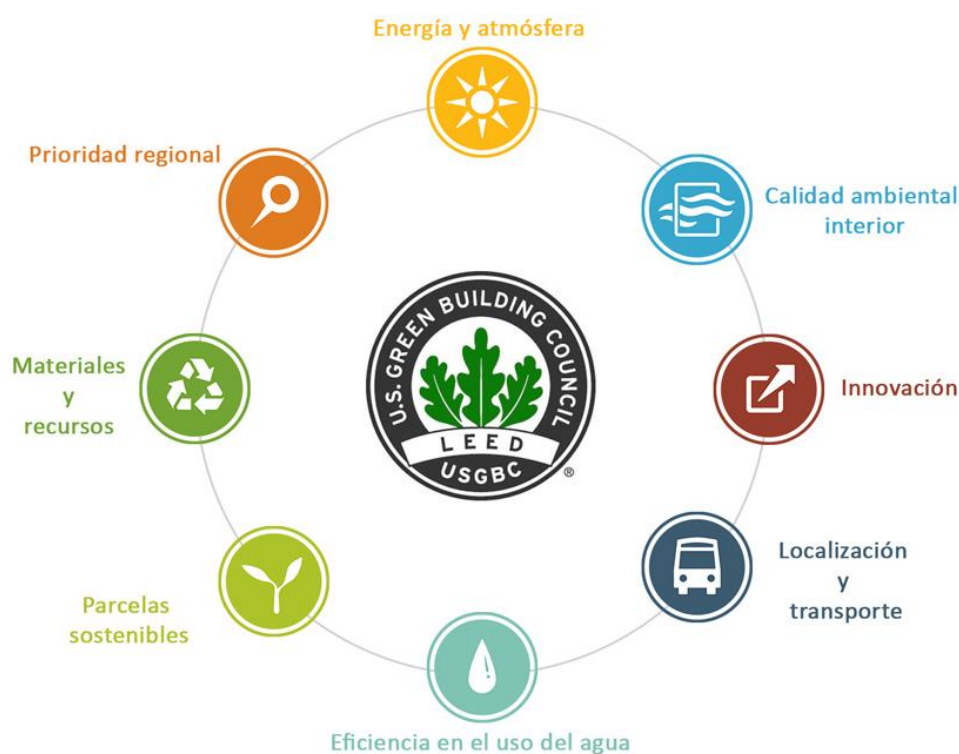


Figura 26. Criterios de certificación (Luis Martí Martínez, 2020).

- **Energía y atmósfera:** Se trata de usar el mínimo de energía posible, producir energías renovables, disminuir las emisiones de CO₂, etc.
- **Calidad ambiental interna:** Se debe garantizar la calidad del aire, mediante ventilación, así como el confort térmico, acústico y lumínico.
- **Innovación:** Integración de sistemas innovadores logrando avances notorios dentro de las categorías.
- **Localización y transporte:** Este se enfoca en que el lugar de desarrollo sea en una zona apropiada, donde se promuevan medios de transporte alternativos que promuevan la actividad física, reduciendo el impacto en el ambiente, promoviendo la protección del contexto y la naturaleza que habita.
- **Uso eficiente del agua:** Este busca la optimización del uso del agua en la edificación, mediante sistemas de tratamiento, utilización de equipos de bajo consumo, entre otros.

- **Parcelas sostenibles:** Se refiere a la reducción del impacto de la construcción, con el fin de proteger y conservar las áreas naturales, junto con el correcto manejo del agua de lluvia y la iluminación artificial.
- **Materiales y recursos:** Busca que se hayan contemplado temas de reciclaje, utilización de materiales locales, reciclados, certificados, entre otras cuestiones.
- **Prioridad regional:** Identificar las áreas de prioridad de acuerdo con la ubicación y lograr su mejoría.

En esta certificación se puede lograr un total de 100 puntos básicos + 6 posibles en Innovación, en el diseño y 4 en prioridad regional, teniendo como resultado alguno de los cuatro niveles de certificación:



Figura 27. Categorías de certificación (Juanjo Guardiola, 2021).

Enfocándonos en la categoría de recursos y materiales (MR), siguiendo el principal interés de este TFM, dentro de esta se pueden obtener un máximo de 14 puntos, divididos en 7 créditos como se presenta a continuación:

| Créditos | Descripción | Puntos posibles |
|----------|---|-----------------|
| MR 1.1 | Reutilización edificio - mantener paredes, suelos y tejado | 1 – 3 |
| MR 1.2 | Reutilización edificio - mantener element. no estruct. interiores | 1 |
| MR 2 | Gestión de los residuos de la construcción | 1 – 2 |
| MR 3 | Reutilización de materiales | 1 – 2 |
| MR 4 | Contenido en reciclados | 1 – 2 |
| MR 5 | Materiales regionales | 1 – 2 |
| MR 6 | Materiales rápidamente renovables | 1 |
| MR 7 | Madera certificada | 1 |

Figura 28. Tabla de criterios y máximo de puntos, en la categoría de materiales y recursos (CCVE, 2009).

En el crédito MR 1.1 se concentra el mayor puntaje, si la estructura, cubiertas y fachadas del edificio se reutilizan como mínimo un 55% se otorga 1 punto, si estas partes se reutilizan en un 75% 2 puntos y si llega a ser el 95% 3 puntos. El MR 1.2 otorga el punto si los elementos no estructurales se reutilizan al menos un 50% de la superficie.

En el MR 2 se evalúa el reciclaje o recuperación de los materiales y componentes del edificio, contemplando un mínimo de 50% y para la obtención de los 2 puntos este debe ser del 75% o más.

El siguiente crédito enfocado en la reutilización de los materiales, evalúa que al menos el 5% (1 punto) de la inversión enfocada a los materiales, haya sido para los que fueron reutilizados, recuperados o restaurados y si alcanzan como mínimo el 10% de los costes totales, se otorgan 2 puntos.

En cuanto al contenido de materiales reciclados (MR 4), “la suma de los materiales con un contenido reciclado de posconsumo, más la mitad del contenido de preconsumo ha de ser igual o superior al 10 % de los costes totales de la obra”. Si se cuenta con un contenido de materiales reciclados igual o superior al 10% se otorga 1 punto, en caso de ser igual o superior al 20%, se otorgan 2.

Los materiales regionales (MR 5), se consideran aquellos que fueron fabricados, recuperados o que su materia prima pertenece a un radio no mayor de 800km respecto al edificio, si la utilización de estos materiales es proporcional al 10% de los costes, se califica con 1 punto y con 2 en caso de ser el 20% o más.

Si se destinó un valor igual o superior al 2.5% del valor total de los materiales a materiales rápidamente renovables (Que crecen en un ciclo de diez años o menos), de acuerdo con el MR 6, se obtiene 1 punto y si se utiliza al menos un 50% de madera certificada, dentro de todo lo que involucra madera, se otorga otro punto (MR 7).

Algunos de los beneficios de la certificación LEED es el ahorro de energía, que puede ser desde un 30% hasta un 50% con respecto a los edificios tradicionales, lo que involucra una reducción de costos, al igual que BREEAM y el resto de certificaciones, al tomar en cuenta el aprovechamiento de factores naturales para el confort de los espacios, asegura una mejor calidad de vida y sin duda, el beneficio más notorio es el reconocimiento dentro del mercado, que certifica al edificio como superior al promedio, demostrando el compromiso con el medio ambiente y el usuario.

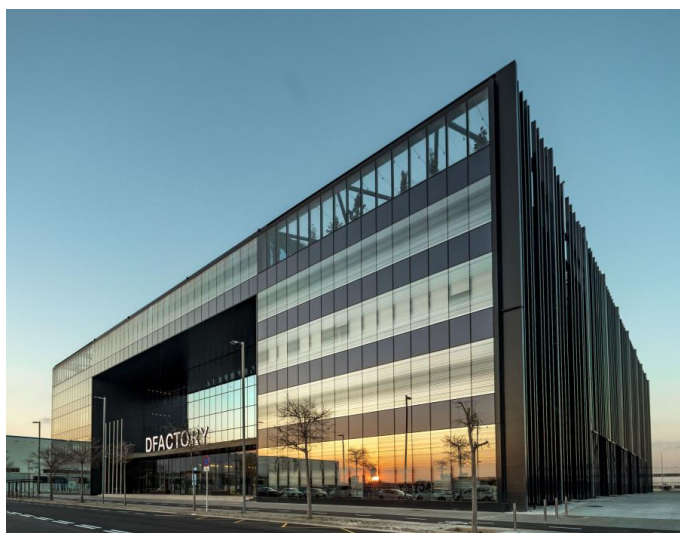


Figura 29. Fachada (Logística profesional, 2022).

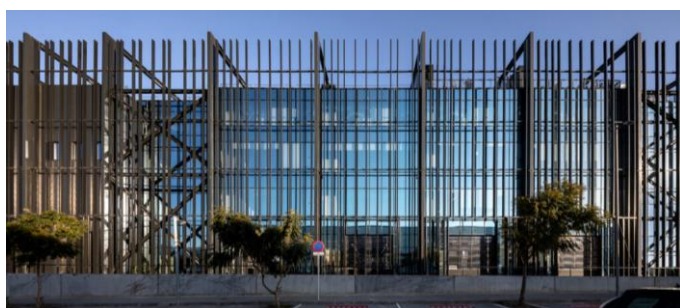


Figura 30. Fachada (Redacción, 2023).

Un ejemplo de edificio con certificación LEED es el edificio DFactory en Barcelona, un ecosistema de empresas que lideran el desarrollo de la industria 4.0, impulsado por el Consorcio de la Zona Franca de Barcelona (CZFB). DFactory obtuvo la certificación LEED Gold, otorgada por el US Green Building Council, donde se certifica que la edificación cumple con los estándares de ecoeficiencia y requisitos de sostenibilidad e innovación.

En esta evaluación, DFactory obtuvo un total de 67 puntos “basados en criterios relacionados con la sostenibilidad en los materiales y recursos de construcción, la eficiencia y el aprovechamiento del agua, la eficiencia energética y su impacto atmosférico, los materiales y recursos empleados, la calidad del ambiente interior y la innovación en el proceso de diseño”.

(Logística profesional, 2022)



4.3 DGNB

Otra de las certificaciones más valoradas, es el sistema DGNB, desarrollado en Alemania en el año 2009, este ofrece una herramienta de planificación y optimización para la evaluación de distritos urbanos y edificios sostenibles, este pone en la misma balanza al medio ambiente, las personas y la viabilidad comercial. Puede ser aplicado a distritos, entornos interiores y edificios nuevos o existentes. El concepto de sostenibilidad del sistema DGNB está conformado por 6 temas:



Figura 31. Estructura básica del sistema DGNB (Tuvsud, 2023).

A su vez, estos temas se dividen en criterios bajo los cuales se mide la sostenibilidad del edificio, a continuación se presenta un resumen:

| TEMA | GRUPO DE CRITERIOS | NOMBRE DEL CRITERIO |
|--|---|---|
|  AMBIENTAL CALIDAD (ENV) | EFECTOS EN EL GLOBALES Y AMBIENTE LOCAL (ENV1) | ENV1.1 Evaluación del ciclo de vida del edificio |
| | | ENV1.2 Impacto ambiental local |
| | | ENV1.3 Extracción sostenible de recursos |
| | RECURSO CONSUMO Y GENERACION DE RESIDUOS (ENV2) | ENV2.2 Demanda de agua potable y volumen de aguas residuales |
| ENV2.3 Uso del suelo | | |
|  ECONÓMICO CALIDAD (ECO) | COSTOS DEL CICLO DE VIDA (ECO1) | ECO1.1 El costo del ciclo de vida |
| | | DESARROLLO ECONOMICO (ECO2) |
| | ECO2.2 Viabilidad comercial | |


| | | |
|--|--|--|
|  <p>SOCIOCULTURALES Y FUNCIONAL CALIDAD (COS)</p> | <p>SALUD, COMODIDAD Y SATISFACCIÓN DEL USUARIO (SOC1)</p> | SOC1.1 Comodidad térmica |
| | | SOC1.2 Calidad del aire interior |
| | | SOC1.3 Confort acústico |
| | | SOC1.4 Confort visual |
| | | SOC1.5 Control de usuario |
| | | SOC1.6 Calidad de los espacios interiores y exteriores |
| | | SOC1.7 Seguridad y protección |
| | | SOC2.1 Diseño para todos |
|  <p>TÉCNICO CALIDAD (TEC)</p> | <p>TÉCNICO CALIDAD (TEC1)</p> | TEC1.1 Seguridad contra incendios |
| | | TEC1.2 Aislamiento acústico |
| | | TEC1.3 Calidad de la envolvente del edificio. |
| | | TEC1.4 Uso e integración de tecnología de construcción. |
| | | TEC1.5 Facilidad de limpieza de los componentes del edificio. |
| | | TEC1.6 Facilidad de recuperación y reciclaje. |
| | | TEC1.7 Control de inmisiones |
| | | TEC3.1 Infraestructura de movilidad |
|  <p>PROCESO CALIDAD (PRO)</p> | <p>CALIDAD DE LA PLANIFICACIÓN (PRO1)</p> <p>CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN GARANTÍA (PRO2)</p> | PRO1.1 Resumen completo del proyecto |
| | | PRO1.4 Aspectos de sostenibilidad en fase de licitación |
| | | PRO1.5 Documentación para la gestión sostenible |
| | | PRO1.6 Procedimiento de planeamiento y diseño urbano |
| | | PRO2.1 Sitio de construcción/proceso de construcción |
| | | PRO2.2 Garantía de calidad de la construcción. |
| PRO2.3 Puesta en marcha sistemática | | |
| PRO2.4 Comunicación con el usuario | | |
| PRO2.5 Planificación compatible con FM | | |
|  <p>CALIDAD DEL SITIO (SITIO)</p> | <p>CALIDAD DEL SITIO (SITIO1)</p> | SITIO1.1 Ambiente local |
| | | SITIO1.2 Influencia en el distrito |
| | | SITIO1.3 Acceso al transporte |
| | | SITIO1.4 Acceso a servicios |

Figura 32. Resumen de criterios del sistema DGNB (DGNB, 2020).

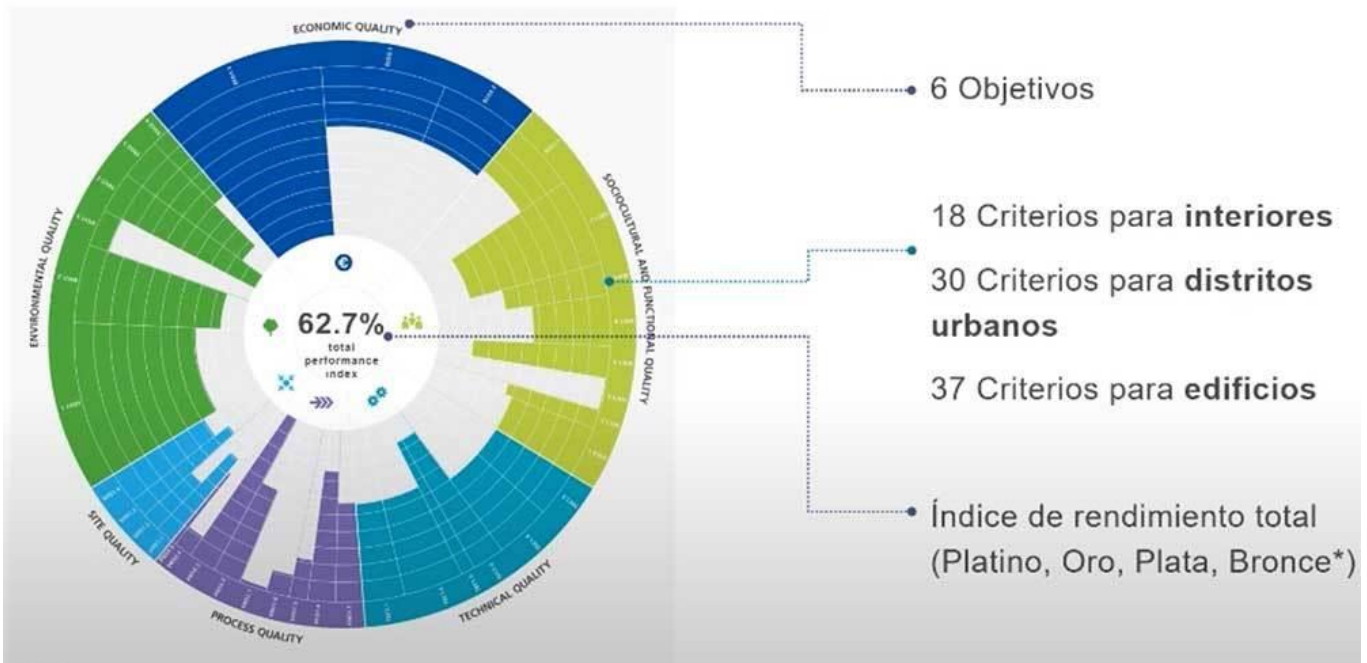


Figura 33. Flor de resultados DGNB de un edificio terciario (Ángela Sisternes García, 2020).

“La puntuación de evaluación para las seis secciones de calidad se calcula a partir de la combinación de los puntos de evaluación con su ponderación correspondiente. La puntuación total para el proyecto global se calcula a partir de las cinco secciones de calidad en función de su ponderación. La calidad del emplazamiento se considera por separado y este aspecto está incluido en el criterio de comerciabilidad. En el caso de las urbanizaciones o barrios, la calidad del emplazamiento se incorpora en todos los criterios”. (Irecyl-R.Alvarez, 2014)

De acuerdo al índice de rendimiento total obtenido, se otorga la certificación correspondiente, como se muestra en la siguiente tabla.

| |  Platinum |  Gold |  Silver |  Bronze* |
|-------------------------|---|---|--|--|
| Total Performance Index | ≥ 80% | ≥ 65% | ≥ 50% | ≥ 35% |
| Min. Performance Index | 65% | 50% | 35% | -- % |

* this award is only valid for the passed certificate or for the certificate "Buildings in operation".

Figura 34. Rangos de certificación DGNB (DGNB, 2020).

Hoy en día, esta certificación cuenta con el mayor número de distritos certificados a nivel europeo, esta ayuda a la planificación y desarrollo del proyecto, implementando la calidad en cada una de las fases: diseño, construcción, uso y desmantelamiento. Con el fin de evitar el aumento de costos, plantea la planificación a futuro de la vida del edificio y sin duda el valor añadido dentro del mercado. (Ángela Sisternes García, 2020)

Un ejemplo de edificio con esta certificación es Slow Building, que cuenta con la certificación DGNB Gold, un edificio sostenible (nZEB) y saludable ubicado en San Cugat del Valles, Barcelona.



Figura 35. Fachada (Lamp, 2021).

Arquitecto: Bailo Rull y Hau Healthy Buildings.
Uso: Mixto: oficinas, comercial, industrial y estacionamiento.
Superficie construida: 13.484,63m²
Niveles: 9
Sostenibilidad:

- nZEB: Edificio de consumo casi nulo.
- Energía solar fotovoltaica.
- Aerotermia.
- Reutilización de aguas grises para baños.
- Reutilización de aguas pluviales para riego.
- Materiales de proximidad (60% max. 200km)
- Decisiones compartidas con el ACV.
- Contribuye a 9 de los 17 ODS.

La idea rectora del edificio siempre fue crear un espacio contribuyente a la salud, confort y bienestar de los usuarios, comprometiéndose a la vez con la ciudad y el medio ambiente. Para esto se consideraron temas de absorción acústica, la calidad del aire por medio de las fachadas practicables que permiten la ventilación cruzada, sistema de renovación de aire filtrado con intercambiador térmico, sensores de Co₂, también se integró un tratamiento de campos eléctricos y ondas, que absorbe las interferencias electromagnéticas, la temperatura de la luz se adapta a la luz solar, para el confort térmico el clima es controlado por sensores BMS, disposición de fuentes de agua ionizada, mineralizada y filtrada en todas las plantas gestionadas por la comunidad, entre otros aspectos ejemplares.

(SlowBuilding Barcelona, 2023)



Figura 36 y 37. Interiores (Lamp, 2021).

Certificación energética A



Materiales con certificación Ecolabel



Alienado con 3 de los 17 objetivos de sostenibilidad de las Naciones Unidas.



Certificación de gestión forestal sostenible.



Certificación de gestión forestal sostenible.



Certificación HHB sobre niveles de salubridad obtenidos.



Figura 38. Otras certificaciones (Lamp, 2021).

4.4 WELL

Otra certificación reconocida a nivel mundial es WELL, desarrollada en 2014 por Delos, pionero del Wellness Real Estate, hoy en día es gestionado por el International WELL Building Institute (IWBI) y también esta certificado por Green Buisness Certification Inc. (GBCI). Puede ser aplicada a edificaciones comerciales e institucionales, y cuenta con diferentes versiones, **WELL v1** fue la primera y contempla solo 7 categorías, la certificación **WELL v2** es la versión actual, garantiza el bienestar y salud de los usuarios mediante sus estándares de evaluación clasificados en 10 diferentes categorías, cada una de estas con sus precondiciones (Obligatorias a cumplir para poder ser certificado) y optimizaciones, por último la versión **WELL Core** que es una adaptación de WELL v2, adaptada a los proyectos donde el 75% del área está destinada a zonas comunes o es ocupada por uno o más inquilinos.

De acuerdo con la cantidad de créditos obtenidos dentro de las categorías, se logra un puntaje total, que otorga el tipo de certificación, las cuales se clasifican en los siguientes rangos:

Niveles de certificación WELL V1



NIVEL PLATA:

Cumplimiento del **100%** de las precondiciones de su tipología.



NIVEL ORO:

Cumplimiento del **100%** de las precondiciones de su tipología + mínimo **40%** de las optimizaciones aplicables.



NIVEL PLATINO:

Cumplimiento del **100%** de las precondiciones de su tipología + mínimo **80%** de las optimizaciones aplicables.

Figura 39. Certificaciones WELL V1 (BEA, 2023).

Niveles de certificación WELL V2 y WELL Core



NIVEL BRONCE:

(WELL Core Bronze)
Cumplimiento de mínimo **40** puntos. Nivel exclusivo para los proyectos bajo **WELL Core**.



NIVEL PLATA:

Cumplimiento de mínimo **50** puntos.



NIVEL ORO:

Cumplimiento de mínimo **60** puntos.



NIVEL PLATINO:

Cumplimiento de mínimo **80** puntos.

Figura 40. Certificaciones WELL V2 y WELL Core (BEA, 2023).

A continuación, se muestran las categorías mencionadas anteriormente, y la lista de precondiciones y optimizaciones de cada una (Aire limpio, 2023):

Categorías WELL V1



Figura 41. Categorías WELL V1 (BEA, 2023).

Categorías WELL V2 y WELL Core



Figura 42. Categorías WELL V2 y WELL Core (BEA, 2023).

- **Aire:** Prevención y eliminación de contaminantes, así como su purificación.

Precondiciones:

- Estándares de calidad de aire.
- Prohibición de fumar.
- Eficacia de la ventilación.
- Reducción de VOC.
- Filtración de aire.
- Control de microbios.
- Gestión de la contaminación en la construcción.
- Entrada saludable al edificio que minimice la introducción de contaminantes al edificio.
- Manejo de pesticidas con un plan de control de plagas.
- Normas en los materiales de construcción para restringir el uso de materiales peligrosos.
- Gestión de la humedad.

Optimizaciones:

- Garantizar que la fachada del edificio proteja contra plagas.
- Humedad y contaminación del aire.
- Mayor ventilación del edificio.
- Aislamiento de las fuentes de contaminación del aire interior, abrir y cerrar ventanas.
- Sistemas de aire exterior para adecuar la ventilación y ahorrar energía.
- Innovadoras técnicas de purificación de aire que eliminen compuestos orgánicos.
- Reducción de las fuentes de combustión interna.

- **Agua:** Tratamientos necesarios y puntos de abastecimiento ubicados estratégicamente.

Precondiciones:

- Umbrales de rendimiento para la calidad del agua tanto en la turbidez, contaminantes inorgánicos, contaminantes orgánicos, contaminantes agrícolas y aditivos como desinfectantes y flúor.

Optimizaciones:

- Tratamiento del agua para garantizar su calidad y promoción del agua potable con pruebas para la mejora de su sabor y olor.

- **Nutrición:** Promoción de una alimentación sana, por medio de variedad de opciones saludables.

Precondiciones:

- Promover el consumo de alimentos y bebidas más saludables, además de etiquetar todos los alimentos y bebidas con los ocho alérgenos más comunes para ayudar a prevenir su exposición.

Optimizaciones:

- Etiquetado de ingredientes artificiales.
- Información nutricional para todos los alimentos y bebidas.
- Anuncios para promover opciones de alimentos saludables.
- Alentar el cultivo y la cosecha de verduras.
- Habilitar espacios dedicados a la alimentación para ayudar a fortalecer las interacciones sociales.
- Reducir las decisiones dietéticas de estrés general.

- **Iluminación:** Alta calidad en luz artificial e incondicional acceso de luz natural.

Precondiciones:

- Gestión de la intensidad de la luz eléctrica para reducir la fatiga visual y la incomodidad.

Optimizaciones:

- Control de la intensidad de la luz natural.
- Maximizar el alumbramiento con luz solar.
- Garantizar la exposición a grandes cantidades de luz solar natural.
- Diseño de ventanas para optimizar la cantidad y calidad de la luz solar, y minimizar su intensidad.

- **Movimiento:** Promover una vida activa.

Precondiciones:

- Accesibilidad a las escaleras e implementación en el diseño de incentivos para el uso de la escalera.

Optimizaciones:

- Diseño exterior para promover la actividad física.
- Incorporar espacios interiores y exteriores para apoyar el ejercicio.
- Disponibilidad de almacenamiento de bicicletas.
- Servicios de ducha y acceso a equipos de ejercicio cardiorrespiratorio y musculación.

- **Confort térmico:** Evitar pérdidas energéticas mediante una correcta adecuación del espacio.
 - Precondiciones:**
 - Establecimiento de unos parámetros de temperatura interior óptimos para garantizar el confort térmico a la mayoría de los ocupantes.
 - Optimizaciones:**
 - Incorporación de elementos de calefacción y refrigeración diseñados para elevar el confort térmico.

- **Sonido:** Mitigar los efectos del ruido mediante la absorción acústica por medio de aislamiento.
 - Precondiciones:**
 - Regulación de la cantidad de ruido exterior que se escucha en el interior.
 - Optimizaciones:**
 - Regulación de la cantidad generada de ruido interior mecánicamente, y habilitar la privacidad del habla.

- **Materiales:** Análisis del compuesto de los materiales, descartando por completo aquellos que contienen contaminantes.
 - Precondiciones:**
 - Ausencia de plomo, amianto y mercurio.
 - Uso de pesticidas.
 - Optimizaciones:**
 - Revelar la composición del material de los acabados interiores y del mobiliario.
 - Reducción de COV's.

- **Mente:** Considerar la biofilia el punto base para una buena percepción espacial.
 - Precondiciones:**
 - Concienciar sobre la salud y el bienestar, participación de los interesados para garantizar el cumplimiento de los objetivos del bienestar colectivo e implementación de estrategias que influyan positivamente en el estado de ánimo.
 - Optimizaciones:**
 - Incorporación de estrategias de diseño biofílico para emular el entorno natural.
 - Mejorar el estado de ánimo.
 - Implementar estrategias de diseño y estética para crear un espacio visualmente atractivo.
 - Incorporación de características innovadoras para la contribución de elementos de bienestar no incluidos en WELL.

- **Comunidad:** Un ambiente donde la inclusión y el compromiso sean la base para lograr una cultura saludable.
 - Precondiciones:**
 - Políticas de conciliación laboral.
 - Diseño universal y accesible.
 - Optimizaciones:**
 - Procedimientos de emergencia.

Algunos de los beneficios de contar con esta certificación son, el retorno sobre la inversión, al incrementar su valor en cuanto a venta o alquiler, y en cuanto a edificios corporativos, “la evidencia médico-científica recogida durante 10 años por el International Well Building Institute demuestra que con la implantación de medidas de la Certificación WELL se obtienen beneficios como” (Pablo Muñoz, 2017):

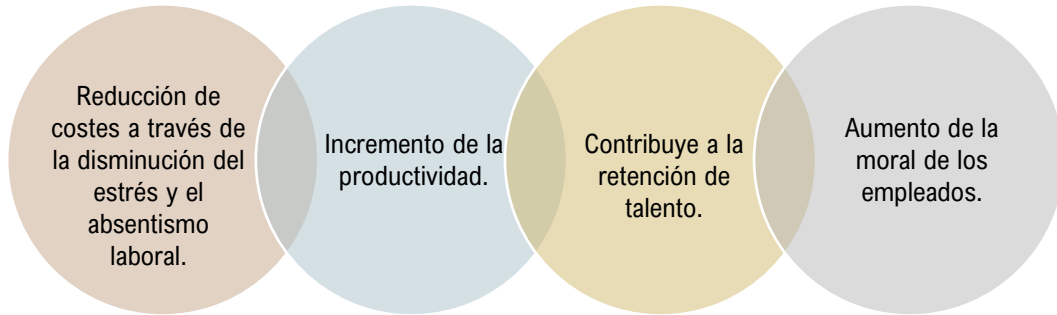


Figura 43. Beneficios de obtener la certificación WELL (Pablo Muñoz, 2017, Gráfico de elaboración propia, 2023).

Esta certificación también se considera al igual que las anteriores, una gran herramienta de marketing y un alto estándar de calidad ya que al contar con esta se asegura el cumplimiento de estrictos criterios de sostenibilidad, salud y bienestar, por lo que no se considera competencia de la certificación BREEAM o LEED, es más bien un complemento a ellas.

A continuación, como ejemplo se muestra Castellana 81, un símbolo de sostenibilidad, accesibilidad y tecnología, un edificio de oficinas ubicado en la zona más privilegiada del centro financiero de Madrid.



Figura 44. Fachada (Commtech, 2023).

Arquitecto: Francisco J. Sáez de Oiza.

Director de Obra: Ruiz Barbarin Arquitectos.

Año de Construcción: 1981

Año de Rehabilitación: 2017

Superficie construida: 38.855m²

Propietario: GMP

Certificaciones:

- LEED Platino Core & Shell
- WELL Oro Core & Shell
- WELL Health-Safety Rating
- AIS 5 estrellas
- Espacio Cerebro protegido
- Sistema Integrado de Gestión: ISO 9001 – ISO 14001 – ISO 45001
- Calificación Calidad Técnica AEO: A
- WiredScore Platino
- SmartScore Platino



Figura 45. Interior (GMP, 2023).

Este cuenta con servicios privilegiados como una clínica de fisioterapia, un gimnasio y un meeting place con el fin de ofrecer la mayor comodidad y bienestar a sus usuarios.

Cabe resaltar que Castellana 81, obtuvo como primer reconocimiento la certificación LEED Platino en 2017, convirtiéndose en el primer edificio del Paseo de la Castellana con este nivel de certificación. También en 2018, se destacó como el primer edificio de oficinas en España en obtener la certificación WELL Oro, entre otras, otorgadas gracias a su enfoque Smart dirigido a la optimización de la gestión global del edificio, reduciendo su impacto ambiental y garantizando seguridad, salud y un grado de bienestar significativo para sus usuarios.

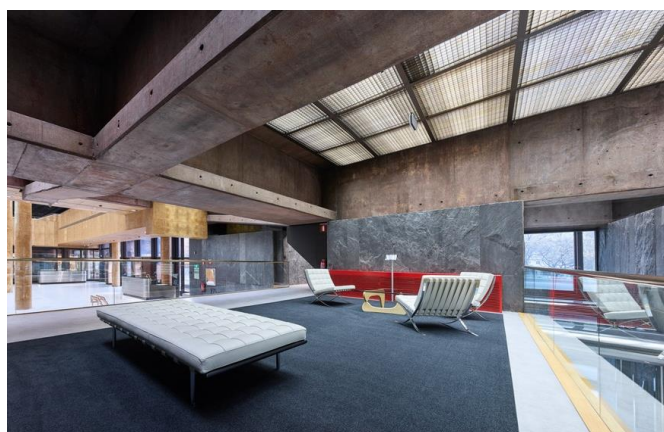
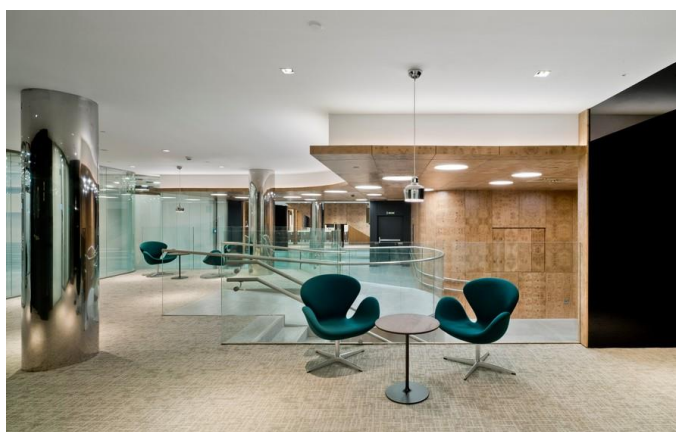
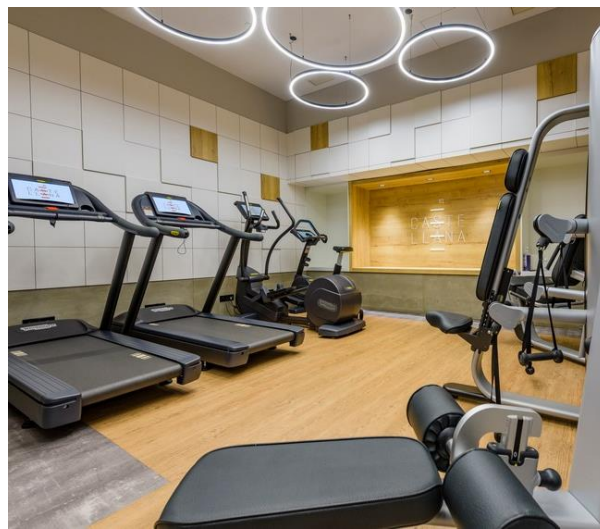
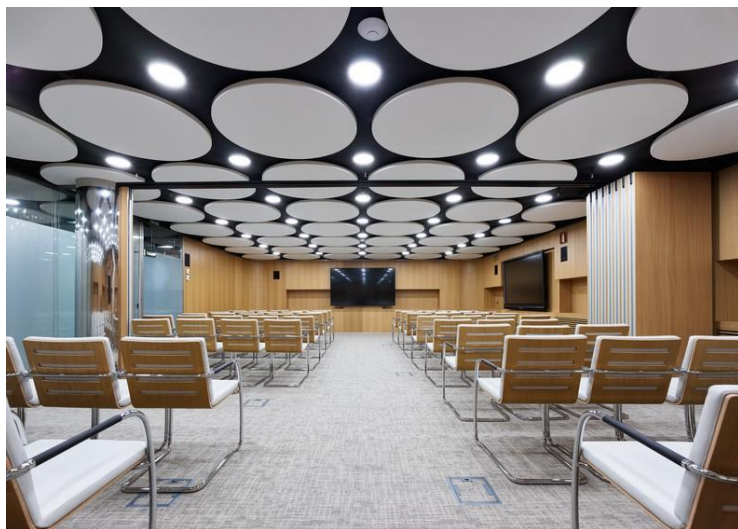


Figura 46 - 49. Áreas Interiores (GMP, 2023).

“WELL es un perfecto ejemplo de que nuestra vocación es el servicio a las personas que utilizan nuestros edificios”, afirmó Xabier Barrondo Director General de Negocio GMP.

4.5 Certificaciones de materiales

Así como existen certificaciones para los edificios también existen certificaciones enfocadas específicamente en los materiales, como es el pasaporte de materiales planteado por BAMB (Buildings as Material Banks) como su nombre lo dice, es un proyecto que interpreta al edificio como un banco de materiales, que a través de sus pasaportes facilita información de los materiales que integran el edificio, mediante una base de datos que permite entrada y salida de la información necesaria para que el usuario pueda valorar la recuperación y reutilización de cada material.

Estos tienen como objetivo aumentar y mantener el valor de los materiales, a modo de incentivos que inviten al proveedor a crear materiales saludables, sostenibles y circulares, contando con el apoyo necesario para proyectar diseños reversibles. Actualmente se cuenta con más de 300 pasaportes dentro del software divididos en materiales, componentes, productos, sistemas y edificios.

Por otro lado, de acuerdo con la norma internacional UNE-EN ISO 14020, se establecen las ecoetiquetas o etiquetas ecológicas, que evalúan productos, materiales y servicios. Dentro de los principios planteados por la normativa se encuentran:

- Disminuir el impacto ambiental de productos y servicios.
- Informar y estimular a los consumidores a escoger mediante conciencia ecológica.
- Estimular a los fabricantes su uso.
- Impulsar el ecodiseño en el desarrollo de productos.
- Motivar las ventas mediante el Marketing ambiental.

(ITEC,2023)

Hoy en día, podemos encontrar estas ecoetiquetas en 3 tipologías:

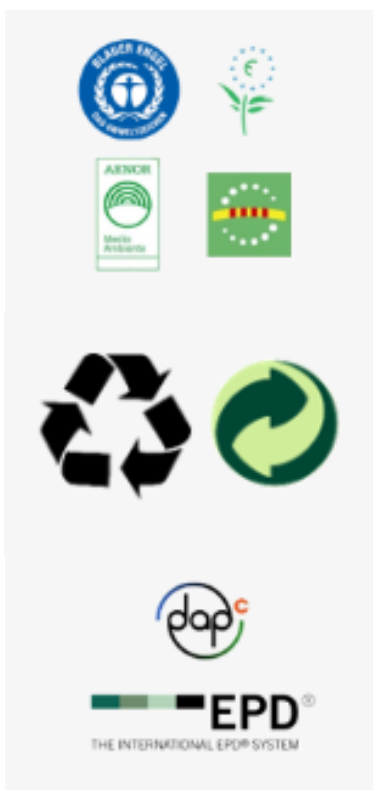


Figura 50. Tipos de ecoetiquetas (ITEC,2023).

- **Tipo I (Ecoetiquetas):** De acuerdo con la norma ISO 14024, estas contemplan el análisis del ciclo de vida y sin necesidad de calcularlo, identifican y certifican los servicios y productos que cumplen con criterios específicos ambientales. Estas son dadas por terceras partes independientes.
- **Tipo II (Autodeclaraciones ambientales):** Conforme a la norma ISO 14021, esta se otorga por criterio propio del fabricante, a través de ciertos indicadores determinados por el mismo, con el fin de identificar la capacidad de biodegradación que tiene el material, esta no contempla en ningún momento el ACV.
- **Tipo III (Declaraciones ambientales, DAP y EPD):** Esta cuenta con la información ambiental del material o producto valorados cuantitativamente de acuerdo con la norma ISO 14025 e ISO 14040, contemplando el ACV y su cálculo.

Algunos ejemplos de materiales con ecoetiquetas son:



Figura 51. Botes de pintura Candence (Melopinto, 2023).

- **Candence:** Pintura plástica ecológica para interiores marca Titanlux:
 - Mucho más saludable: La cantidad del COV y gases tóxicos que emiten es muchísimo menor reduciendo así las problemáticas derivadas de estos compuestos como asma, alergias o problemas respiratorios.

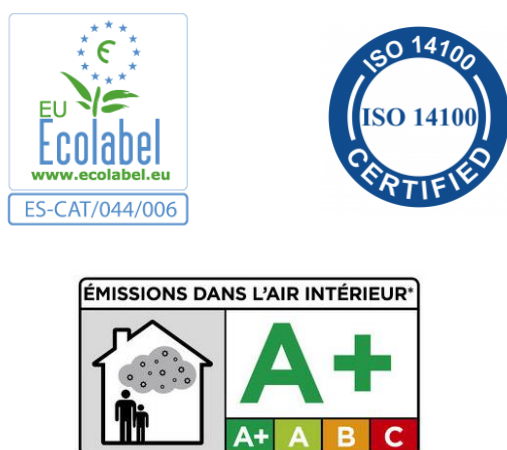


Figura 52. Ecoetiquetas con las que cuenta (Melopinto, 2023).



Figura 53. Geopannel PYL 2.0 (Geopannel, 2023).



Figura 54. Ecoetiquetas con las que cuenta (Geopannel, 2023).

- Mucho más sostenible: persiguen el respeto al medio ambiente, por ello, cumplen ciertas normas durante la cadena de fabricación y embalaje como la limitación del uso del agua o la generación de residuos.
- Sin olor: Al ser de base acuosa y no requerir disolventes sintéticos.
- Porosa y transpirable: a diferencia de la convencional. Por lo tanto, permite que las paredes respiren y que la humedad se evapore. Así se evitan en gran medida los indeseables problemas de condensación, mohos, bacterias y hongos.

- **Geopannel PYL 2.0:** Panel aislante ecológico de altas prestaciones térmicas y acústicas.
 - Fabricado con un 80% de fibras textiles recicladas + un 20% de fibras termofusibles.
 - Excelentes resultados en emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs).
 - No contiene fibras minerales, por lo que no es irritante.
 - Cuenta con ecoetiqueta tipo III.

Este puede ser usado y aplicado sobre cubierta entre rastreles, bajo cubierta, divisorias interiores verticales, tanto en tabiquería seca con estructura metálica y PYL como en tabiquería convencional, trasdosados de fachada o relleno de cámaras en fachadas, etc.
(Geopannel, 2023)

5.1 Programa 21

En el año de 1972, se da por parte de las Naciones Unidas, la primera conferencia sobre el medio ambiente humano en Estocolmo, Suecia, en esta se dieron a conocer los principios para la preservación y mejora del medio humano, así como un plan de acción que contenía recomendaciones para el beneficio y cuidado medioambiental a nivel internacional. En esta conferencia, se dio a conocer la cuestión del cambio climático, advirtiendo al mundo y en específico a las entidades de gobierno, que había que concientizar sobre las repercusiones que pueden tener las actividades sobre el cambio climático y evaluar su método de ejecución.

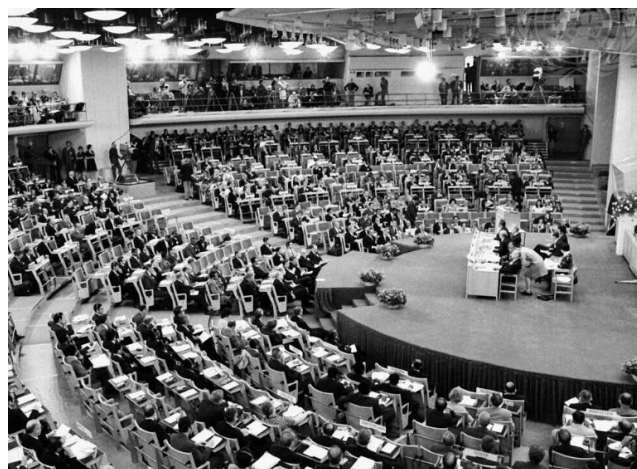


Figura 55. Inauguración de la Cumbre de la Tierra en Estocolmo en 1972 (Fernanda Caballero, 2022).

En el año de 1979, se identifica al cambio climático como una problemática a nivel mundial y de carácter urgente, en la primer **Conferencia Mundial sobre el Clima**, haciendo un llamado a los gobiernos para actuar al respecto. Después de esto se realizaron innumerables conferencias a nivel mundial con el fin de abordar esta problemática, y es hasta 1988 que se convoca a formar una convención o marco enfocado en proteger la atmósfera el IPCC.

En 1990 se publicó el primer informe de evaluación a nivel mundial sobre el estado del clima por el **Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático (En inglés, IPCC)** creado por las naciones unidas (1988), convirtiéndose en la referencia principal de las negociaciones en busca de la fundación de una convención sobre el cambio climático.

Posteriormente en 1992, con motivo de celebración por el 20 aniversario de la primera conferencia sobre el medio ambiente humano celebrada en Estocolmo, Suecia en 1972, se organiza en Río de Janeiro, Brasil, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), o **“Cumbre de la Tierra”**, donde se reunió a representantes de organizaciones gubernamentales y medios de comunicación de 179 países con el fin de resaltar la importancia de actuar ante el impacto de las actividades socioeconómicas humanas sobre el medio ambiente. Teniendo como objetivo principal la generación de un plan de acción a nivel internacional enfocado en cuestiones ambientales y de desarrollo. En esta se identificó el desarrollo sostenible como un objetivo alcanzable para todos, también se resaltó la importancia de la integración y el equilibrio de las preocupaciones económicas, sociales y ambientales para satisfacer las necesidades, para esto se determinó que era necesario replantear los métodos de producción y consumo, laborales y de toma de decisiones, en general repensar la forma en la que vivimos.

Como resultado de esta conferencia surgió el **programa 21** enfocado en nuevas estrategias para invertir en el futuro con el fin de lograr un desarrollo sostenible en el siglo XXI. Sus áreas de acción contemplaban desde métodos educativos hasta estrategias para conservar los recursos naturales, este debía ser aplicado a todas las áreas en las que la actividad económica humana tuviera efectos sobre el medio ambiente.

5.2 Declaración de Rio

También como resultado de esta cumbre podemos identificar la **Declaración de Rio** y sus 27 principios universales, el **Convenio sobre la Diversidad Biológica** que cuenta con tres objetivos principales:

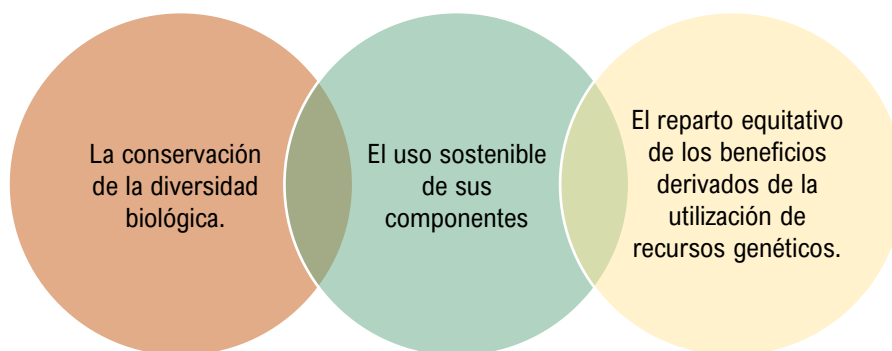


Figura 56. Objetivos principales del Convenio sobre la Diversidad Biológica (Elaboración propia, 2023).

La **Declaración sobre los principios de la ordenación, la conservación y el desarrollo sostenible de los bosques de todo tipo** y la **Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC)** en 1994, que tiene como objetivo principal "estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero "a un nivel que impida interferencias antropógenas (inducidas por el hombre) peligrosas en el sistema climático". Establece que "ese nivel debería alcanzarse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible" (unfccc.int, 2023)

5.3 ISO 14040

Posteriormente en 1997 se crea la Norma ISO 14040, mencionada anteriormente, en ese apartado vemos la estructura utilizada para llevar a cabo el ACV planteada en los años 90, sin embargo, en el año 2006 después de un análisis de estas normativas, fueron sustituidas por:

- UNE-EN ISO 14040. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.
- UNE-EN ISO 14044. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices. (Prisma, 2021)

Un producto dentro del ACV cuenta con 5 etapas en las que se evalúa el impacto medioambiental durante todos los momentos de su existencia:

- Adquisición de materias primas.
- Fabricación, procesado y formulación de productos.
- Distribución y transporte.
- Uso, mantenimiento y reutilización durante su ciclo de vida en servicio.
- Gestión de residuos.

De acuerdo con la norma UNE-EN ISO 14040, para realizar este análisis debemos realizar las siguientes actividades:

- Recopilar un inventario de entradas y salidas relevantes del sistema del producto.
- Evaluar los potenciales impactos medioambientales asociados con las entradas y salidas identificadas en el inventario.
- Interpretar los resultados de las fases de análisis de inventario y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio.

Dentro de las tipologías de impactos ambientales que se toman en cuenta dentro del ACV se encuentran:

- Impactos sobre recursos renovables.
- Impactos sobre recursos no-renovables.
- El potencial de calentamiento global.
- El potencial de deterioro de la capa de ozono.
- El potencial de acidificación de los océanos.
- El potencial de reacción fotoquímica de ozono.
- Malgasto de energía.
- Malgasto de agua.
- Toxicidad (ya sea humana, terrestre, acuática).

Siguiendo la norma ISO14040 el ACV consta de 4 fases, vistas anteriormente de manera gráfica en el apartado de ciclo de vida de los materiales, a continuación, se explican detalladamente:

1.- Definición de objetivos: En esta fase se justifica la elaboración de este análisis y se determina el alcance.

2.- Inventario del ciclo de vida (ICV): En este apartado se registran y enumeran todas las entradas (Consumo de recursos y materiales) y salidas (Contaminación de aire, agua, suelo y residuos).

3.-Evaluación de los impactos del ciclo de vida (EICV): En esta etapa se identifica la relación de entradas y salidas en el inventario, tomando en cuenta los posibles impactos medioambientales, la salud humana y los recursos.

4.- Interpretación de resultados: En esta última fase se analizan los resultados de la fase ICV y EICV llegando a conclusiones y recomendaciones que aporten a la toma de decisiones.
(Prisma, 2021)

5.4 Protocolo de Kioto

En este mismo año (1997) El IPPC, después de tres años reflexionando e informando sobre los cambios climáticos causados por las emisiones de gases de efecto invernadero, determinaron que los compromisos planteados en la CMNUCC en 1992 no serían suficientes para combatir la problemática ambiental dada por el cambio climático, por lo que a partir de esto, durante un par de años se desataron una serie de conversaciones con el fin de replantear compromisos más firmes y específicos, dando como resultado el **Protocolo de Kioto** en la COP3, un tratado en contra del cambio climático, enfocado en los mismos principios y objetivos de la CMNUCC, pero con mayor rigidez, a través de 28 artículos y dos anexos, en donde el anexo I se centra en lograr objetivos de manera individual, mediante compromisos jurídicamente vinculantes limitando y reduciendo la emisiones de gases de efecto invernadero, para esto, refuerza los siguientes compromisos existentes también en la Convención (CMNUCC):

- Cada Parte incluida en el anexo I de la Convención (países desarrollados) deberá adoptar políticas y medidas nacionales para reducir las emisiones de GEI y aumentar las absorciones por sumideros. En cumplimiento de este compromiso, cada una de estas Partes deberá esforzarse por reducir al mínimo los posibles impactos negativos de estas políticas y medidas en otras Partes, en particular las que son países en desarrollo.
- Los compromisos se fijan por periodos, el primer periodo de compromiso abarcaba los años 2008-2012 y el segundo, el periodo 2013-2020.
- Los países desarrollados deberán ofrecer recursos financieros adicionales para promover el cumplimiento de los compromisos por parte de los países en desarrollo.
- Todas las Partes del Protocolo, sean países desarrollados o no, deberán cooperar en los siguientes ámbitos:
 - Desarrollo, aplicación y difusión de tecnologías no perjudiciales para el clima;
 - Investigación y observación sistemática del sistema climático;
 - Educación, formación y sensibilización pública sobre el cambio climático;
 - Mejora de las metodologías y datos para los inventarios de los gases de efecto invernadero.

Con el fin de asegurar el cumplimiento de lo planteado, este tratado cuenta con un comité de cumplimiento, encargado de notificar y revisar todo tipo de acciones, teniendo como primer víctima a los países en desarrollo. Sin embargo, para la correcta ejecución de este protocolo, la mayoría de sus reglas y principios fueron especialmente detallados en el año 2001 en la COP7 llevada a cabo en Marrakech, por lo que este documento complementario lleva el nombre de los Acuerdos de Marrakech, teniendo así uno de los documentos más importantes a nivel internacional, gracias a su precisión, exigencia y promoción del cumplimiento de los principios hablados en el Protocolo de Kioto.

Como evolución de este tratado y con el fin de dar continuidad, en el año 2020, se crea la llamada “Enmienda Doha” que incluyó nuevos objetivos para la reducción de emisiones, enfocándose principalmente en los países industrializados que se vieron comprometidos con la primera etapa del protocolo (2008-2012), centrándose este en el nuevo periodo de 2013 a 2020.

5.5 Acuerdo de París

Sin duda estos documentos eran de gran importancia para lograr actuar en contra del cambio climático, sin embargo, no contaban con el compromiso de todos los países, por lo que surgió la necesidad de crear un pacto de escala mundial, siendo en el año de 2015 la creación del **Acuerdo de París**, en el cual se incluían tres principales objetivos a largo plazo:

- “Evitar que el incremento de la temperatura media global del planeta supere los 2°C respecto a los niveles preindustriales y busca, además, promover esfuerzos adicionales que hagan posible que el calentamiento global no supere los 1,5°C. Además, reconoce la necesidad de que las emisiones globales toquen techo lo antes posible, asumiendo que esta tarea llevará más tiempo para los países en desarrollo. En cuanto a las sendas de reducción de emisiones a medio y largo plazo, se establece la necesidad de conseguir la neutralidad climática, es decir, un equilibrio entre las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero en la segunda mitad de siglo.

- Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.
- Asegurar la coherencia de todos los flujos financieros con un modelo de desarrollo resiliente al clima y bajo en emisiones.”

(El Acuerdo de París, MITECO)

En cuanto a la reducción de emisiones de los países, este indica que cada 5 años cada país debe dar a conocer Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, en inglés) en función de sus capacidades y circunstancias nacionales, incluyendo a esto las pautas y políticas necesarias para alcanzar los objetivos planteados para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Para asegurar el cumplimiento de este acuerdo, cada 5 años se realiza un análisis del estado de situación donde se toman en cuenta todos los elementos del acuerdo, mencionados anteriormente como los 3 principales objetivos.

Como apoyo al desarrollo de este acuerdo, a partir del año 2020, los países con mayor desarrollo aportan 100.000 millones de dólares al año a los países menos desarrollados.

Con el objetivo de garantizar que todos los países estén llevando a cabo sus compromisos, el Acuerdo de París implemento un marco de transparencia, donde se muestra la información sobre las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, así como el apoyo recibido y dado en el aspecto económico.

Continuando con el tema de la crisis climática, en este mismo año (2015) la Comisión Europea presenta el **Plan de Acción para una economía circular en Europa**, que contemplo 54 medidas urgentes a tratar durante los siguientes 5 años, estas estaban enfocadas en cada una de las fases del ciclo de vida de un producto “(diseño y producción, consumo, gestión de residuos y aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos mediante su reintroducción en la economía)” (Economía circular en la unión europea, MITECO) y por otro lado otros 5 aspectos prioritarios como los plásticos, los residuos alimentarios, las materias primas críticas, construcción y demoliciones, y la biomasa y biomateriales.



Figura 57. Aprobación del Acuerdo de París (Adeline Marcos, 2015).



Figura 58. Comisario de Medio Ambiente, Océanos y Pesca de la UE (Residuos profesional, 2020).

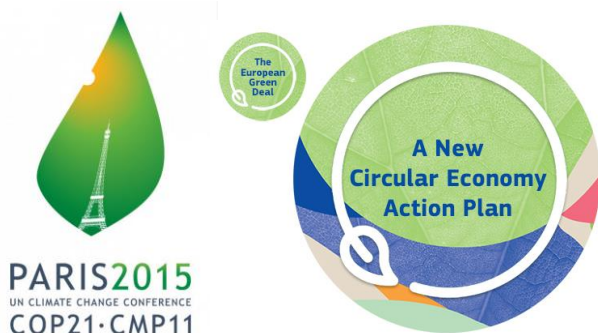


Figura 59 y 60. Logos de el acuerdo y el plan (Industrial-unión,2023 y ANGEEA,2020).

5.6 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Continuando con las metas planteadas en el año 2015, se encuentran los 17 **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** puestos en práctica por los líderes mundiales, con el fin de “erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible.” (Naciones unidas.org)



Figura 61. Objetivos de desarrollo sostenible (Murga-Menoyo, 2019).

Con el paso de los años se fueron creando variedad de normas que contribuyen a estos ODS entre ellas podemos identificar la **ISO 20887** del 2020 enfocada en la sostenibilidad en edificación y obra civil - Diseño para desmontaje y adaptabilidad (DFD/A) - Principios requisitos y orientaciones. En esta normativa se presenta un panorama sobre los lineamientos de diseño para el desmontaje y la adaptabilidad integrados desde el proceso de diseño, esta información va dirigida a propietarios, ingenieros, arquitectos, fabricantes de productos, etc. También es aplicable en todo tipo de edificios, nuevas construcciones, remodelaciones, ampliaciones, entre otros.

Cabe recalcar que en esta normativa no se identifican niveles específicos de capacidad para el desmontaje, sin embargo, incluye ciertas pautas a cumplir para lograr implementar las estrategias de DFD/A.

5.7 Pacto Verde

Retomando los compromisos realizados en el Acuerdo de París, y el objetivo de lograr neutralizar el clima para 2050, la comisión europea liderada por la presidenta Ursula Von der Leyen puso en marcha su estrategia llamada “**El Pacto Verde**”, un conjunto de iniciativas políticas que tratan temas como el medio ambiente, la energía, la industria, el transporte, el clima, la agricultura y las finanzas sostenibles.

Con el fin de resumir todas las intenciones y objetivos de este tratado, se mostrarán a continuación 8 puntos clave:

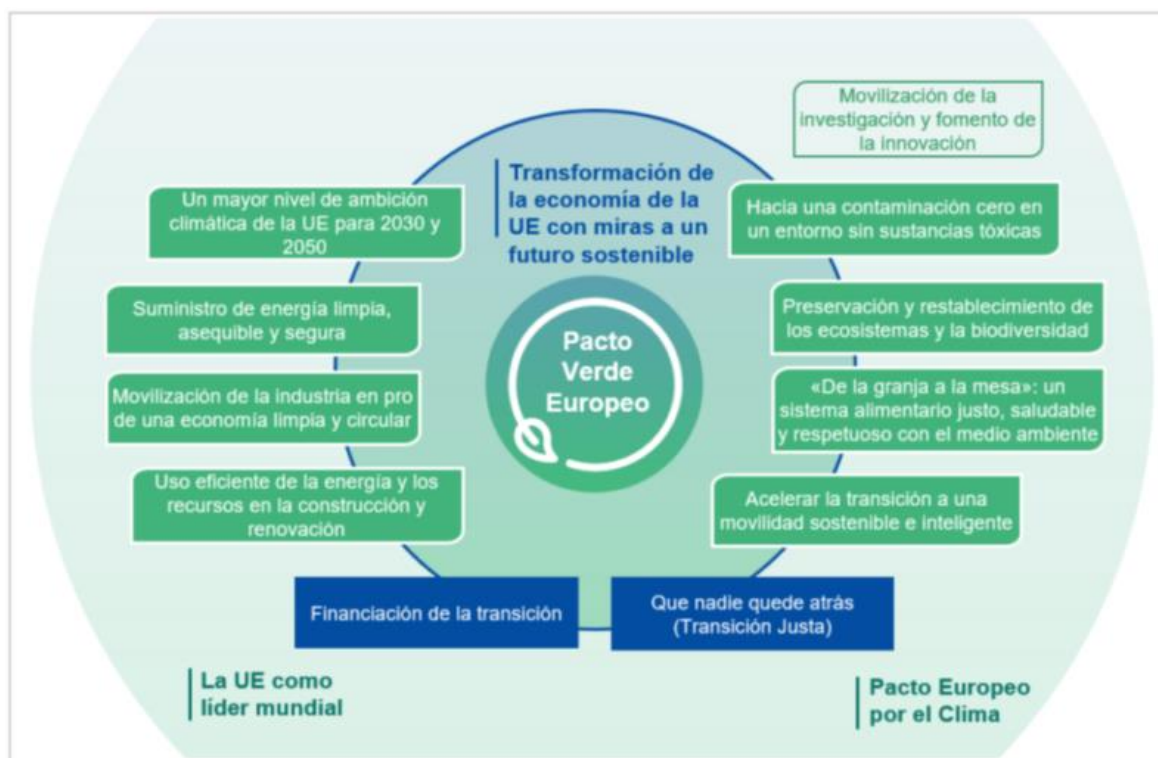


Figura 62. Estructura y contenidos del Pacto Verde Europeo (COM, 2019).

Centrándonos en el de mayor interés para el desarrollo de este TFM que sería el uso eficiente de la energía y los recursos en la construcción y renovación de edificios. Debido a que hoy en día la energía consumida en el ámbito de la construcción simboliza el 40% de la total, se ha vuelto parte de los grandes retos el hecho de reutilizar las edificaciones existentes, tanto públicas como privadas, con el fin de asegurar una “alta eficiencia energética para la climatización.” (Montse Guerrero, 2020)

La idea de aplicar el concepto de circularidad a este ámbito mediante la versatilidad en el uso de los espacios, la reutilización de sus componentes, como se mencionaba anteriormente, que estos sean pensados para su reutilización y que al final de la vida útil de un edificio, este termine siendo el inicio de una nueva, al cumplir la función de banco de materiales.

Como apoyo para volver realidad este conjunto de iniciativas, se creó el Plan de inversiones del Pacto Verde (EGDIP) que destina el 25% del presupuesto total de la UE para la realización de todo tipo de labores a favor del cambio climático entre 2021-2027.

Pensando en la diferencia de necesidades de cada una de las regiones europeas y con el fin de trabajar en equipo, dentro de este plan de inversiones se contempla un paquete económico de 100.000 millones de euros en el mecanismo para una transición justa (JTF) con el fin de poder abarcar las necesidades particulares de las zonas más afectadas, incluyendo el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el Fondo Social Europeo (FSE). Como podemos ver este pacto cuenta con gran apoyo, solo se han mencionado unos cuantos fondos, pero existen apoyos de todo tipo de programas y entidades, que velan por el continuo desarrollo del Pacto Verde Europeo.

Dentro de este Pacto se contemplan variedad de elementos que aportan fuerza a sus iniciativas, como es el Plan de acción de economía circular del 2020, que, con el fin de prolongar lo esfuerzos realizados en el Plan del 2015, este busca promover el consumo sostenible logrando que los recursos permanezcan dentro de la economía de la UE, esto por medio de la “generalización de los procesos de economía circular.” (Economía circular en la UE, MITECO). Para esto el plan propone:

- Volver los productos sostenibles una exigencia dentro de la norma de la UE.
- Consolidar a los consumidores y compradores públicos.
- Identificar y enfocar los sectores con potencial de circularidad, que cuentan con una alta demanda de recursos, como son la construcción, los vehículos, la electrónica, los plásticos, los alimentos, etc.
- Asegurar la reducción en la generación de residuos.
- Crear una circularidad a escala de personas, regiones y ciudades.
- Guiar los objetivos mundiales hacia la economía circular.

5.7 Estrategia Española de economía circular

Posteriormente en el año siguiente la **estrategia española de economía circular (EEEC)** lanzo el primer plan de acción para una transformación efectiva hacia la economía circular 2021-2023 con el fin de lograr una economía española “sostenible, descarbonizada, eficiente en el uso de los recursos y competitiva.” (MITECO, 2021). Éste sería el primer acercamiento para volver realidad los objetivos establecidos por dicha estrategia para el año 2030:

- Reducir en un 30 % el consumo nacional de materiales en relación con el PIB, tomando como año de referencia el 2010.
- Reducir la generación de residuos un 15 % respecto de lo generado en 2010.
- Reducir la generación residuos de alimentos en toda cadena alimentaria: 50% de reducción per cápita a nivel de hogar y consumo minorista y un 20 % en las cadenas de producción y suministro a partir del año 2020, contribuyendo así al ODS.
- Incrementar la reutilización y preparación para la reutilización hasta llegar al 10 % de los residuos municipales generados.
- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero por debajo de los 10 millones de toneladas de CO₂eq1.
- Mejorar un 10 % la eficiencia en el uso del agua.

Para cumplir estos objetivos, escritos literalmente como se en el documento oficial del I Plan de acción, la EEEC determino el desarrollo de cinco ejes y tres líneas de actuación.

Ejes de actuación.

- **Producción:** Promover la sustitución de recursos naturales no renovables por materias secundarias o materiales reciclados dentro del diseño de procesos y productos con el fin de que estos terminen siendo fácilmente reciclables o reparables.
- **Consumo:** Replantear la forma de consumir, concientizando hacia una prevención de desperdicio y producción de materias primas no renovables.
- **Gestión de residuos:** Tener presentes la reutilización y reciclaje de estos, mediante la correcta aplicación de la jerarquía de los residuos.
- **Materias primas secundarias:** disminuir la cantidad de recursos no renovables, sustituyéndolos por los contenidos en los residuos como materias primas secundarias, con el fin de cuidar el medio ambiente y la salud humana.
- **Reutilización y depuración del agua:** Concientizar el uso del agua, protegiendo la calidad y cantidad de las “masas acuáticas” aprovechando este recurso de manera sostenible.

Líneas de actuación.

- **Investigación, innovación y competitividad:** Incentivar la innovación en procesos, servicios, negocios, etc. Por medio de la aplicación de tecnologías nuevas, que impulsen la formación de investigadores, la colaboración público-privada, y la importancia de la existencia de áreas como I+D dentro de las empresas.
- **Participación y sensibilización:** Involucrar a la ciudadanía, agentes económicos y sociales sobre los retos a enfrentar respecto al cambio climático, la economía y la tecnología, con el fin de crear conciencia sobre la importancia del principio de jerarquía de los residuos.
- **Empleo y formación:** Mejorar los puestos de trabajo actuales y promover la aparición de nuevos, que cumplan con el marco que ofrece la EC.

Estos ejes y líneas de acción se llevarán a cabo por medio de distintas herramientas como es el primer plan de acción mencionado anteriormente que abarca la primera etapa de este inicio hacia un camino de descarbonización, un uso eficiente de los recursos y una economía sostenible.

5.8 LEVEL(S)

Por último, rompiendo este orden cronológico de los diferentes indicadores y normativas, y con el objetivo de llegar a la herramienta sobre la que se fundamenta gran parte del desarrollo de este TFM, nos centraremos en **LEVEL(S)** el marco común de la UE de indicadores básicos de sostenibilidad para edificios, evaluando su comportamiento ambiental, la salud y bienestar de los usuarios, el coste y valor del ciclo de vida y los posibles riesgos para el comportamiento futuro.

Las primeras ideas para su concepción surgen en el año 2015, sin embargo, existió un periodo de prueba de dos años (2017-2019) donde se sometieron a evaluación 130 proyectos de 21 países dentro de la UE, estos eran de tipo residencial y de oficinas, abarcando en estos tanto obra nueva como rehabilitación, al final de estos dos años se realiza el análisis de los resultados obtenidos y un año después (2020) se da a conocer la famosa herramienta LEVEL'S como se conoce en la actualidad.

Como se mencionó en la introducción, el sector de la construcción concentra la mayor cantidad de esfuerzos para poder lograr una economía circular en la UE, hoy en día, Level(s) se considera una de las principales vías para lograr este objetivo, mediante el análisis del ciclo de vida de los edificios con el fin de priorizar el bienestar ambiental del planeta que habitan y la salud de los que los habitan (usuarios).

Este marco se estructura de la siguiente manera:

- 1.- **Macroobjetivos:** Cuenta con 6 macroobjetivos, enfocados en contribuir al cumplimiento de los objetivos de las políticas de la UE en áreas como la energía, el agua, la calidad del aire en interiores, etc.
- 2.- **Indicadores básicos:** 16 indicadores que evalúan la conducta de los edificios que promueven el cumplimiento de los macroobjetivos.
- 3.- **Herramientas relativas a ciclo de vida:** Con el fin de generar un análisis que cuente con un enfoque que contemple todo el ciclo de vida, el marco cuenta con 4 herramientas que permiten la creación de distintos escenarios y una quinta herramienta que recopila los datos, incluyendo a esto una metodología de análisis del ciclo de vida simplificada.

4.- Calificación del valor y del riesgo: por último, “un sistema de listas de comprobación y calificación que ofrece información sobre la fiabilidad de las evaluaciones del comportamiento realizadas utilizando el marco Level(s).” (Nicholas Doodd y más, 2017)

A continuación, se muestra una visión general del marco identificando sus macroobjetivos, indicadores y áreas temáticas.

| | Macroobjetivo | Indicador |
|--|--|---|
| Comportamiento medioambiental | 1. Emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes a lo largo del ciclo de vida del edificio | 1.1 Rendimiento energético en la etapa de uso (Kwh/m ² /año) 1.2 Potencial de calentamiento global del ciclo de vida (kgCO ₂ eq./m ² /año) |
| | 2. Circularidad y uso eficiente de los materiales | 2.1 Inventario de materiales del edificio y vida útil (kg y años) 2.2 Residuos y materiales de construcción y demolición. (Kg/m ²) 2.3 Diseño para la adaptabilidad y la renovación 2.4 Diseño para la deconstrucción, la reutilización y el reciclaje |
| | 3. Uso eficiente de los recursos hídricos. | 3.1 Consumo de agua en etapa de uso (m ³ /ocupante/año) |
| Salud y confort | 4. Espacios saludables y confortables | 4.1 Calidad del aire interior (ppm) |
| | | 4.2 Tiempo fuera del rango de confort térmico (%) |
| | | 4.3 Iluminación y confort visual |
| | | 4.4 Acústica y protección contra el ruido |
| Coste y riesgos | 5. Adaptación y resiliencia al cambio climático | 5.1 Protección de la salud y el confort térmico del ocupante (%) |
| | | 5.2 Mayor riesgo de clima extremo |
| | | 5.3 Drenaje sostenible |
| 6. Coste y valor optimizados del ciclo de vida | Visión a largo plazo de los costes de vida útil y del valor de mercado de edificios más sostenibles que incluyen: Costes del ciclo de vida completo Fomentar la integración de aspectos de la sostenibilidad en la evaluación de valor del mercado y los procesos de calificación de riesgos y asegurar que se haga de la manera más informada y transparente posible. | 6.1 Costes del ciclo de vida (€/m ² /año) |
| | | 6.2 Creación de valor y factores de riesgo |

Figura 63. Estructura de Level(s) (Nicolás Bermejo, 2021).

Dentro de la estructura de este marco también se identifican 3 niveles para la evaluación del comportamiento de un edificio:

- **Nivel 1:** El diseño conceptual, se basa en evaluar cualitativamente el fundamento del diseño conceptual e informar los conceptos que se tomaron en cuenta o que se pretenden aplicar. Establecer un punto de referencia común para la evaluación del comportamiento, utilizando unidades de medida y métodos de cálculo básicos y comunes. Este está destinado tanto a profesionales como inversores y sector público.

- **Nivel 2:** Este evalúa el comportamiento del edificio conforme al diseño detallado y la construcción, se considera un nivel intermedio ya que evalúa cuantitativamente a partir de unidades y métodos normalizados, debido al grado de evaluación este nivel está destinado más que nada a profesionales.
- **Nivel 3:** Se centra en el comportamiento según la construcción y el uso, evalúa la manera en la que se comporta el edificio una vez terminado y en uso, por lo que se considera el nivel más avanzado, ya que vigila y controla tanto la actividad de la obra, como la actividad del edificio en uso.

(Nicholas Dodd et al., 2021)



Figura 64. Niveles de evaluación de Level(S) (JRC Technical Reports, 2021).

Por otro lado, dentro del diagrama de visión general del marco Level(s) en el macroobjetivo 2 nombrado “Ciclos de vida de los materiales circulares y que utilizan eficientemente los recursos” centrado en la optimización del “diseño, la ingeniería y la forma del edificio para contribuir a un flujo sencillo y circular, ampliar la utilidad de los materiales a largo plazo y reducir los impactos ambientales significativos.” (Nicholas Doodd et al., 2021). Podemos ubicar el indicador 2.4 “Diseño con fines de deconstrucción, reutilización y reciclado”. Por medio de este indicador se logra evaluar cuantitativamente la medida en que “el diseño de un edificio podría facilitar la futura reutilización, reciclado o revalorización de elementos, componentes, partes constituyentes y materiales del edificio” (Nicholas Doodd et al., 2022). Esta evaluación concluye con una puntuación entre 0 y 100, donde 100 significa la plena reutilización de los componentes y elementos del edificio, esta puntuación puede ser en base a la masa o al valor de los componentes y elementos.

6.1 Herramienta

Esta consiste en el análisis del cumplimiento de las 3 erres determinadas como factores, planteadas en el año 2004 por la organización ecologista Greenpeace con el fin de crear consciencia en el consumo y generación de residuos para el cuidado del medio ambiente. Con este mismo objetivo, pero planteándolo al ámbito de la arquitectura, esta herramienta determina 16 indicadores de sostenibilidad extraídos de variedad de fuentes, los cuales, por medio de una matriz de criterios ponderados (Método desarrollado por Stuart Pugh), se evalúan con puntaje del 1 al 3+1 de acuerdo a su cumplimiento, acumulando cierta cantidad de puntos, obteniendo como resultado, una calificación respecto al cumplimiento de las 3 erres.

6.2 Factores

| FACTOR | DESCRIPCIÓN |
|----------------------|---|
| Reducción (FR1) | Este factor se enfoca en analizar la capacidad de reducción de residuos del edificio, analizando cuestiones de simplicidad y versatilidad del edificio y de los elementos constructivos, materiales, e instalaciones que lo conforman. Es considerado el factor de mayor importancia, por eso se determina FR1 y así sucesivamente. |
| Reutilización (FR2) | Este factor se centra en valorar la longevidad de los edificios, considerando aspectos como su vida útil, y la capacidad de sus componentes para cumplir la misma función durante más tiempo. |
| Reciclabilidad (FR3) | El tercer factor se centra en el fin de la vida útil de un edificio, sus elementos, materialidad y componentes, en la capacidad de convertirse en materia prima para el inicio de una nueva vida. |

Figura 65. Factores de la herramienta de las 3Rs (Elaboración propia).

6.3 Indicadores

| FACTOR | INDICADOR | TIPO DE INDICADOR | CRITERIO DE EVALUACIÓN (De 1 a 3 y en ocasiones 3+1) | DESCRIPCIÓN | REFERENCIAS O FUENTES |
|-----------|---|-------------------|--|---|-----------------------|
| REDUCCIÓN | Contará o ha contado con otros usos | Cualitativo | No o indefinido=1 Sí=3 | Especificar si el edificio ha tenido distintos usos al actual o si se planea que en un futuro pueda cambiar de uso. | ACV |
| | Cuenta con instalaciones accesibles | Cualitativo | No o indefinido=1 Sí=3 | Identificar si las instalaciones cuentan con facilidad de acceso evitando la necesidad de hacer roturas en elementos arquitectónicos para su reparación o mantenimiento. | ISO 20887 |
| | Cuenta con elementos prefabricados | Cualitativo | No o indefinido=1 Sí=3 | Especificar si la edificación cuenta con elementos prefabricados que permitan reducir cantidad de residuos, mano de obra y tiempos de ejecución y construcción. | DFD |
| | Cuenta con núcleos de circulación independientes | Cualitativo | No o indefinido=1 Medio=2 Sí=3 | Aclarar si los núcleos de circulación son independientes, es decir, que cuentan con estructura propia, reduciendo la complejidad de separación de estructuras para futuros usos. | Louis I. Kahn |
| | Cuenta con elementos estandarizados y repetitivos | Cualitativo | No o indefinido=1 Sí=3 | Especificar si el edificio cuenta con este tipo de elementos que permitan reducir la variedad de componentes, así como la complejidad de construcción y futuro desmontaje, reutilización o reciclaje. | Propia DFD |
| | Cuenta con plantas libres | Cualitativo | No o indefinido=1 Sí=3 | Identificar si la edificación cuenta con plantas libres, que permitan la versatilidad del espacio, reduciendo la existencia de divisiones que involucren demoliciones para futuros usos o destinos. | Le Corbusier |

| FACTOR | INDICADOR | TIPO DE INDICADOR | CRITERIO DE EVALUACIÓN (De 1 a 3 y en ocasiones 3+1) | DESCRIPCIÓN | REFERENCIAS O FUENTES |
|----------------|--|-------------------|---|---|-----------------------|
| REDUCCIÓN | Sus conexiones son reversibles y de fácil acceso | Cualitativo | No o indefinido=1 Sí=3 | Identificar el tipo de conexiones mecánicas, sencillas y reversibles, que eviten cuestiones destructivas y permitan el fácil manejo de los elementos. | DFD Level(S) |
| REUTILIZACIÓN | Los elementos y sus partes son independientes y de separación sencilla | Cualitativo | No o indefinido=1 Sí=3 | Determinar el potencial de separación de los elementos del edificio conectados entre sí, sus componentes y partes constituyentes de manera independiente. | Level(S) |
| | Existen opciones de reutilización establecidas para los elementos constituyentes | Cualitativo | No o indefinido=1 Sí=3 | Se especifica que el elemento está listo para ser reutilizado y volver a cumplir su misma función en una nueva vida. | Level(S) Propia |
| | Vida útil del edificio (Años) | Cuantitativo | 50 años, menos o indefinido= 1 51-100= 2 101-150= 3 151 o más= 3+1 | “El período de tiempo después de la instalación o construcción durante el cual un edificio o sus partes cumplen o exceden los requisitos mínimos de rendimiento para lo cual fueron diseñados y construidos”. | ISO156 86-1 |
| | Porcentaje de elementos reutilizados | Cuantitativo | 0-30%= 1 31-60%= 2 61-90%= 3 91-100%=3+1 | Identificar el porcentaje de elementos reutilizados con los que cuenta el edificio. | Propia |
| | Porcentaje de elementos que pueden ser reutilizados | Cuantitativo | 0-30%= 1 31-60%= 2 61-90%= 3 91-100%=3+1 | Identificar el porcentaje de elementos del edificio que pueden ser reutilizados, con el fin de cumplir con un nuevo ciclo de vida, respetando su función. | Propia |
| RECICLABILIDAD | Los materiales constituyentes pueden separarse con facilidad | Cualitativo | No o indefinido=1 Sí=3 | “Debería ser posible separar los componentes y sus partes materiales constituyentes”. | Level(S) |
| | Existen opciones de reciclado establecidas para las partes constituyentes o materiales | Cualitativo | No o indefinido=1 Sí=3 | “ La parte o el material está listo para ser reciclado en productos con un ámbito de aplicación y función similares, maximizando así su valor circular”. | Level(S) |
| | Porcentaje de materiales reciclados | Cuantitativo | 0-30%= 1 31-60%= 2 61-90%= 3 91-100%=3+1 | Identificar el porcentaje de materiales reciclados con los que cuenta el edificio. | Propia |
| | Porcentaje de materiales que pueden ser reciclados | Cuantitativo | 0-30%= 1 31-60%= 2 61-90%= 3 91-100%=3+1 | Identificar el porcentaje de materiales del edificio que pueden ser reciclados, con el fin de cumplir con una economía circular. | Propia |

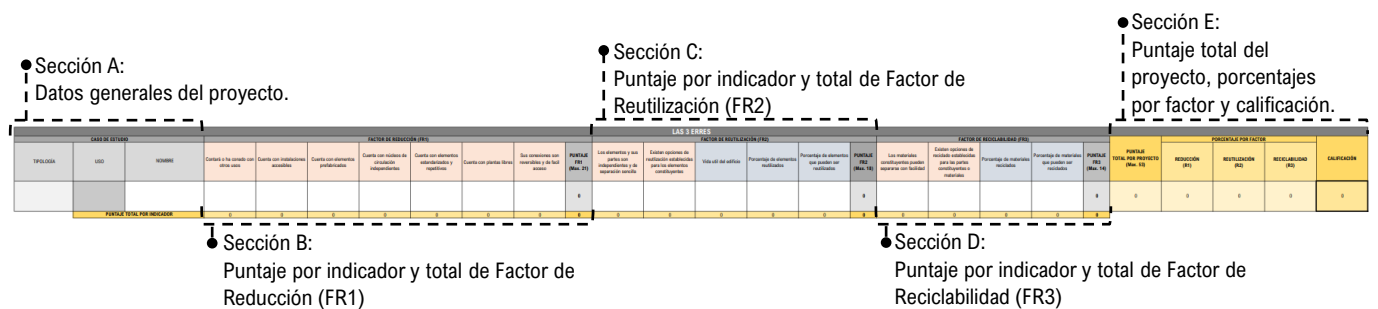
Figura 66. Indicadores de la herramienta de las 3Rs (Elaboración propia).

El objetivo de esta herramienta es recabar la información necesaria para analizar, evaluar y calificar el consumo responsable de la arquitectura, respecto a las 3 erres, logrando mediante sus resultados:

- Identificar fortalezas y debilidades del edificio respecto a una arquitectura consciente, mediante el puntaje obtenido en cada indicador, con el fin de mejorar y reforzar cada uno de los criterios.
- En caso de aplicarla a un edificio en etapa de diseño, ayudaría a identificar los indicadores a tomar en cuenta para lograr el cumplimiento de las 3 erres determinando el futuro del edificio y sus componentes al terminar con su vida útil, principalmente, mediante el puntaje obtenido en cada factor.
- En caso de aplicarla a un edificio existente sería una gran herramienta para identificar el mejor destino del edificio y sus elementos, al final de su vida útil, determinando su reutilización o reciclaje según el puntaje obtenido en cada factor.
- Realizar una comparativa entre proyectos, con el fin de identificar el grado de cumplimiento de las 3 erres, ubicando el edificio más responsable y sus características, mediante el puntaje total de cada proyecto.

6.4 Formato de herramienta

La herramienta se aplica mediante la introducción de datos en el siguiente formato de Excel:



Sección A y B:

| CASO DE ESTUDIO | | | FACTOR DE REDUCCIÓN (FR1) | | | | | | PUNTAJE FR1 (Max. 21) |
|-----------------------------|-----|--------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|---|---------------------------|--|
| TIPOLOGÍA | USO | NOMBRE | Contará o ha conado con otros usos | Cuenta con instalaciones accesibles | Cuenta con elementos prefabricados | Cuenta con núcleos de circulación independientes | Cuenta con elementos estandarizados y repetitivos | Cuenta con plantas libres | Sus conexiones son reversibles y de fácil acceso |
| | | | | | | | | | |
| PUNTAJE TOTAL POR INDICADOR | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

NOTA: Las celdas vacías indican entradas de información obligatorias, el resto son resultados automáticos de cálculos realizados con la información ingresada.

Indicadores:

Factores

Cualitativos

Cuantitativos

Totales

Sección C y D:

| LAS 3 ERRES | | | | | FACTOR DE RECICLABILIDAD (FR3) | | | | | |
|--|--|--------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------|--|--|-------------------------------------|--|-----------------------|
| FACTOR DE REUTILIZACIÓN (FR2) | | FACTOR DE RECICLABILIDAD (FR3) | | | FACTOR DE REUTILIZACIÓN (FR2) | | FACTOR DE RECICLABILIDAD (FR3) | | | |
| Los elementos y sus partes son independientes y de separación sencilla | Existen opciones de reutilización establecidas para los elementos constituyentes | Vida útil del edificio | Porcentaje de elementos reutilizados | Porcentaje de elementos que pueden ser reutilizados | PUNTAJE FR2 (Max. 18) | Los materiales constituyentes pueden separarse con facilidad | Existen opciones de reciclado establecidas para las partes constituyentes o materiales | Porcentaje de materiales reciclados | Porcentaje de materiales que pueden ser reciclados | PUNTAJE FR3 (Max. 14) |
| | | | | | 0 | | | | | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Figura 67. Formato de herramienta de las 3Rs (Elaboración propia).

Sección E:

| PUNTAJE TOTAL POR PROYECTO (Max. 53) | PORCENTAJE POR FACTOR | | | CALIFICACIÓN |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|--------------|
| | REDUCCIÓN (R1) | REUTILIZACIÓN (R2) | RECICLABILIDAD (R3) | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Diagrama de flujo: El número 1 apunta a la columna 'PUNTAJE TOTAL POR PROYECTO'. El número 2 apunta a las columnas 'REDUCCIÓN (R1)', 'REUTILIZACIÓN (R2)' y 'RECICLABILIDAD (R3)'. El número 3 apunta a la columna 'CALIFICACIÓN'.

1-En esta columna aparece la suma total de los puntos obtenidos en cada uno de los factores, siendo el máximo de puntos 53 (48+5 Extras), de acuerdo con el criterio de evaluación de cada indicador, con el fin de determinar la primera cifra de la calificación, que será una letra, correspondiente a los siguientes rangos:



2-En estas columnas aparecen los porcentajes de cada uno de los factores, correspondientes a los puntos obtenidos, con el fin de identificar en cuál de las 3 erres tiene mayor cumplimiento el edificio, este porcentaje se calcula de la siguiente manera:

- Factor de reducción (FR1): Puntaje máximo 21.
- Factor de reutilización (FR2): Puntaje máximo 15, con posibilidad a 18 por los indicadores cuantitativos donde existe el punto extra (3+1).
- Factor de reciclabilidad (FR3): Puntaje máximo 12, con posibilidad a 14 por los indicadores cuantitativos donde existe el punto extra (3+1).

Por lo que, para obtener el porcentaje de cada erre, se emplea la siguiente formula:

$$\%R = \frac{\text{Puntaje total del factor a calcular}}{\left(\frac{100}{\text{Puntaje máximo de ese factor sin puntos extra}} \right)} = \text{\% de Cumplimiento de ese factor}$$

Una vez obtenidos los porcentajes, podemos determinar la cifra numérica de la calificación, de acuerdo con la ubicación del mayor porcentaje:



3-En esta última columna se muestra la calificación obtenida, la cual puede surgir de las siguientes combinaciones:

DIAGRAMA DE CALIFICACIONES

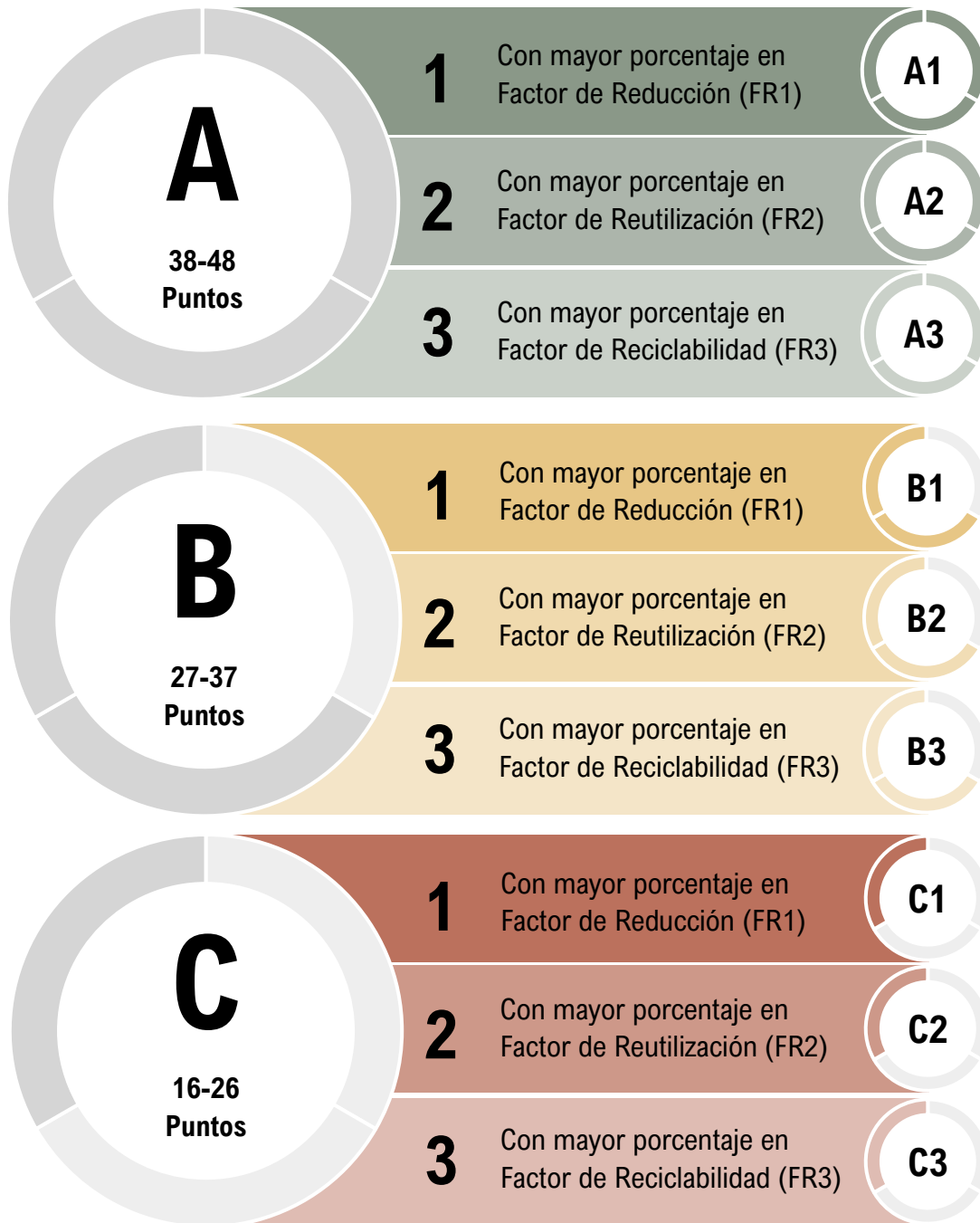


Figura 68. Formato de calificación de la herramienta de las 3 erres (Elaboración propia).

El orden de rangos de A a B va en sentido descendente, donde “A” se identifica con los puntajes más altos en color verde, “B” con los medios en tonalidades amarillas y “C” con los más bajos, en colores rojo, siguiendo el orden natural del abecedario y la interpretación de los colores. En el caso de la segunda cifra de la calificación, donde de acuerdo con la ubicación del porcentaje más alto, la cifra se traduce a 1, 2 o 3, esto se debe a la relevancia de cada “R” de acuerdo con la filosofía de Greenpeace, identificando el siguiente orden, reducir, seguido de esto reutilizar y por último reciclar, en caso de que haya 2 porcentajes iguales, se otorgara la cifra de acuerdo con la “R” de mayor prioridad, en caso de que los 3 porcentajes sean iguales, no existirá segunda cifra dentro de la calificación.

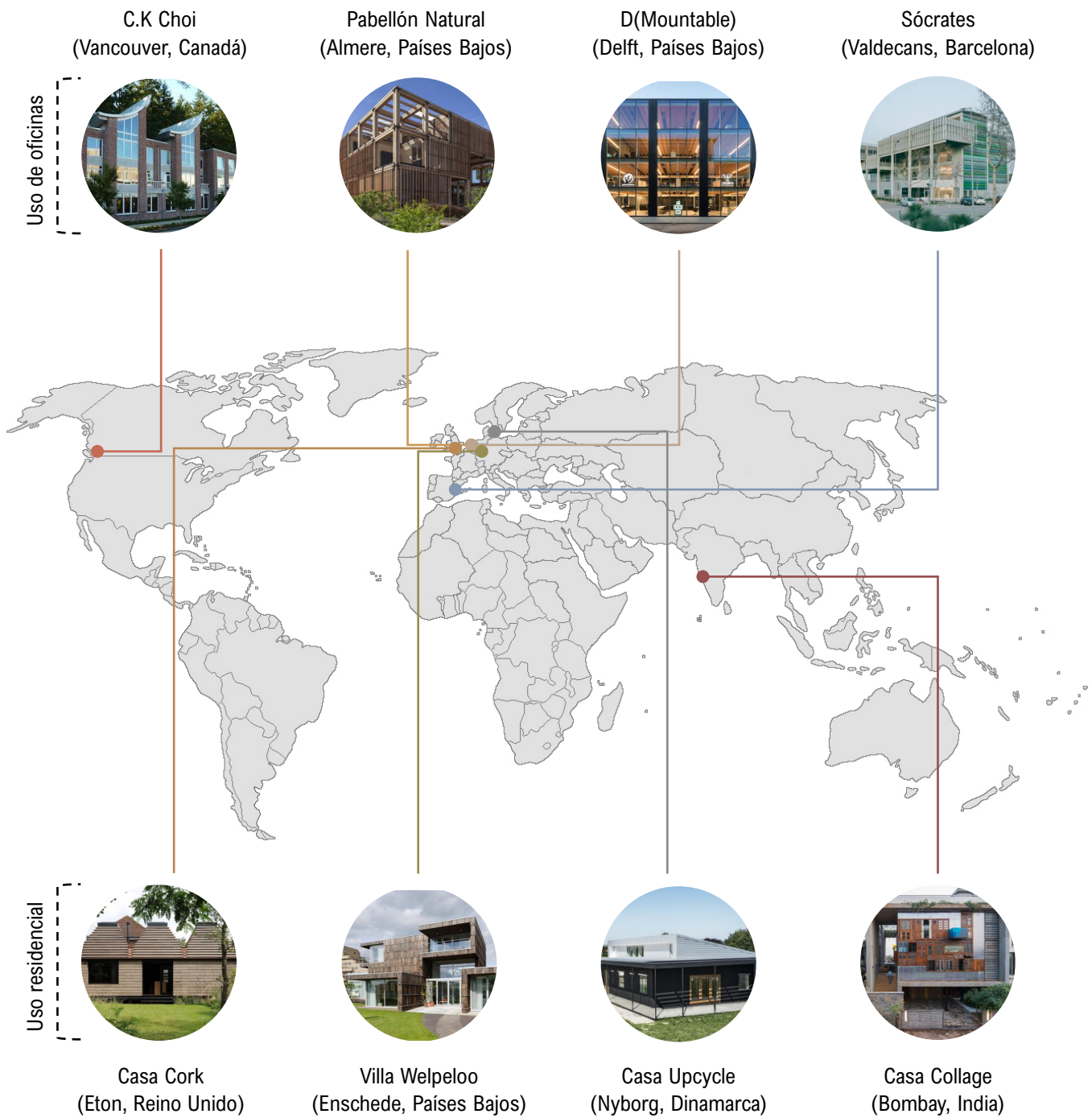


Figura 69. Gráfico de casos de estudio (Elaboración propia).

La elección de estos casos, parte de la búsqueda de edificaciones que persiguen la sostenibilidad, que hayan sido diseñadas y ejecutadas con materiales reciclados, o con el objetivo de desmontarse en un futuro, por otra parte, se buscó que fueran de uso residencial o de oficinas, ya que los parámetros de evaluación, análisis y certificaciones más utilizados hoy en día están enfocados en edificaciones de este tipo, lo que facilitó la obtención de información relacionada.

Durante esta búsqueda se pudo identificar edificaciones de diferentes lugares, ambientes y épocas, sin embargo, también se logran ubicar los países pioneros en el desarrollo de este tipo de arquitectura.

Edificios construidos con materiales reciclados y reutilizados



7.1 Pabellón natural



7.2 C.K-Choi



7.3 Casa Collage



7.4 Villa Welpeloo

7.1 PABELLÓN NATURAL



Figura 70. Exterior (ArchDaily, Paula Pintos, 2022).



Figura 71. Terraza (Detail, Jakob Schoof, 2023)

Ubicación: Floriade, Almere, Países Bajos.

Año: 2022 (1 año de construcción)

Arquitecto: DP6

Superficie construida: 987m²

Niveles: 3

Uso: Pabellón de exposición de horticultura, posteriormente edificio de oficinas y conferencias.

Ciente: Floriade expo

Constructora: Oosterhoff - HE asesores

Ingeniería Estructural y acústica: Oosterhoff – ABT

Ingenieros de construcción en madera: Oosterhoff - Adviesbureau Lüning

Materialidad: Madera de abeto Douglas, vidrio y variedad de materiales de base biológica.

Cimentación: Pilotes de madera.

Estructura Vertical: Entramado de vigas de madera de abeto Douglas con uniones universales de acero.

Estructura Horizontal: Madera contra laminada, con tensores y uniones de acero, cubierta plana con vegetación.

Instalaciones: Accesibles, en su mayoría conducidas por bandejas perforadas.

Envolvente: Madera en diferentes tratamientos, secciones de vidrio y secciones con acabados de materiales biológicos.

El pabellón natural, es una arquitectura inspirada en la circularidad, con la posibilidad de desarmarse y reconstruirse en su totalidad, cambiando su configuración y ubicación. Este se enfoca en los desafíos que enfrentan actualmente los Países Bajos, escasez de vivienda, agricultura más sostenible, restauración de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático, es por eso que es de base casi 100% biológica.

El edificio se conforma a través de 2 elementos principales, un entramado estructural de módulos cúbicos de 3.5 x 3.5m de vigas de madera local, conectadas por uniones de acero universales y un conjunto de materiales y acabados de base biológica y reutilizados, como pisos y paredes de CLT, vidrio reutilizado, que cumplen con todo tipo de requisitos para generar los espacios necesarios, desde cuestiones acústicas hasta seguridad contra incendios.

El impacto ambiental de este edificio es mínimo gracias a la minimización de materiales y su circularidad y base biológica, su cimentación ligera de pilotes de madera y la integración de vegetación en toda su extensión, agregando a esto el hecho de que los elementos que lo conforman fueron fabricados en el taller para el montaje 'plug-and-play', lo que resultó en emisiones de CO2 extremadamente bajas.

El edificio fue proyectado para tener una vida útil indefinida, incluso este fue proyectado pensando ya en su siguiente ciclo de vida, donde funcionará como un edificio de oficinas hasta el año 2025, donde pasará a formar parte del proyecto de alimentación sostenible Flevo Campus.

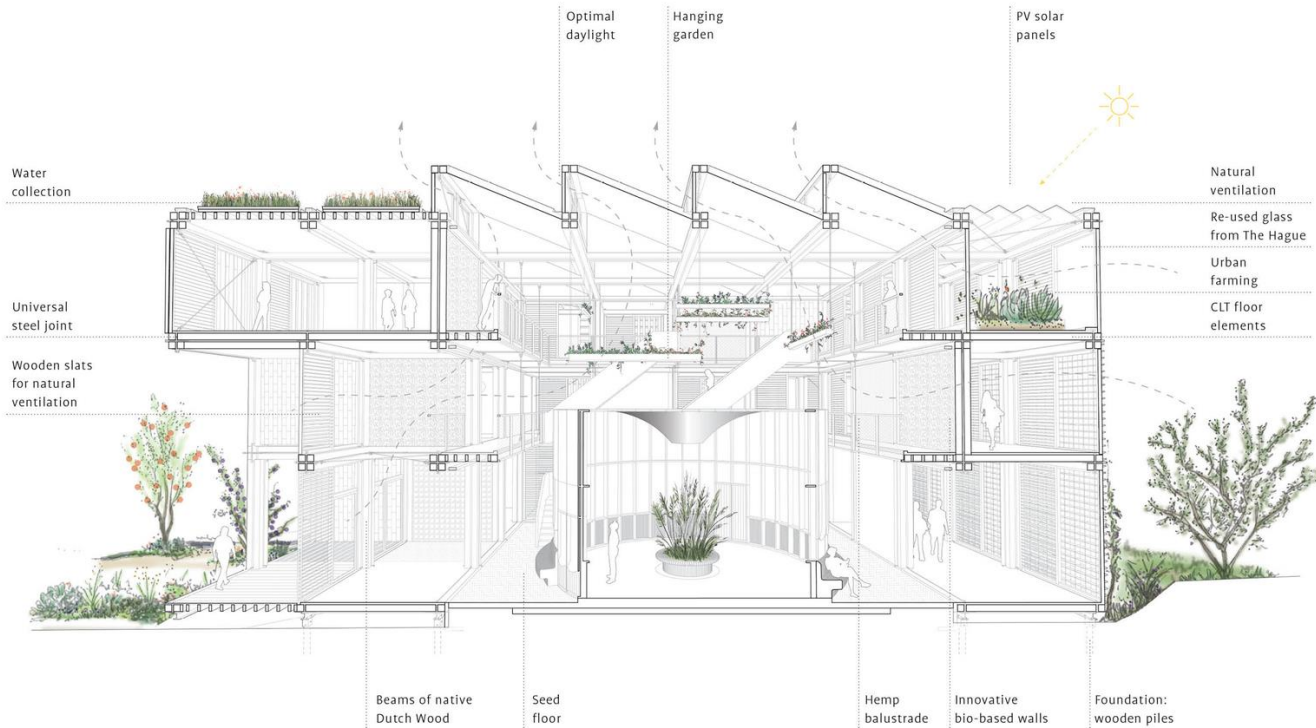


Figura 72. Sección transversal, DP6 Architectuur studio (Detail, Jakob Schoof, 2023).

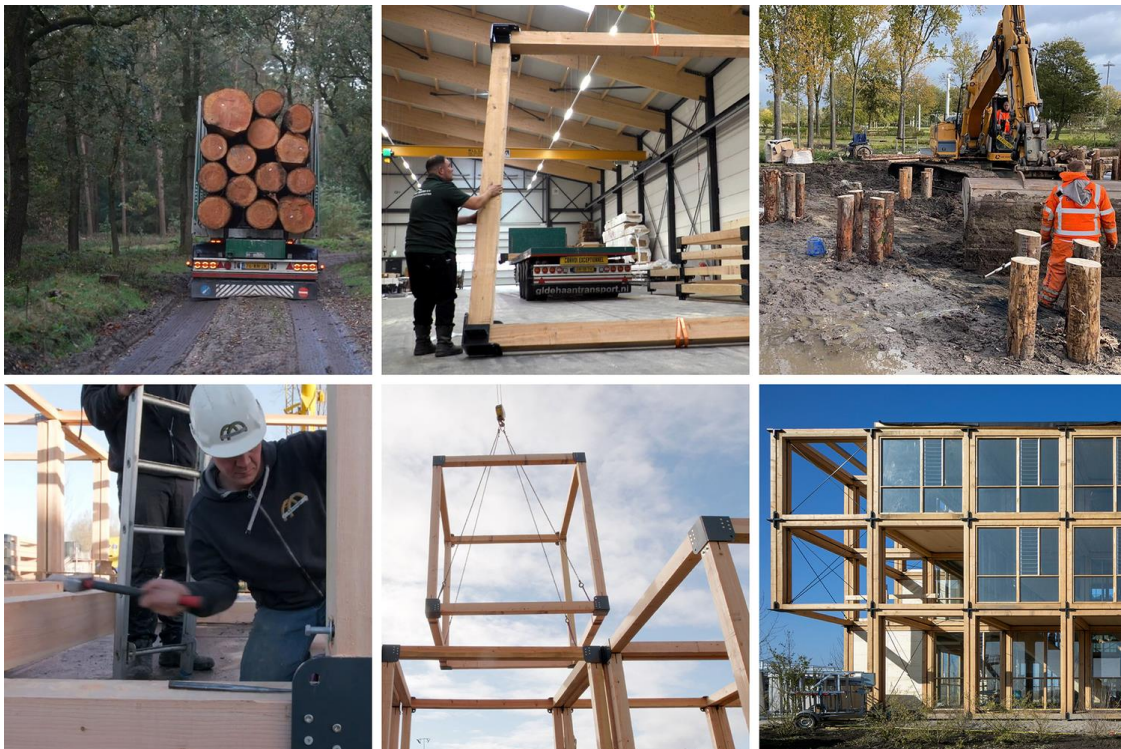


Figura 73. Fotos variadas (DP6 Architectuur studio, Divisare, 2023).

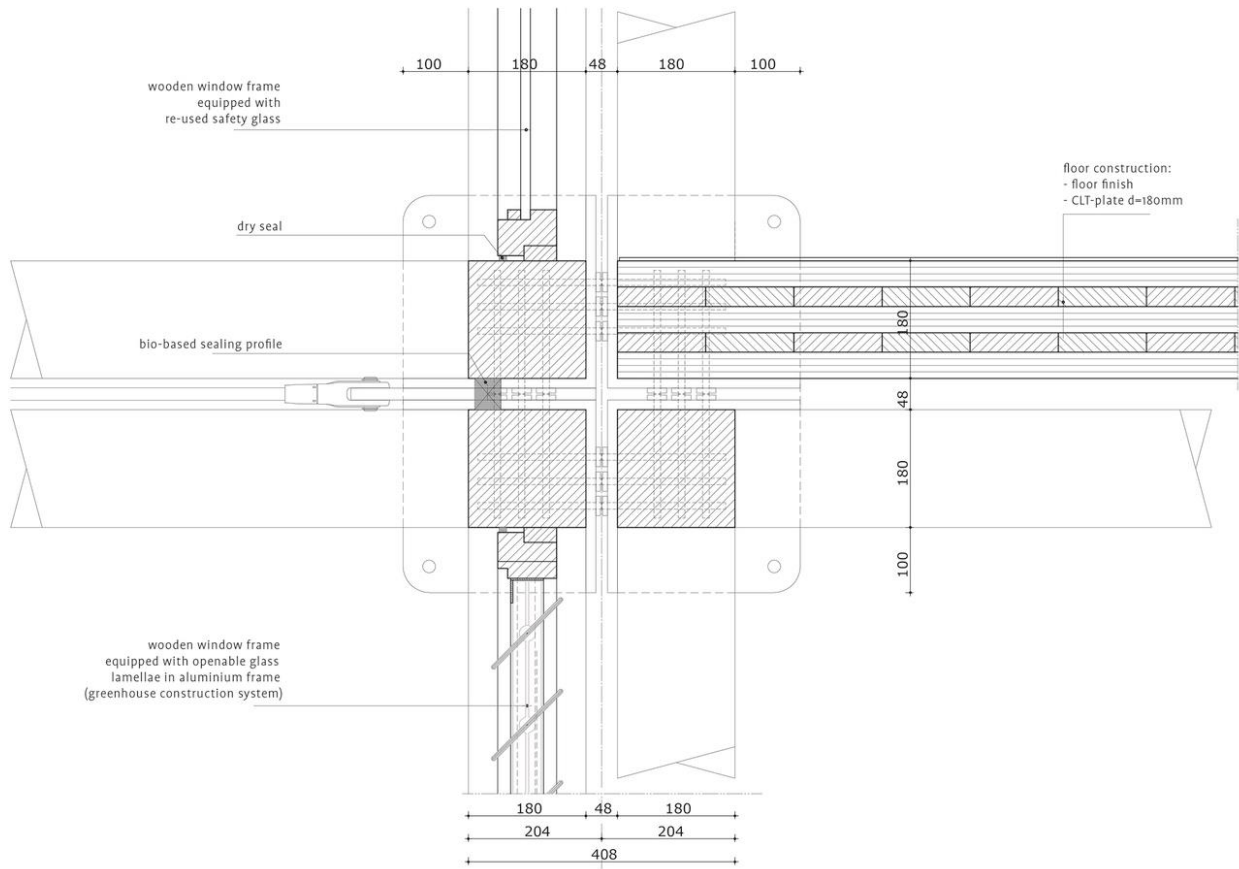


Figura 74. Detalle estructural (Ashui, 2023).

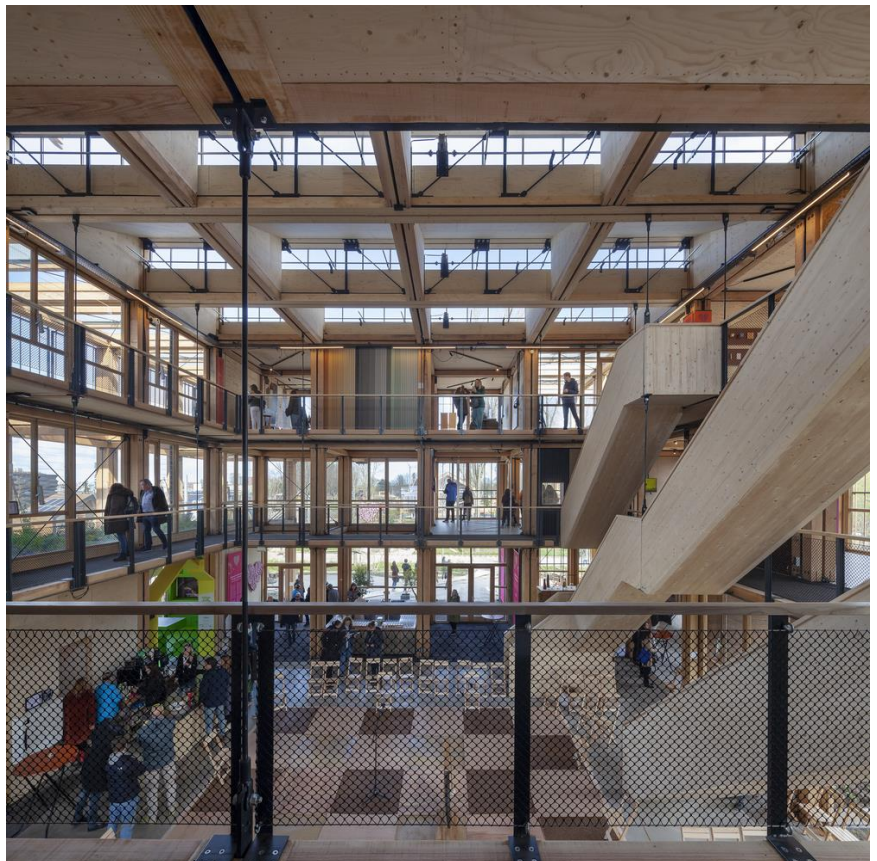


Figura 75 y 76. Interior (Detail, Jakob Schoof, 2023)

7.2 C.K-CHOI



Ubicación: Vancouver, Canadá

Año: 1996

Arquitecto y constructor: Matsuzaki Wright Arquitectos

Superficie construida: 3200m²

Niveles: 3

Uso: Oficinas del Instituto de estudios Asiáticos

Ciente: University of British Columbia.

Ingeniero Estructural: Read Jones Christoffersen

Materialidad: Concreto pulido visto, acero y metal expuestos y madera.

Cimentación: Zapatas de Hormigón

Estructura Vertical: Pilares atornillados y empalmados con conexiones de acero reciclado, diseñadas para ser desmontables.

Estructura Horizontal: Vigas de madera con conexiones de acero como soporte de la losa de concreto pulido y cubiertas curvas de lámina de acero con vigas de madera laminada encolada.

Instalaciones: Ocultas y expuestas por método de colganteo.

Envolvente: Recubrimiento de ladrillo rojo 100% reciclado, vanos con vidrio y marcos de PVC reciclable.

Premios: Excelencia en innovación 1998, Premio Tierra 1996, entre otros.

Este edificio, de oficinas diseñado pensando en la flexibilidad y cambios necesarios a través del tiempo, cuenta con una vida útil de 200 años. Su forma larga y estrecha rematada por las características cubiertas curvas se debe a las limitaciones del tamaño de la madera recuperada y reutilizada que conforma la estructura, así como el objetivo de respetar la zona arbolada existente en los alrededores.

El 70% de la estructura se conforma de cerchas de abeto Douglas recuperadas en 1990 de la demolición del edificio Armony de la década de 1940. Otro material reutilizado, en este caso al 100% fue el recubrimiento de ladrillo rojo presente en toda la fachada, que había pertenecido a un edificio del centro de Vancouver que fue demolido. Entre otros elementos reutilizados se identifica el 75 % del acero utilizado, muebles de baño, conductos para instalación eléctrica, puertas y marcos de carpintería. En resumen, se compone en un 50% de materiales reutilizados/reciclados, por lo que el mismo 50% de materiales son aptos para reciclarse o reutilizarse en un futuro.



Figura 77. Fachada (Wikipedia, 2023)

Figura 78. Interior (Don Erhardt, Naturallywood, 2023)



Figura 79 y 80. Interior (Don Erhardt, Naturallywood, 2023)

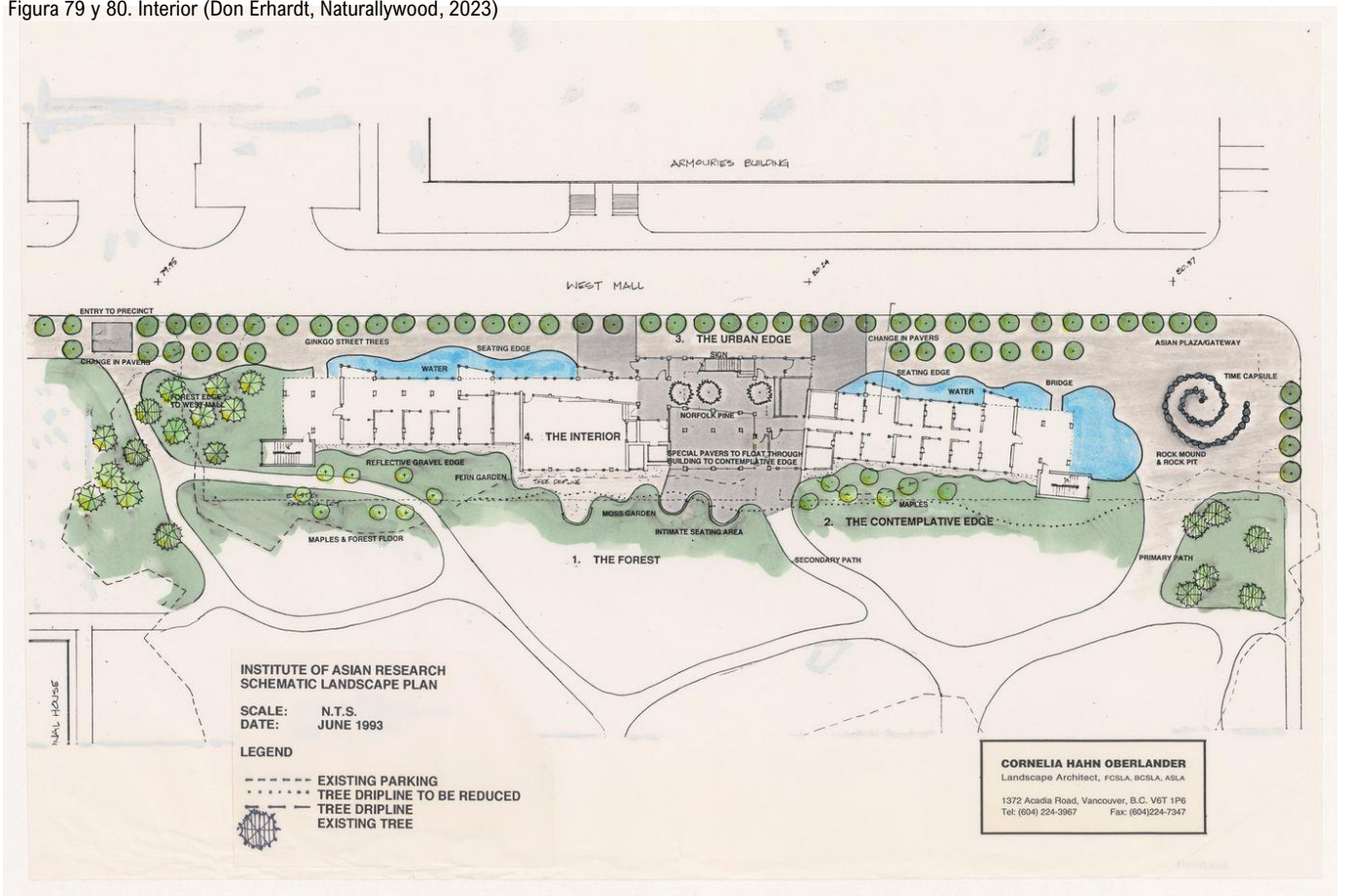


Figura 81. Dibujo de planta arquitectónica (Fondo Cornelia Hahn Oberlander, CCA, 1993)

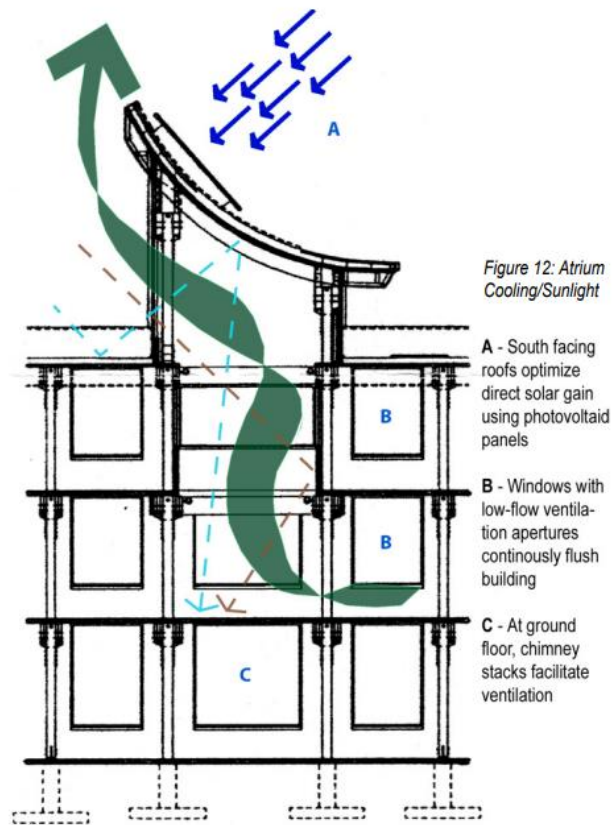


Figura 82. Diagrama de estrategias de ventilación(The ecological Engineering, 2006)

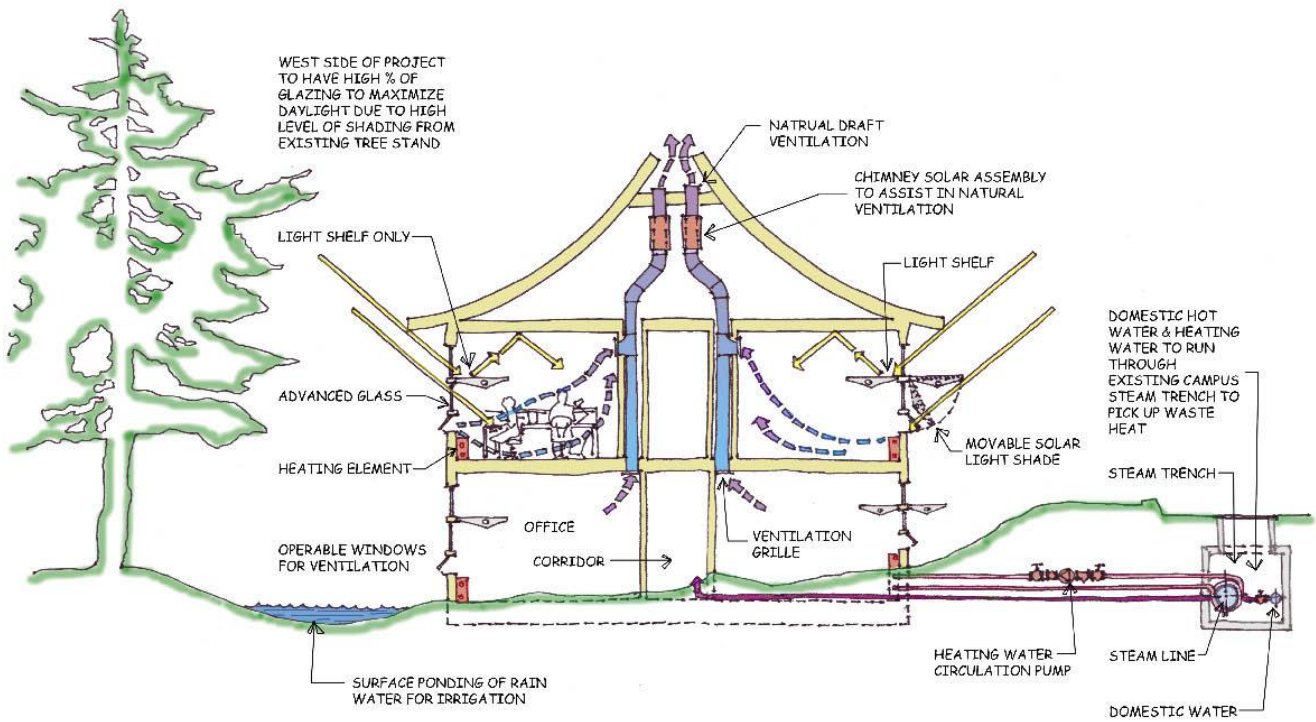


Figura 83. Diagrama de estrategias de confort (The ecological Engineering, 2006)

7.3 CASA COLLAGE



Figura 84. Fachada Principal (ArchDaily, 2016).



Figura 85. Patio interior (ArchDaily, 2016)

Ubicación: Bombay, India.

Año: 2015

Arquitecto: S+PS

Superficie construida: 520m²

Niveles: 3

Uso: Residencial

Ciente: Sr. Bhargava

Constructora: Arkk Consultants

Ingeniería Estructural: Rajeev Shah & Associates

Obra civil y acabados: Kantilal Suthar, Sawarmal, Jagdish Mulchand, Jagrut Kumar

Materialidad: Hormigón y madera en su mayoría.

Cimentación: Muros de contención de piedra.

Estructura Vertical: Hormigón armado y acero.

Estructura Horizontal: Hormigón armado y acero inoxidable.

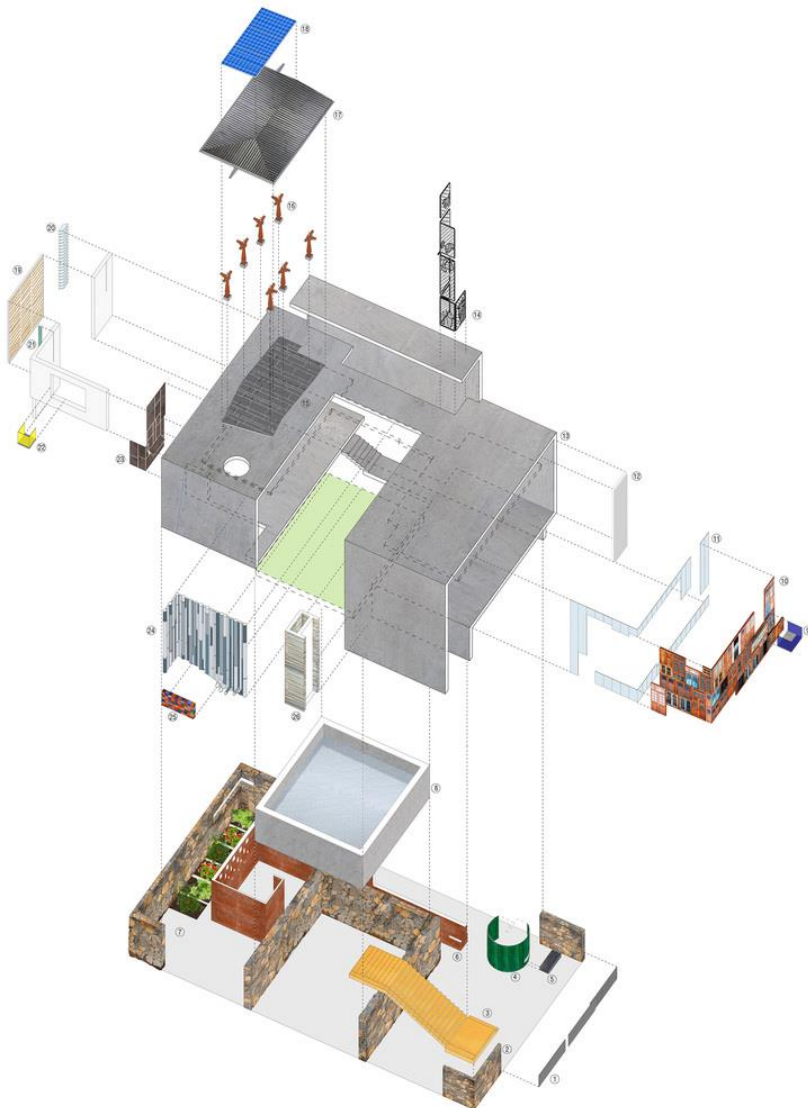
Instalaciones: Ocultas

Envolvente: Muros de hormigón aparente, collage de puertas y ventanas reutilizadas, tuberías y láminas metálicas recicladas.

Esta casa ubicada en la cima de una colina, está compuesta en gran parte de materiales reciclados y reutilizados, cuenta en su fachada principal con ventanas y puertas recicladas de sitios de demolición, así como los muros recubiertos de piedras procedentes de la excavación, en lo alto de la vivienda, se encuentra la terraza, la cual cuenta con un área techada sostenida por siete columnas de piedra de granito y madera maciza, con más de 100 años de antigüedad, estas se rescataron de una casa desmantelada en Chochin.

En el patio, también se identifican materiales reutilizados, como es el muro de tuberías metálicas de bajada de agua pluvial, que aparenta ser un muro estructural de bambú, dirigiéndola a cuatro diferentes tanques, hasta llegar al tanque de recolección de 50,000 litros. En uno de los laterales de este mismo patio, se puede identificar un muro recubierto de chatarra de placas metálicas remachadas, así como una jardinera adornada con azulejos color Kitsch.

En el interior también se puede identificar el contraste entre lo reciclado y nuevo, como pisos de vigas antiguas, bloques textiles antiguos, muebles coloniales, etc. Todo esto envuelto en un marco rígido de concreto armado, que contiene todo el desarrollo de la vivienda en los tres niveles.



- 1 Tizones de metal corrugado
- 2 Muros de piedra
- 3 Escalera de acceso
- 4 Tambor de vidrio apilado verticalmente
- 5 m.s placa caja ventana tanque
- 6 Muros de ladrillo visto
- 7 Tanque de agua 50,000 lt
- 8 Balcón de cristal azul
- 9 Muro de puertas y ventanas
- 10 Relleno de policarbonato esmerilado multimall
- 11 Louvers de aluminio
- 12 Estructura envolvente de hormigón
- 13 Elevador metálico
- 14 Plataforma de pabellón de granito pulido
- 15 Columnas de pabellón
- 16 Cubierta de pabellón de acero inoxidable
- 17 Placas solares
- 18 Muro de bambú tratado
- 19 Louvers de cristal
- 20 Cristal proyectante
- 21 Balcón de cristal amarillo
- 22 Revestimiento de metal reciclado
- 23 Pared de tuberías de bambú
- 24 Azulejos jardinera
- 25 Muro de tiras de piedra

Figura 86. Diagrama de composición (Architecture.live, 2017).

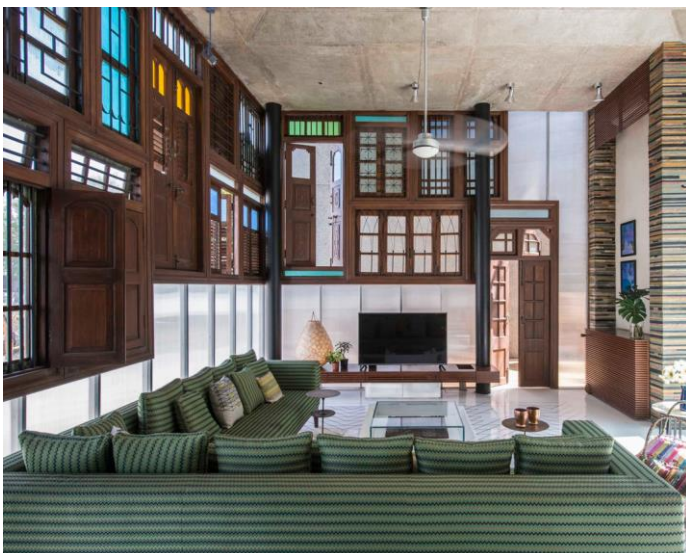


Figura 87. Sala (Archdaily, 2016).



Figura 88. Interior (Architecture.live, 2017).

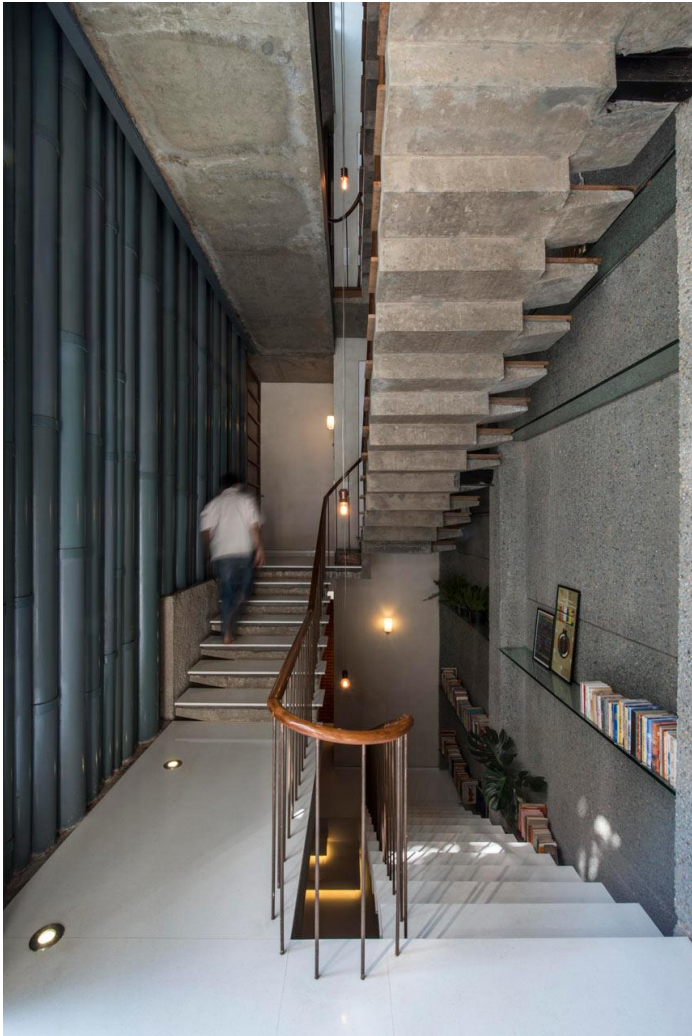


Figura 89. Circulación vertical (Architecture.live, 2017).

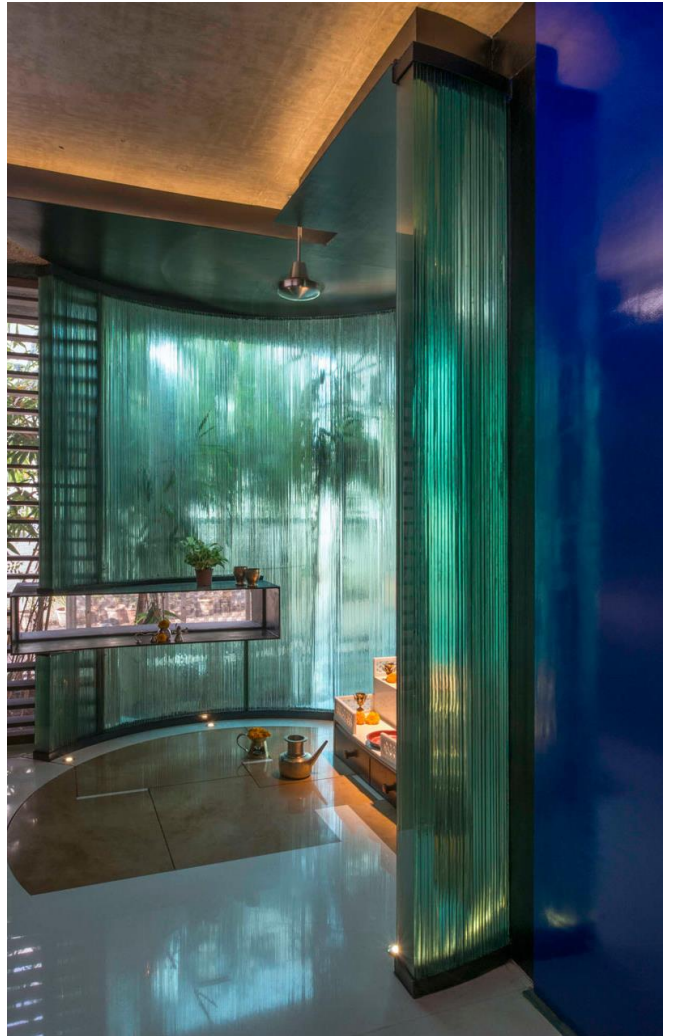


Figura 90. Interior (Architecture.live, 2017).

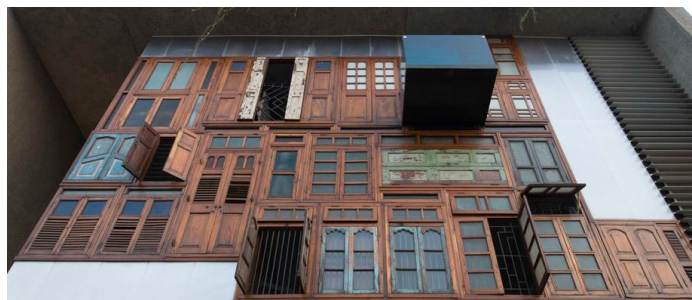


Figura 91 y 92. Pabellón azotea y fachada principal (Architecture.live, 2017).

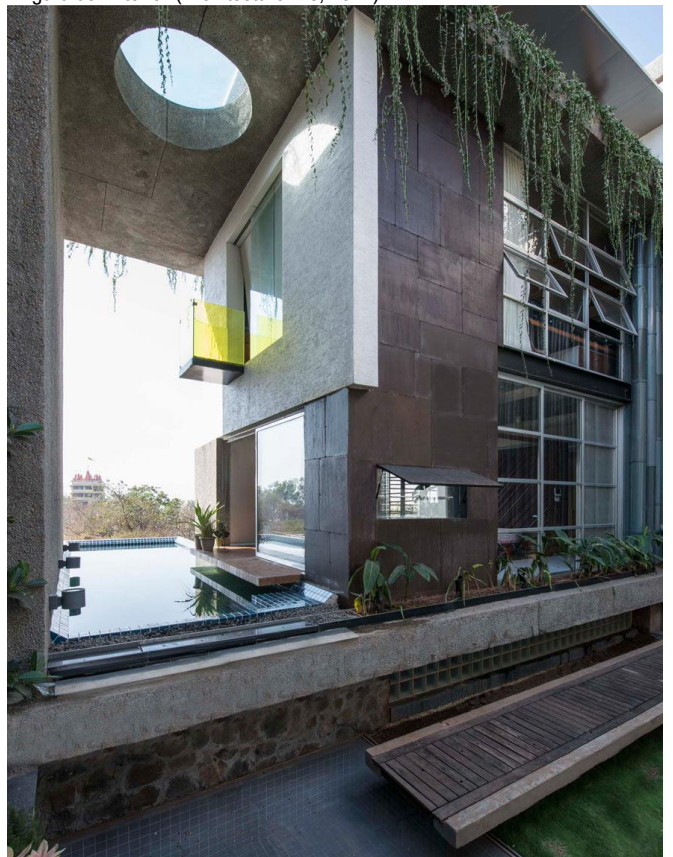


Figura 93. Patio (Archdaily, 2016).



Figura 94. Plantas arquitectónicas (Architecture.live, 2017).



Figura 95. Habitación (Architecture.live, 2017).



Figura 96. Patio (Architecture.live, 2017).



Figura 97. Secciones (Architecture.live, 2017).

7.4 VILLA WELPELOO



Figura 98. Fachada principal (Archilovers, 2013).



Figura 99. Fachada posterior (Archilovers, 2013)

Ubicación: Roombek, Enschede, Países Bajos.

Año: 2009

Arquitecto: Superruse Studios (Entonces 2012 Architecten)

Superficie construida: 1500m²

Niveles: 2

Uso: Residencial

Cliente: Tjibbe Knol e Ingrid Blans

Constructora: KA

Ingeniería Estructural: Technisch Adviesburo Sanes, Almere, Sr. E.E. Pinas

Materialidad: Madera y acero.

Cimentación:

Estructura Vertical: Entramado de perfiles de acero reutilizado.

Estructura Horizontal: Entramado de perfiles de acero reutilizado.

Instalaciones: Ocultas.

Envolvente: Tablones de madera reutilizada y perfiles de aluminio para goteo.

Esta villa conformada en su 70% por materiales reciclados, fue diseñada para una pareja de coleccionistas de arte contemporáneo, por lo que el almacenamiento de las obras de arte se convierte en el núcleo de la casa, haciendo de sus muros, espacios de exhibición. Su estructura de acero fue reciclada de una antigua máquina de producción textil de la región, otro elemento importante reutilizado es el elevador en forma de tijeras que se utilizó durante la obra, el cual ahora funciona para transportar las obras de arte de gran tamaño, el mobiliario interior como armarios empotrados y la cocina, fueron fabricados con antiguas placas publicitarias, las cuales pueden reflejar su diseño original en el interior de estos muebles. Por otra parte, la fachada y muros interiores están recubiertos con listones de madera, que anteriormente conformaban 1000 carretes de cable pertenecientes a una fábrica de cable local, las ventanas fueron fabricadas con residuos de vidrio provenientes de una fábrica cercana, todos los materiales que constituyen este proyecto no pasan los 15 kilómetros de distancia del lugar de ejecución del proyecto, con el fin de reducir la huella de carbono al máximo.

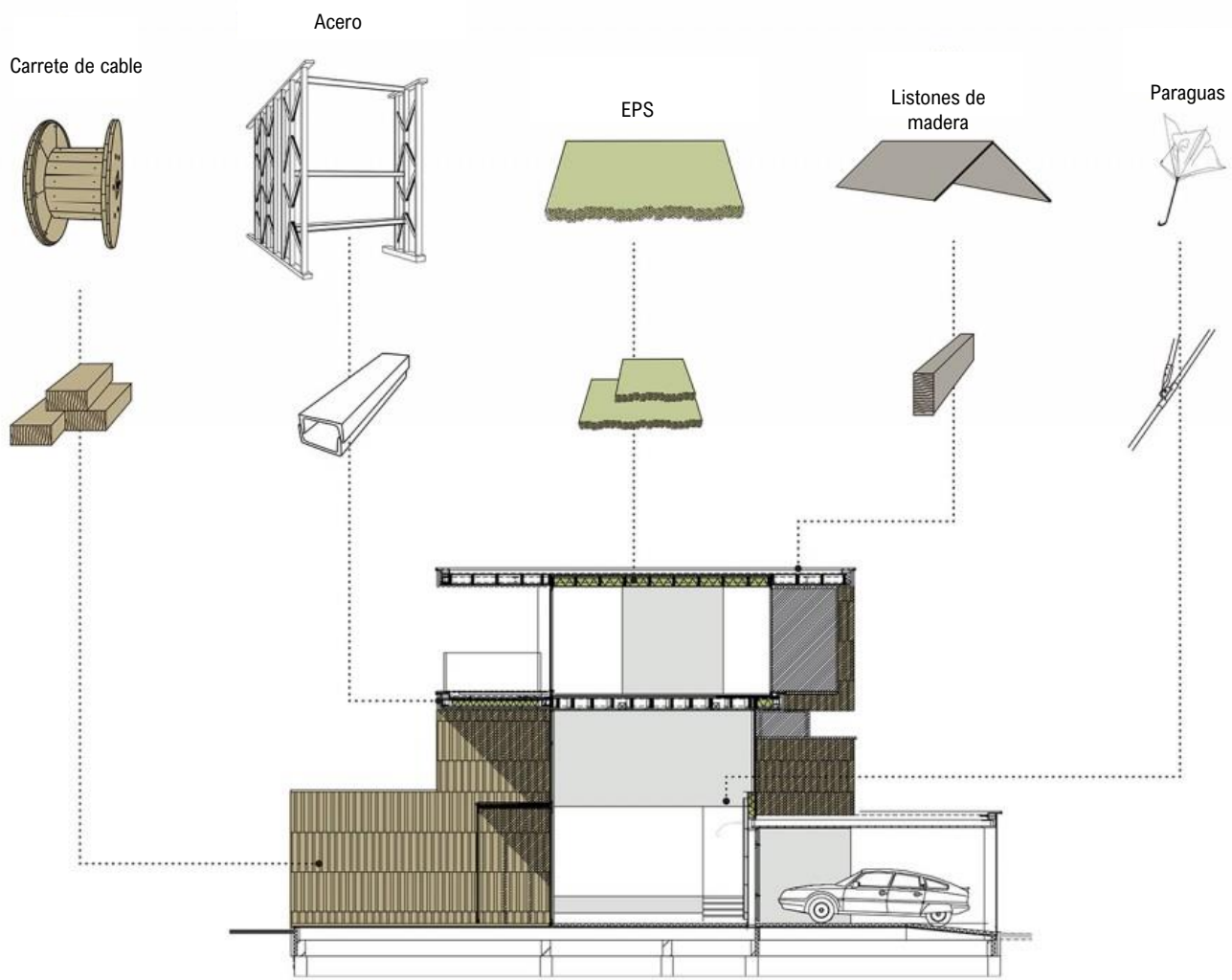


Figura100. Diagrama de algunos elementos reciclados (Jan Jongert et al,2016).



Figura 101. Carretes y estructura de acero que fueron reciclados (Ewin Taracena, 2013).

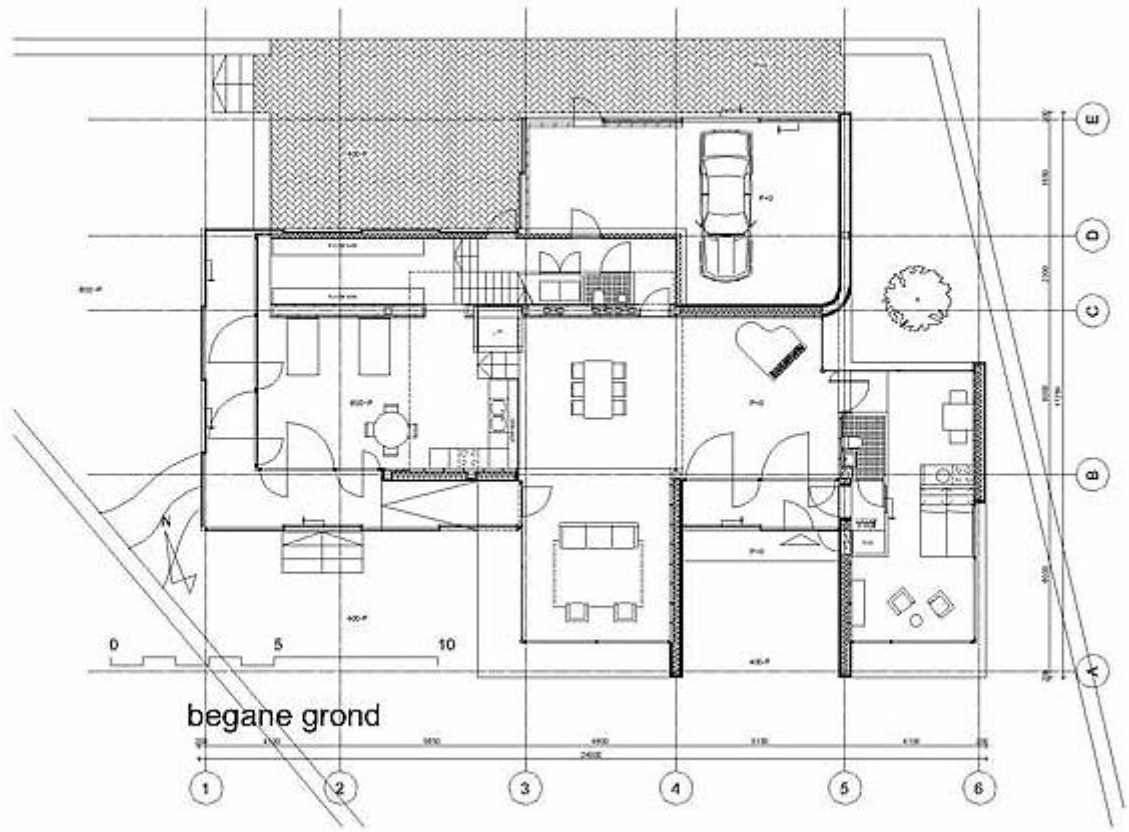


Figura 102. Planta baja (Tecnohaus, 2013).

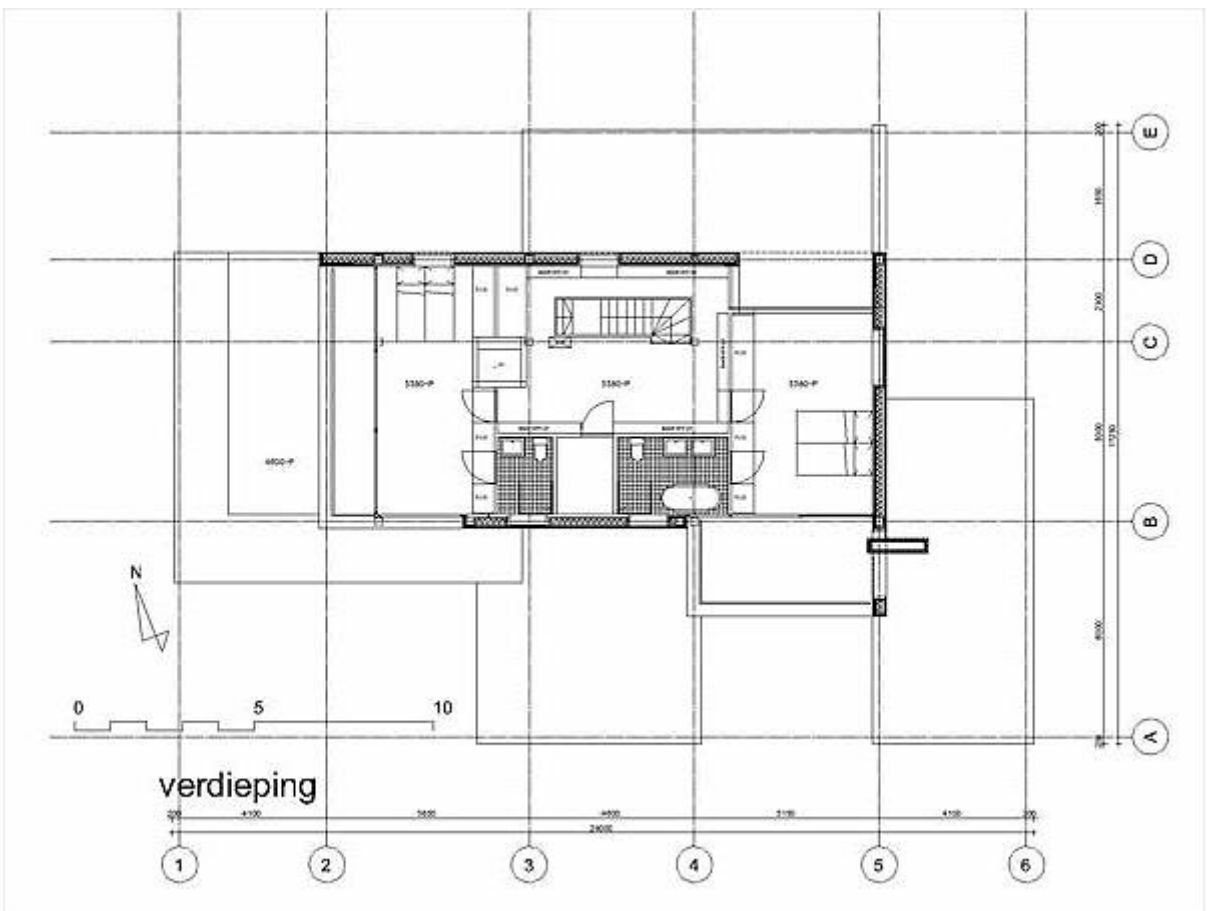


Figura 103. Planta alta (Tecnohaus, 2013).

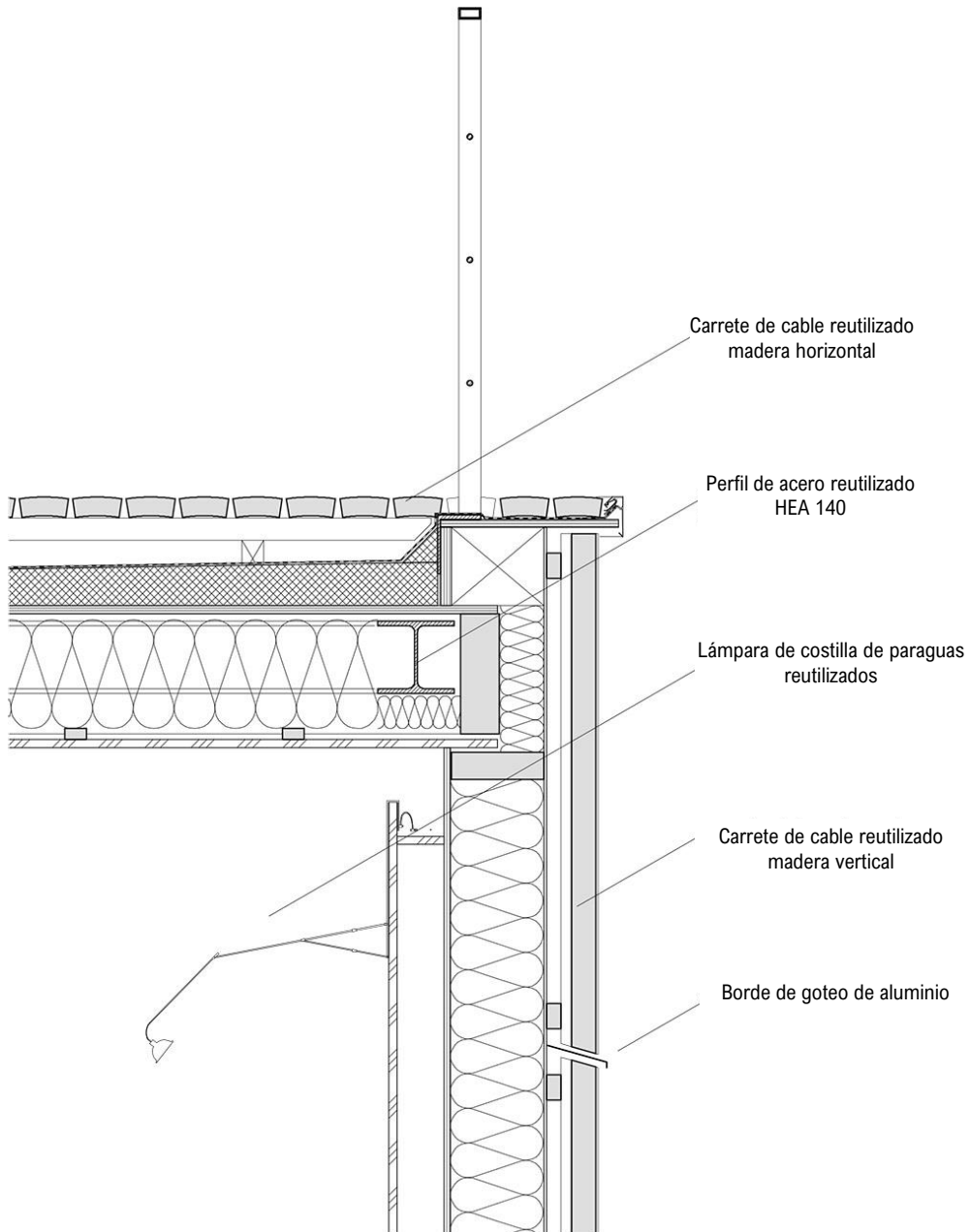


Figura 104. Sección constructiva (Jan Jongert et al,2016).

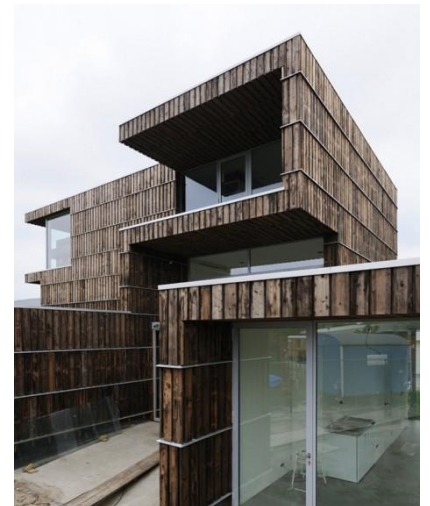


Figura 105 y 106. Exterior (Jan Jongert et al,2016).

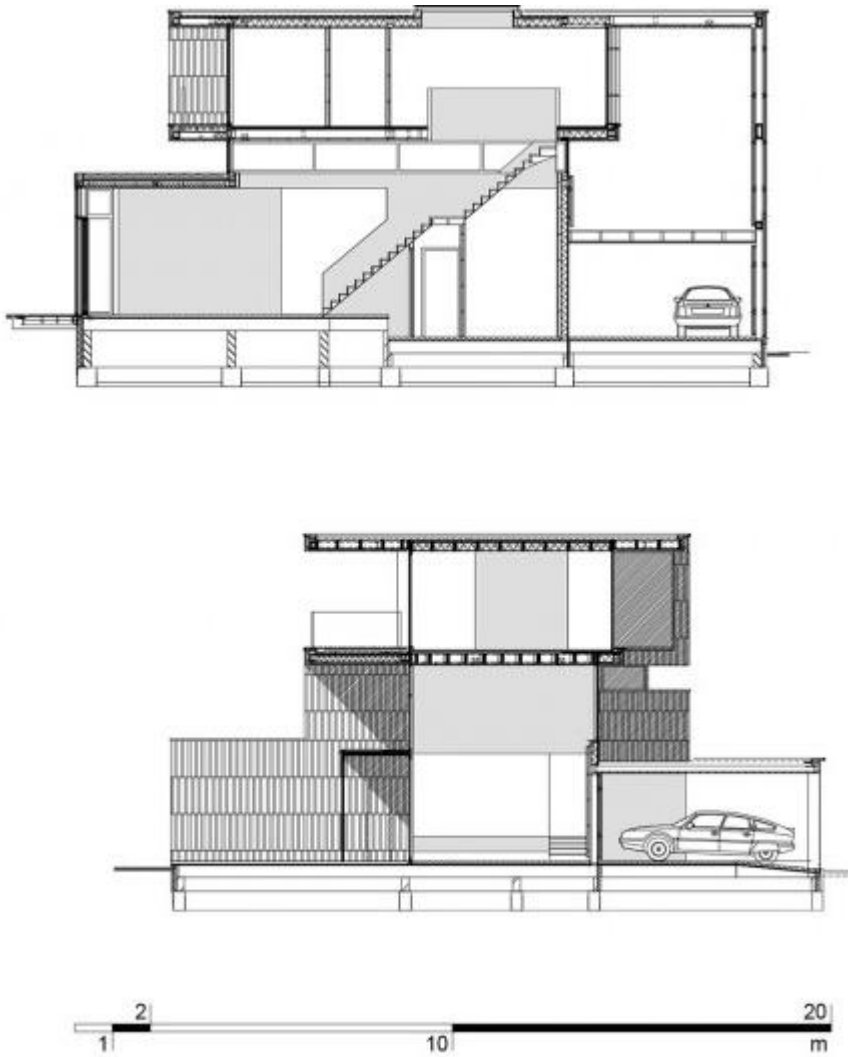


Figura 107. Secciones (Jan Jongert et al,2016).



Figura 108. Elevador (Tecnohaus, 2013).



Figura 109 - 111. Interior (Archilovers, 2013).



Figura 112. Distancia de transporte de materiales(Jan Jongert et al,2016).



Figura 113. Interior (Archilovers, 2013).



Figura 114. Interior (Tecnohaus, 2013).

Edificios diseñados para la deconstrucción



7.5 D(Mountable)



7.6 Sócrates



7.7 Casa Upcycle



7.8 Casa Cork

7.5 D (MOUNTABLE)



Figura 115. Fachada (ArchDaily, Ma.Francisca González, 2020).



Figura 116. Fachada (ArchDaily, Ma.Francisca González, 2020).

Ubicación: Nieuwelaan 72. Delft, Países Bajos.

Año: 2019

Arquitecto: Estudio de arquitectura Cepezed, Delft.

Superficie construida: 242m²

Niveles: 4

Uso: Oficinas del ámbito creativo. Alberga el software de desarrollo de aplicaciones y sitios web 9to5 y un desarrollador de juegos Triumph Studios.

Ciente: Jan Pesman

Materialidad: Madera, acero y vidrio.

Ingeniería Estructural: Imd Raadgevende Ingenieurs, Rotterdam.

Materialidad: Madera, acero y vidrio.

Cimentación: Losa de hormigón armado.

Estructura Vertical: Estructura delgada de acero prefabricado.

Estructura Horizontal: Acero prefabricado y elementos ligeros de madera laminada de chapa de madera (LVL).

Instalaciones: Ocultas.

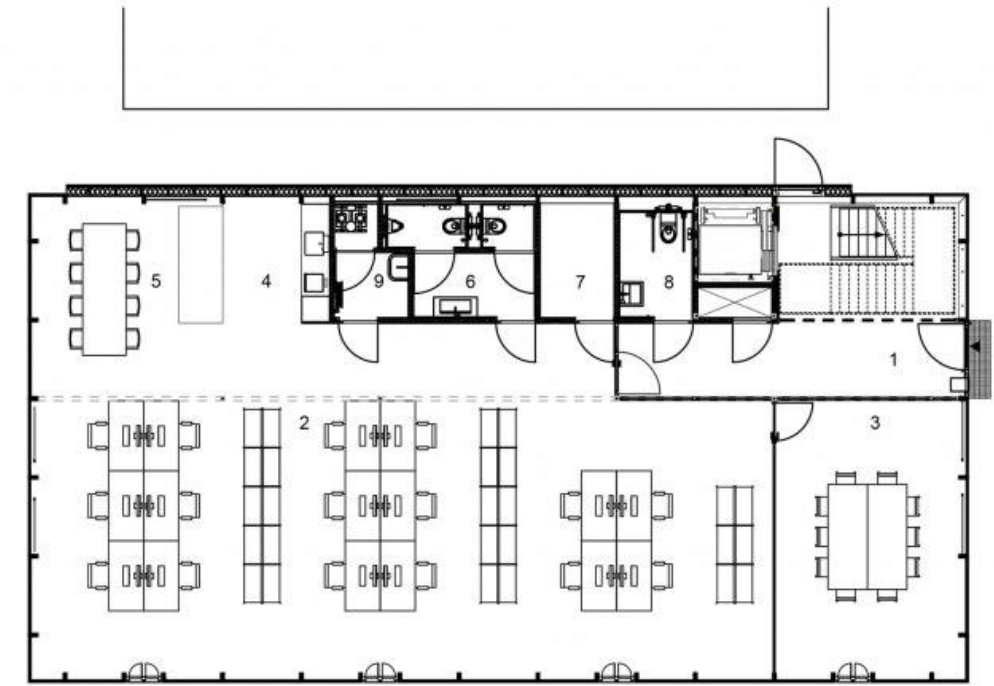
Envolvente: Vidrio aislante de doble capa montado directamente sobre la estructura de acero.

D(Mountable) el edificio de oficinas completamente circular, conformado por una estructura sostenible, desmontable y remontable en su totalidad, gracias a su sistema modular y de construcción en seco, lo que lo hace ser un edificio completamente flexible, considerando como estrategia principal, la simplicidad.

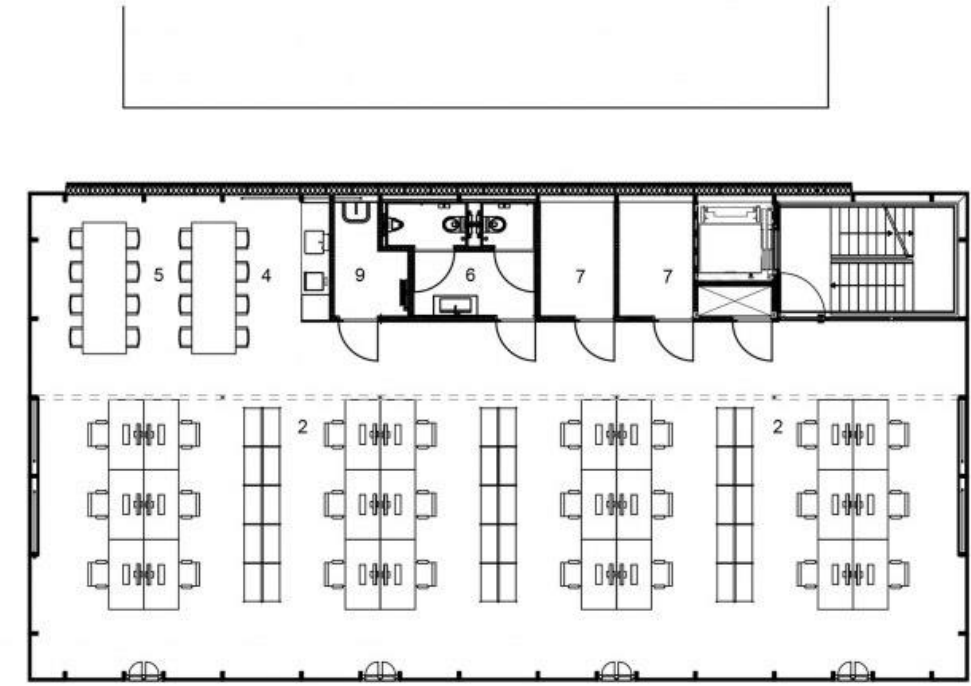
Cuenta con una estructura portante de acero prefabricada, el techo y pisos estructurales están conformados por elementos prefabricados ligeros de madera laminada de chapa de madera (LVL) los cuales integran las instalaciones, en cuanto al elemento principal de la fachada (Vidrio) es un elemento aislante de doble capa, apoyado directamente sobre la estructura, evitando la existencia de marco de ventanas, la ventilación natural se da por medio de las tiras de lamas verticales.

El proceso de ejecución del edificio fue de poco más de medio año, el esqueleto de acero y los pisos de madera se armaron en tan solo tres semanas, sin duda se convirtió en un gran ejemplo para la construcción sostenible.

- 1 entrance hall
- 2 office space
- 3 meeting room
- 4 pantry
- 5 lunch space
- 6 toilets
- 7 storage space
- 8 accessible toilet
- 9 utility room



ground floor



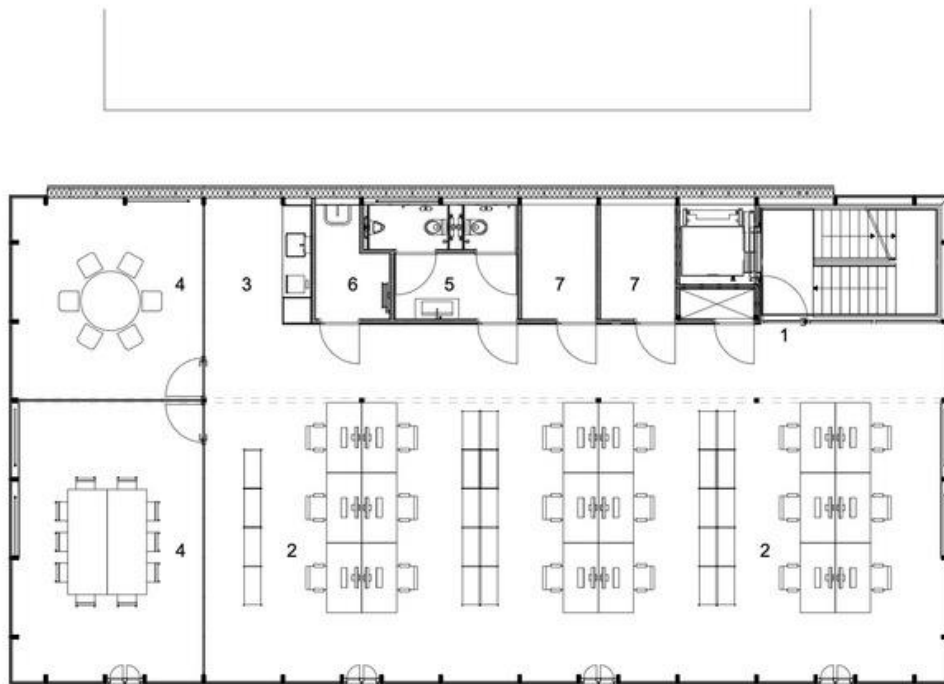
1st floor



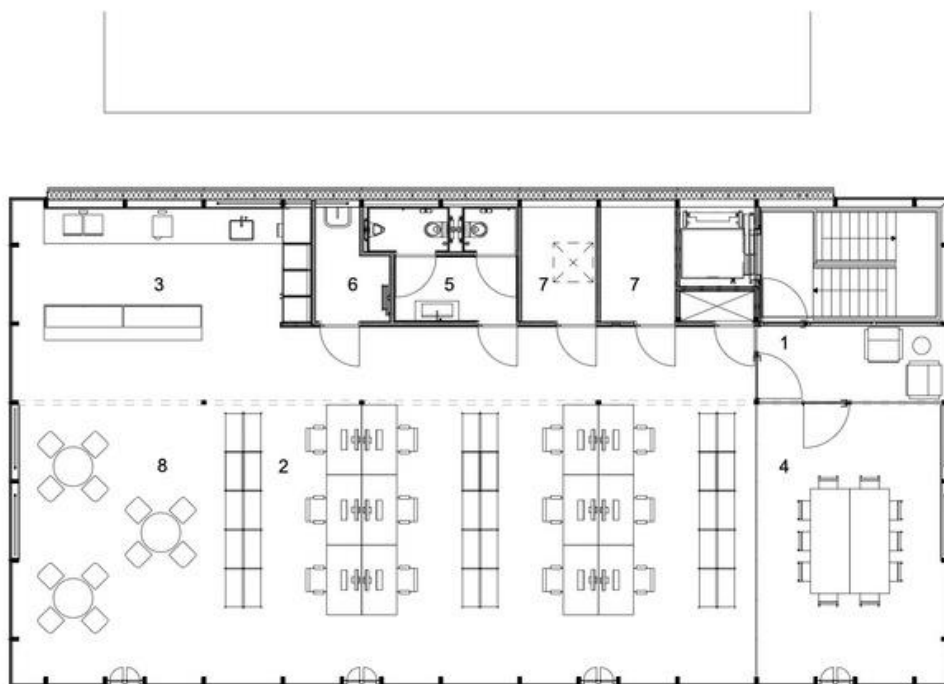
Figura 117. Plantas arquitectónicas (ArchDaily, Ma.Francisca González, 2020).

1030 Building D(emountable)
 floor plans
 1:150

- 1 entrance
- 2 office space
- 3 pantry
- 4 meeting room
- 5 toilets
- 6 utility room
- 7 broom cupboard
- 8 lunch room



2nd floor



3rd floor

Figura 118. Plantas arquitectónicas (ArchDaily, Ma.Francisca González, 2020).

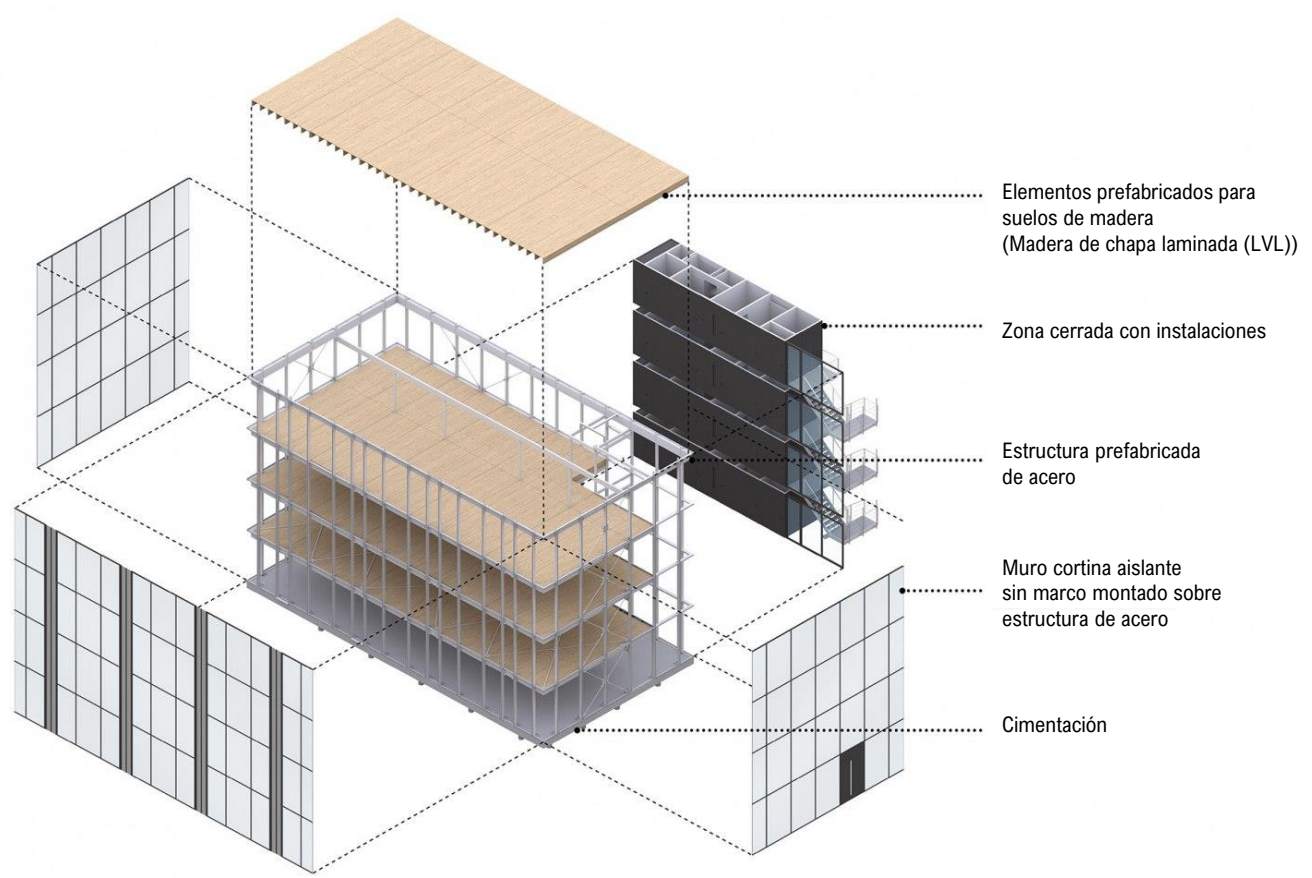


Figura 119. Diagrama de composición (ArchDaily, Ma.Francisca González, 2020).



Figura 120. Obra (Stalbyggnad, 2023).

- 1 office space
- 2 meeting room
- 3 pantry
- 4 utility room
- 5 toilets
- 6 accessible toilet
- 7 storage space
- 8 technical shaft

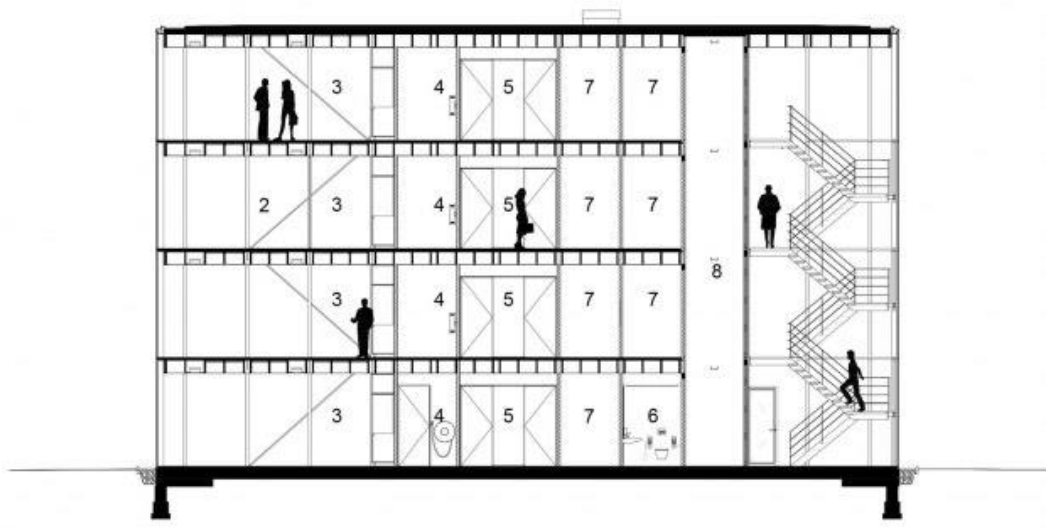
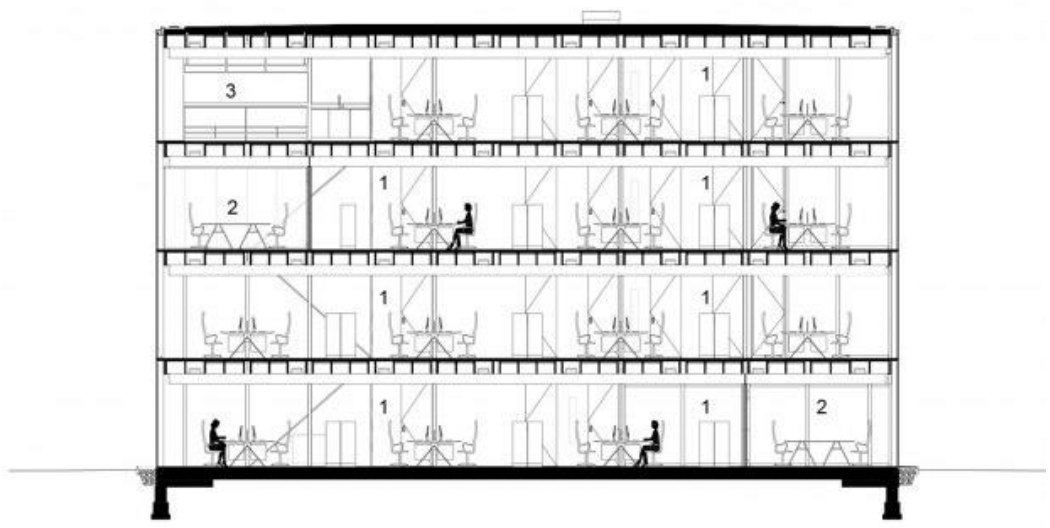


Figura 121. Secciones (ArchDaily, Ma.Francisca González, 2020).

- 1 Sistema de muro cortina soldado a estructura de acero.
- 2 Parteluz de chapa plegada ajustable.
- 3 Persiana enrollable.
- 4 Viga de chapa plegada.
- 5 Lana de roca.
- 6 Elemento de suelo prefabricado LVL.
- 7 Panel de cartón relleno de compuesto de nivelación seco, 30 mm.
- 8 Elemento de suelo compuesto de fibra de yeso, 30mm.
- 9 Acabado de suelo de PVC.

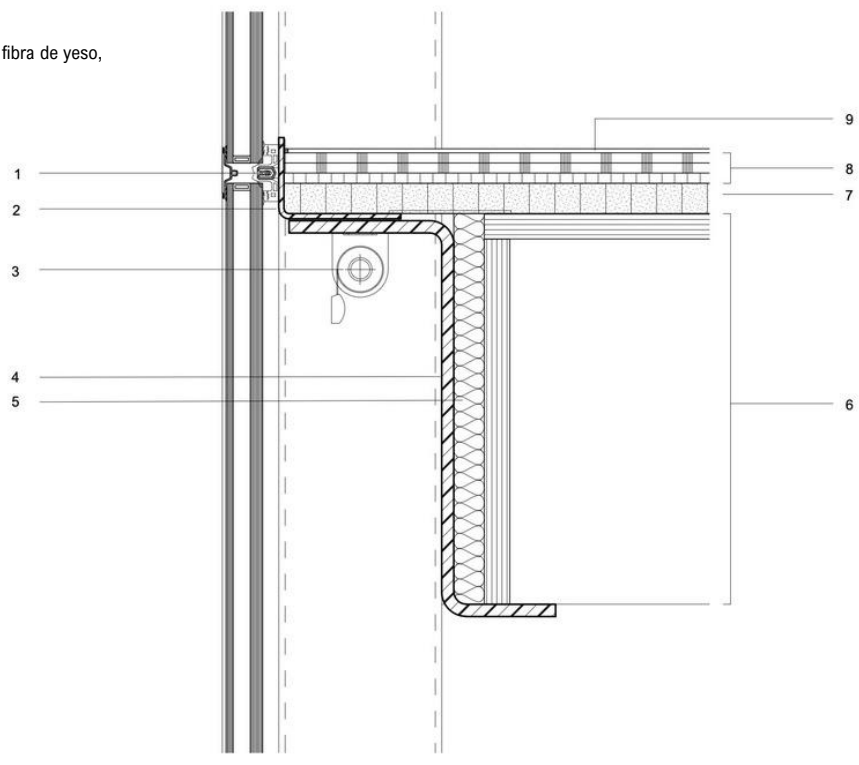


Figura 122. Detalle de fachada vertical (ArchDaily, Ma.Francisca González, 2020).

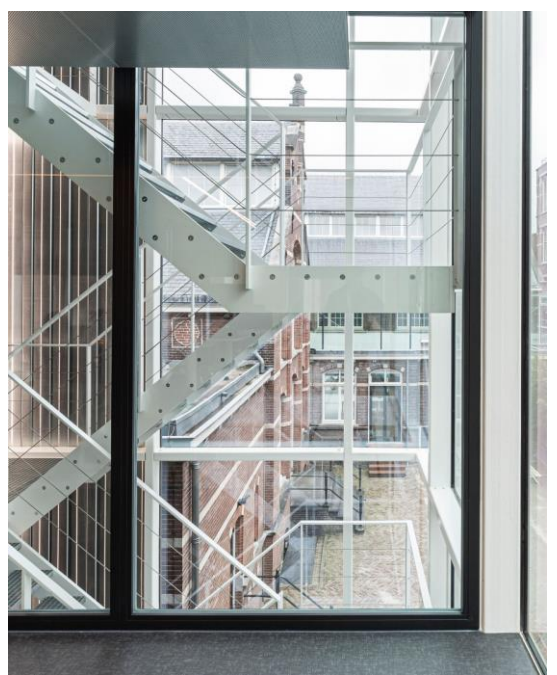


Figura 123 y 124. Interior y escalera (ArchDaily, Ma.Francisca González, 2020).

7.6 SÓCRATES



Figura 125 y 126. Fachada (ArchDaily, Clara Ott González, 2020).

Ubicación: Viladecans, Barcelona.

Año: 2020.

Arquitecto: Pich Aguilera Arquitectos.

Superficie construida: 6200m²

Niveles: 4 + subterráneo.

Uso: Oficinas y mixto.

Ciente: Inmobiliaria Gonsi 4.0

Constructora: Construcia S.L

Ingeniería Estructural: Technisch Adviesburo Sanes, Almere, Sr. E.E. Pinas. Estructura prefabricada: Precon.

Certificaciones: Certificación energética "A", Leed Gold y sello "Cradle to Cradle" en todas las partidas de obra.

Materialidad: Acero y hormigón.

Cimentación: Pilotes de hormigón prefabricados.

Estructura Vertical: Matriz estructural de 10x10 m a base de pilares.

Estructura Horizontal: Jácenas y losas alveolares de hormigón industrializado.

Instalaciones: Accesibles.

Envolvente: Panel sándwich de aluminio microperforado, en ocasiones cubierto con chapas perforadas o lamas verticales.

Este innovador edificio pionero en la construcción circular en España, se ubica en el Parque de actividades de Viladecans y ofrece el alquiler de espacios polivalentes, así como áreas de esparcimiento y de servicio en común.

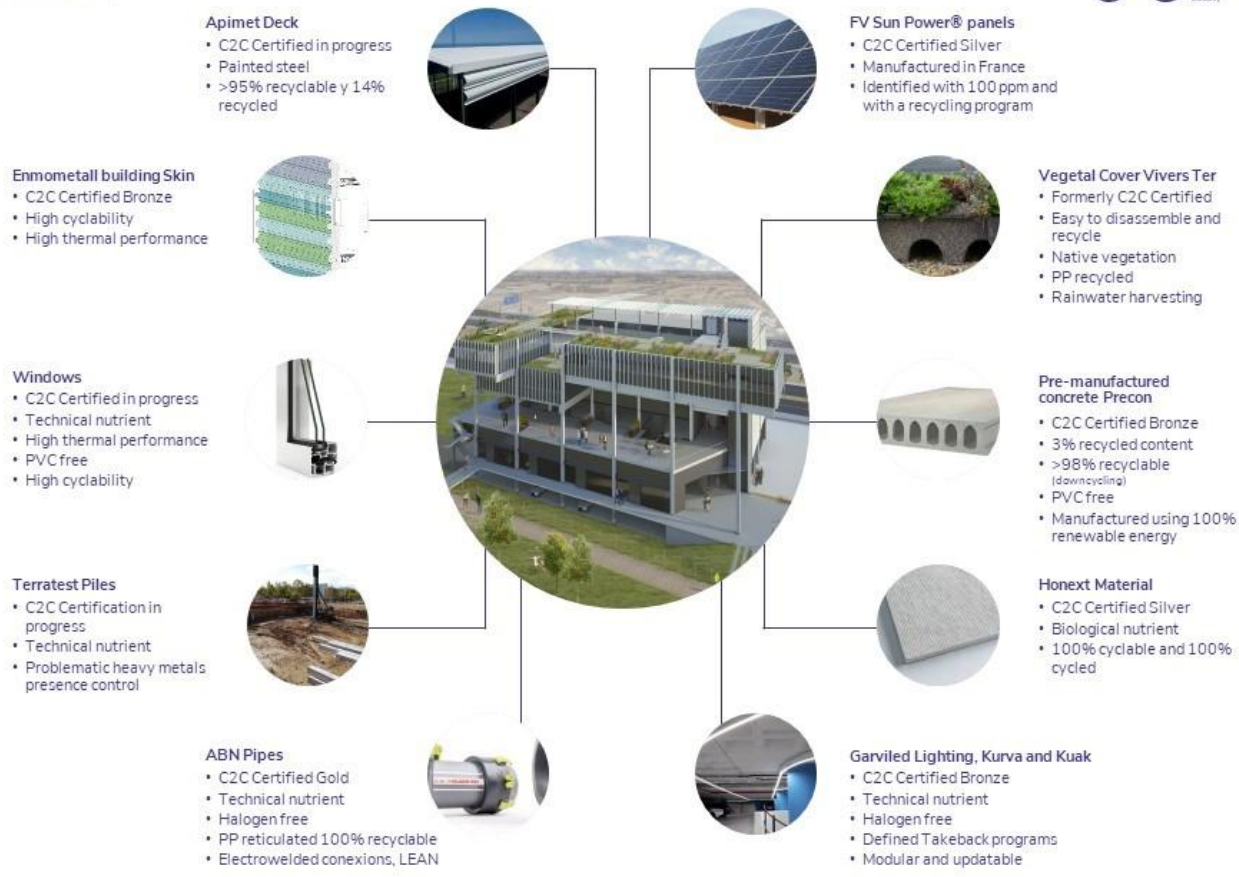
Una de las claves de su éxito es el trabajo colaborativo en todas las fases del proyecto, teniendo como objetivo principal, crear un edificio sostenible, capaz de cumplir con la circularidad, siempre tomando en cuenta la salud y bienestar de los usuarios.

Este establecimiento se diseñó con base en los criterios de la economía circular, considerándolo como un futuro banco de materiales, lo que significa que todos sus materiales y elementos son ciclables, es decir que no generan residuos, ya que estos podrán reutilizarse, reciclarse o incluso volver a la naturaleza.

En cuanto al confort, este cuenta con diferentes estrategias, iniciando por la envolvente, esta garantiza el confort térmico mediante las protecciones solares en las fachadas más afectadas por esta incidencia, sin embargo, al estar fabricadas con chapa metálica perforada permiten el paso de la luz necesaria, por otro lado, la cubierta verde transitable mejora las propiedades de aislamiento térmico, reduciendo el gasto energético y evitando el efecto de isla de calor.



Figura 127 - 132. Exteriores, e interiores (ArchDaily, Clara Ott González, 2020).



©Eco Intelligent Growth, All Rights Reserved

Figura 133. Composición (EcoIntelligentgrowth, 2023).

Pasaporte de Materiales

EDIFICIO SÓCRATES

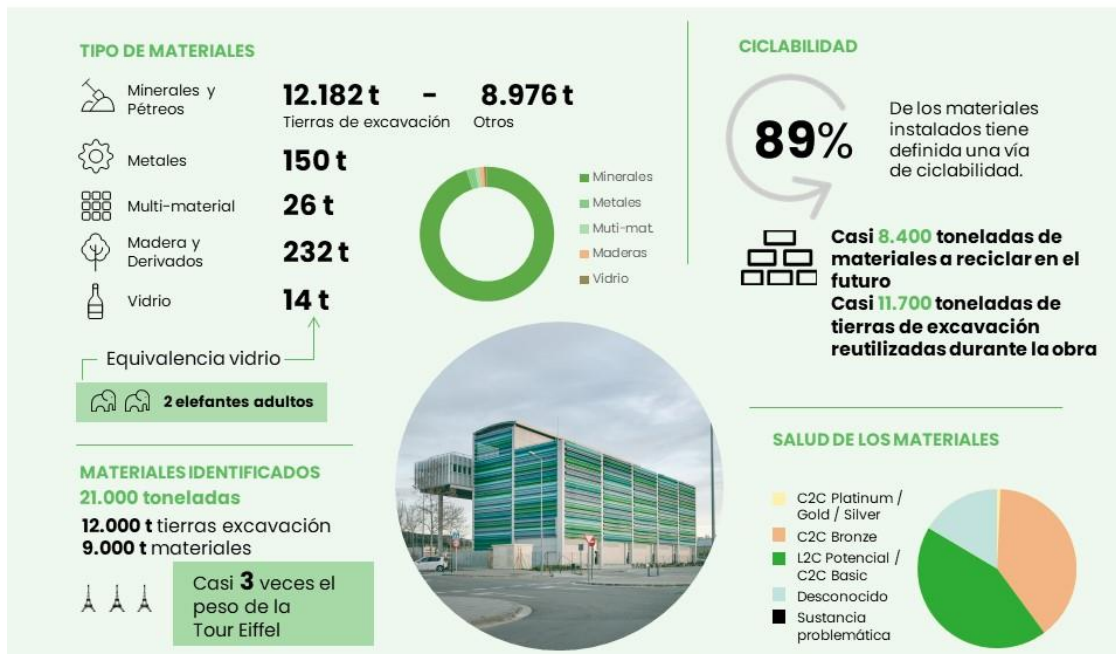


Figura 134. Pasaporte de materiales (Construcía, 2023).

*Según modelos estimativos elaborados con KPMG y EIG

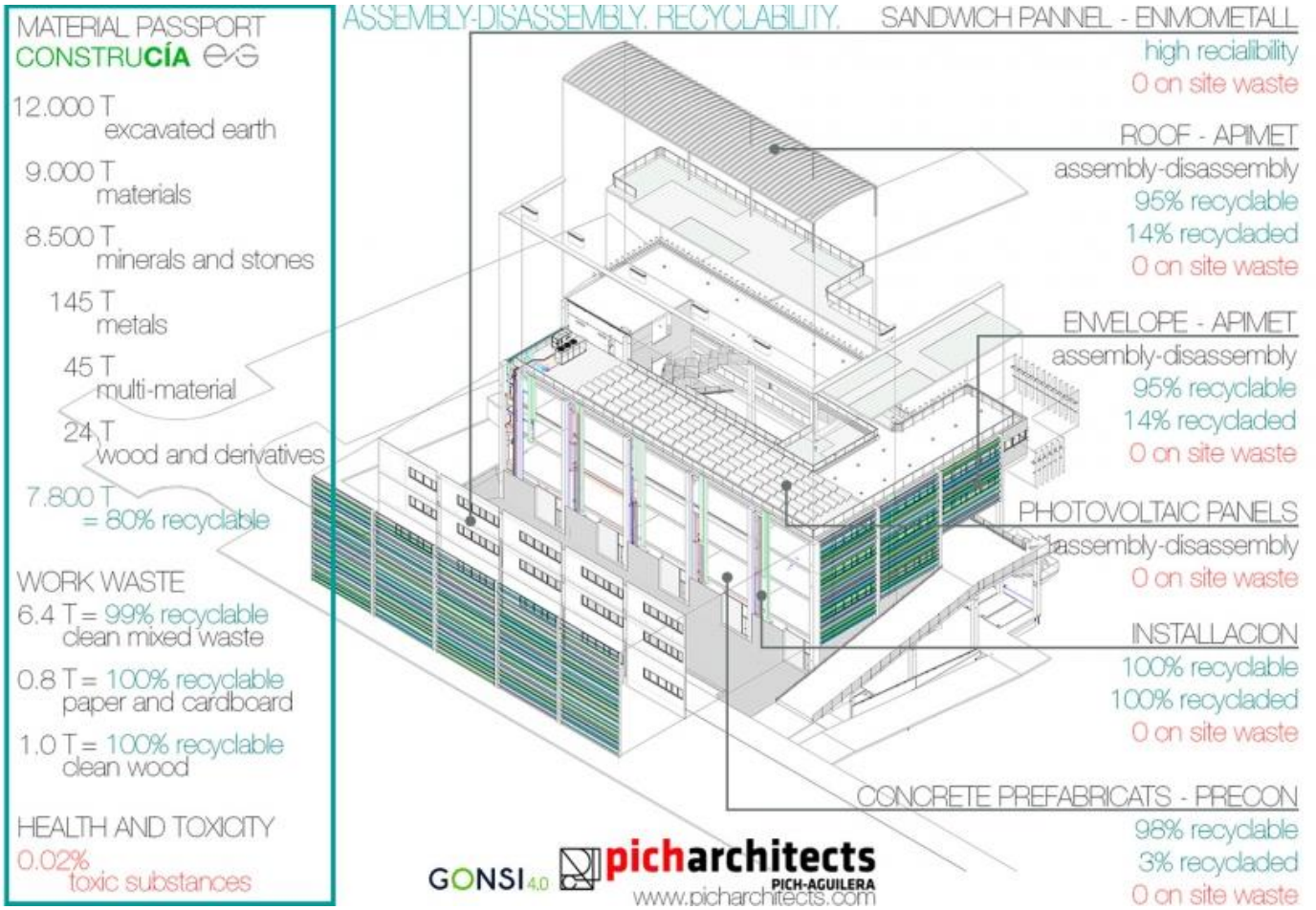


Figura 135. Estudio del impacto ambiental del edificio (Tectónica, 2023).



Figura 136. Datos duros (Picharchitects, 2023).

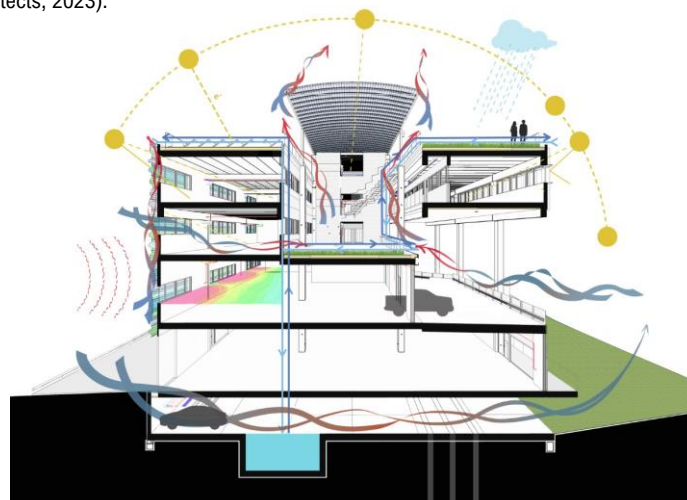


Figura 137. Diagrama de estrategias ambientales (Tectónica, 2023).

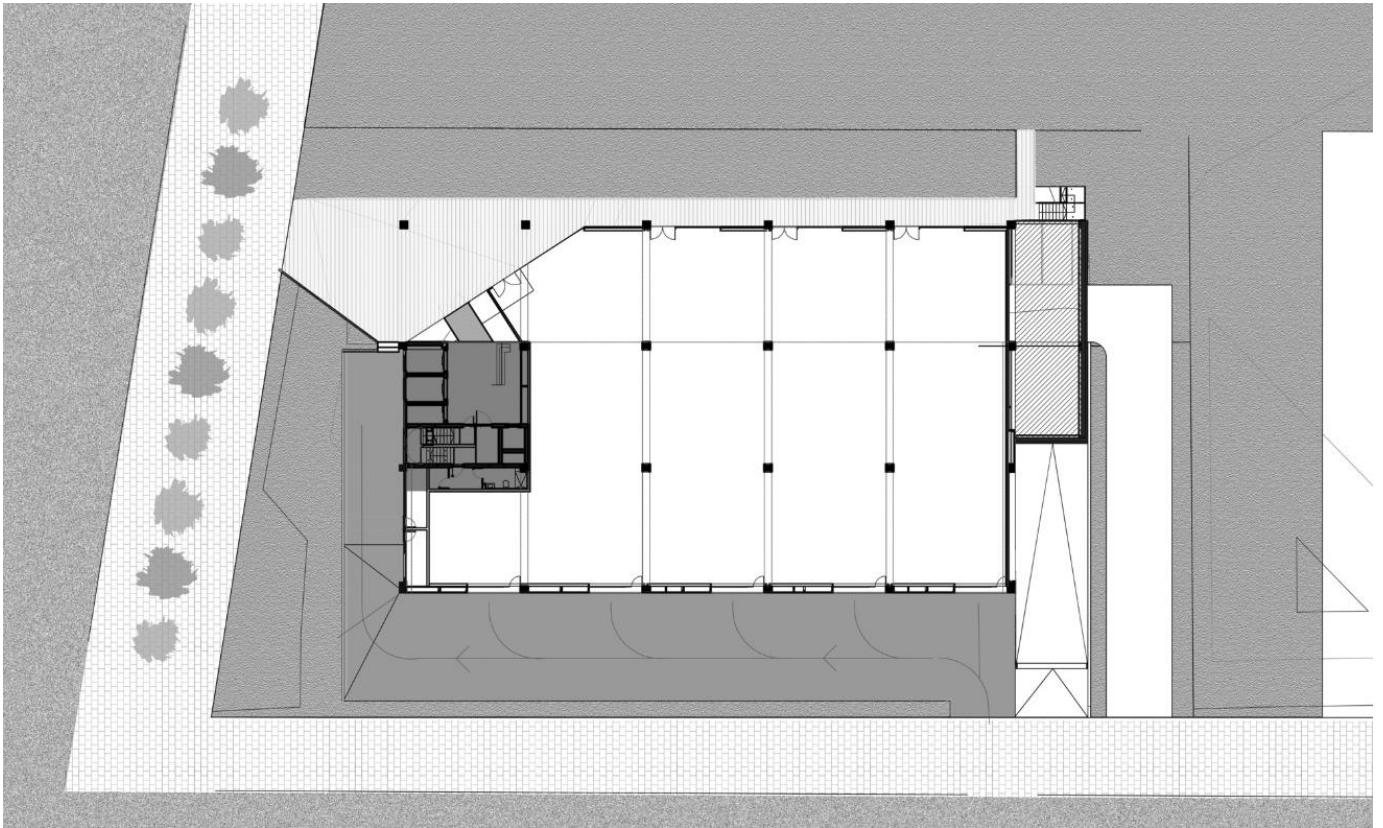


Figura 138. Planta baja (Tectónica, 2023).

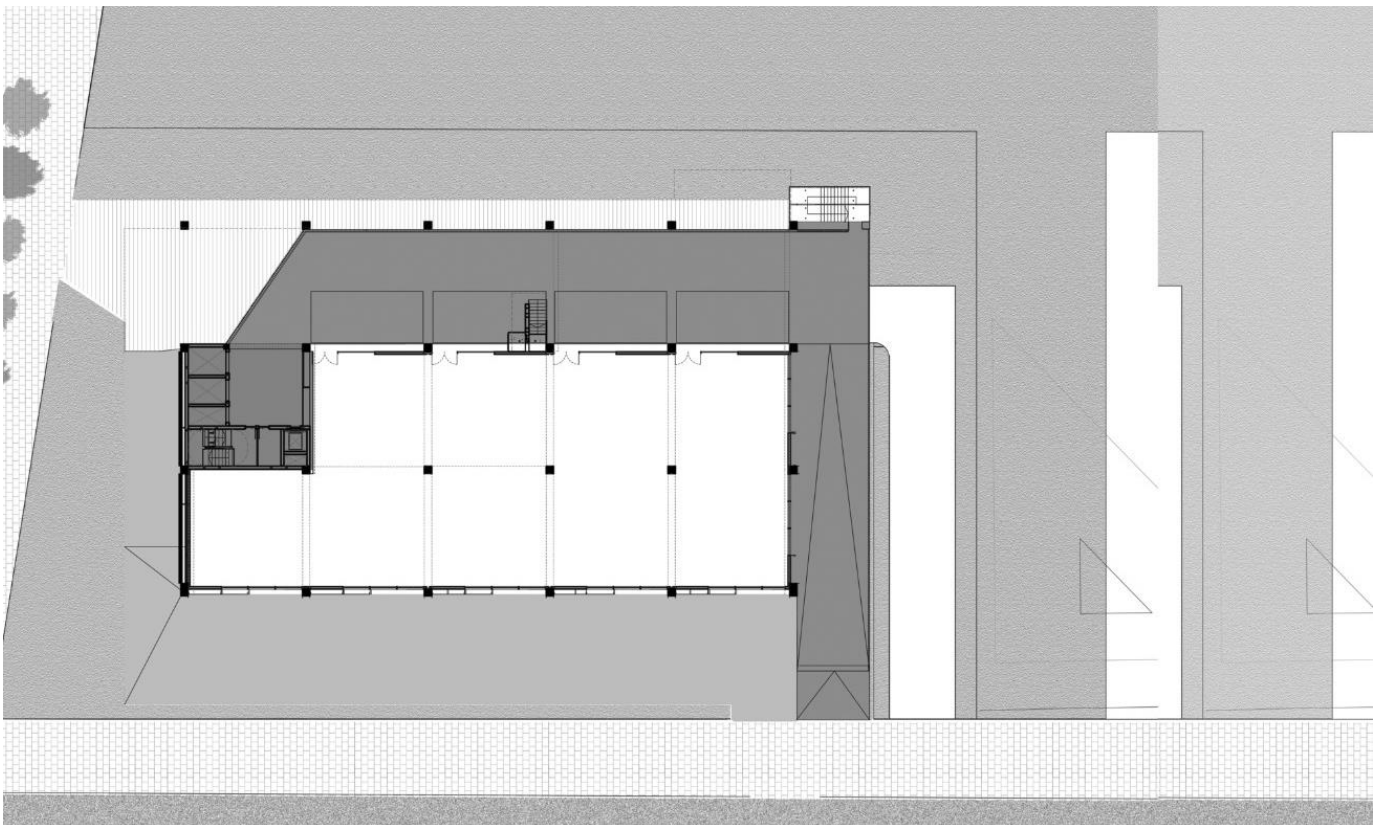


Figura 139. Planta Primera (Tectónica, 2023).

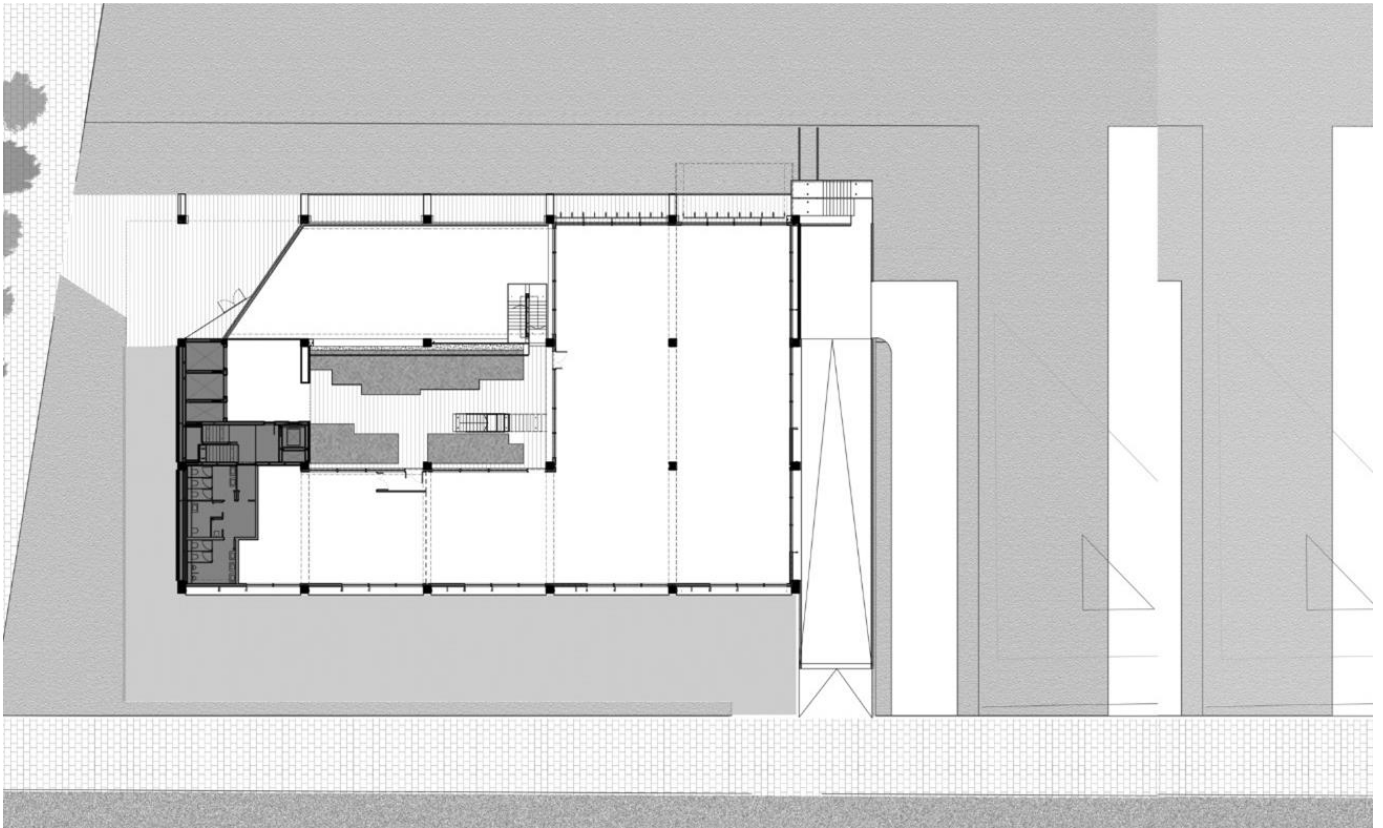


Figura 140. Planta segunda (Tectónica, 2023).

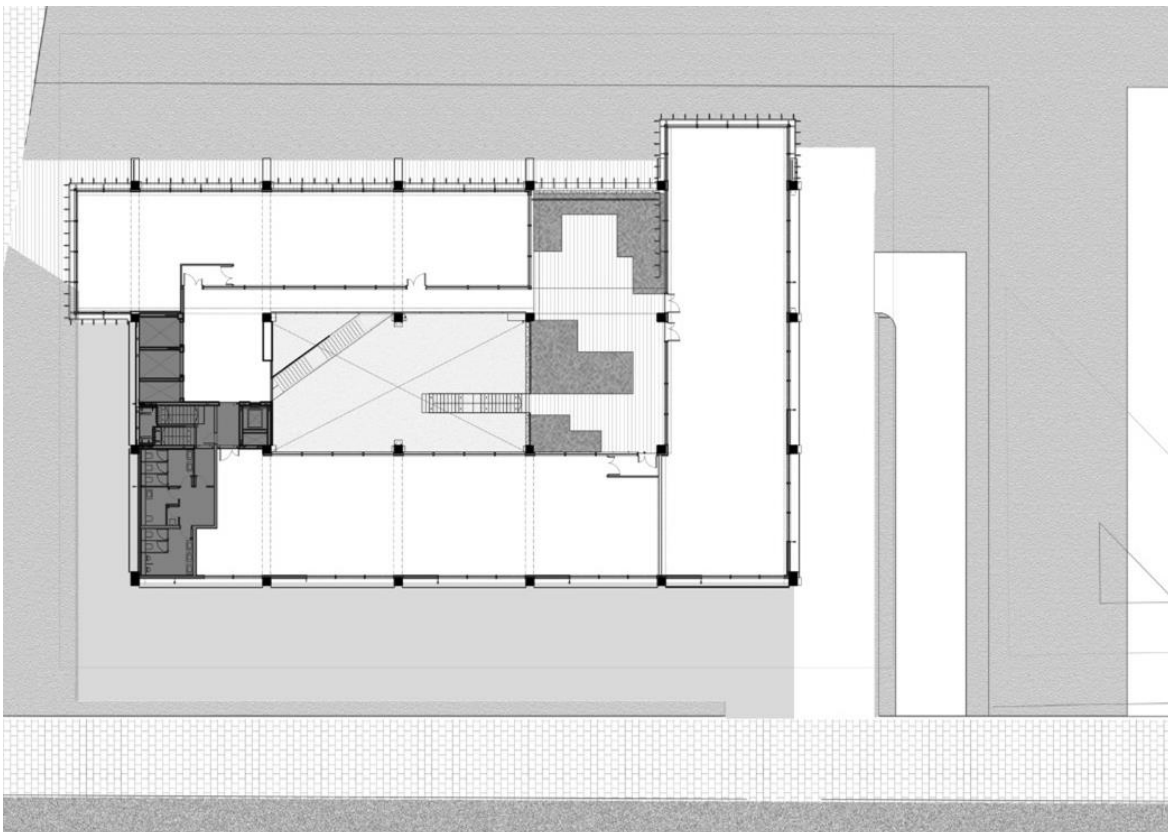


Figura 141. Planta tercera (Tectónica, 2023).

7.7 CASA UPCYCLE



Figura 142 y 143. Fachada (Lendager ARC, 2023).

Ubicación: Nyborg, Dinamarca.

Año: 2013.

Arquitecto: Lendager, Arquitectos

Superficie construida: 129m²

Niveles: 1

Uso: Residencial.

Ciente: Realdania Bvg.

Constructora: Realdania Bvg.

Materialidad: Acero y madera, aluminio, vidrio, ladrillo y corcho.

Cimentación: Losa de hormigón armado.

Estructura Vertical: Contenedores prefabricados, madera y acero.

Estructura Horizontal: Contenedores prefabricados, vigas de madera y acero.

Instalaciones: Ocultas.

Envolvente: Lámina de aluminio reciclado, paneles de papel reciclado, vidrio y ladrillos reciclados.

Upcycle surge como proyecto experimental con el fin de lograr reducir las emisiones de carbono por medio del uso de materiales reciclados y upcycled como su nombre lo dice, convertir los residuos de materiales o productos, en nuevos materiales o productos de mejor calidad, esta casa muestra el claro ejemplo de este concepto.

Se estructura por medio de dos contenedores prefabricados, el techo y la fachada están hechos con aluminio reciclado proveniente de latas, los paneles que se encuentran en la fachada están compuestos por papel reciclado prensado y sometido a calor, en los pisos se utilizó corcho y vidrio reciclado, y el interior esta forrado con paneles OSB.

El trabajo inicial para la ejecución de este proyecto fue en taller, donde se realizaron los huecos de las ventanas, se integraron los ductos de instalaciones en los contenedores y posteriormente se llevaron a sitio, donde se colocaron a una distancia necesaria para generar entre ellos un espacio destinado al comedor y la habitación principal.

En conclusión, esta vivienda se compone en un 90% de materiales reciclados lo que significa un 86% menos de emisiones de CO₂ en comparación con una casa estándar similar. La casa Upcycle es un ejemplo claro de que este concepto es totalmente viable y recomendable para extender estas estrategias a edificios de mayor escala como hoteles, edificios residenciales, etc.



Figura 144. Planta arquitectónica (ArchDaily, 2023).

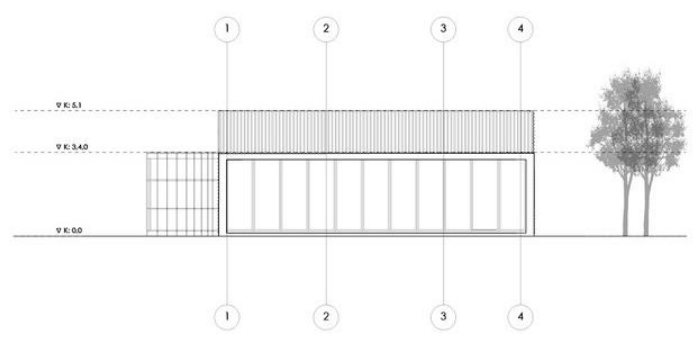
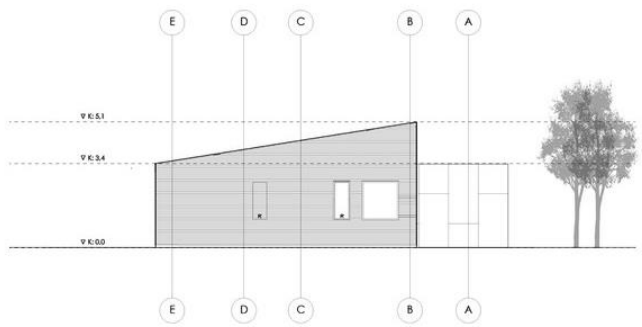


Figura 145 y 146. Alzado Norte y Este (ArchDaily, 2023).

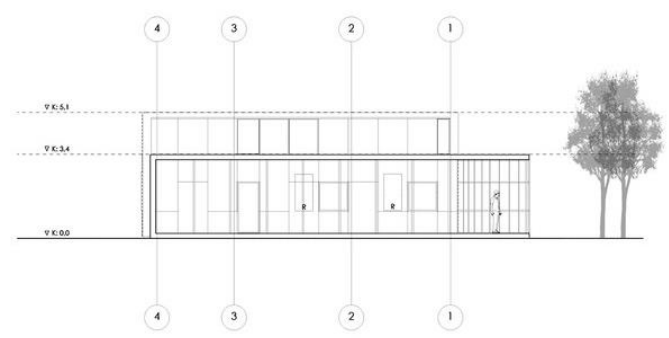
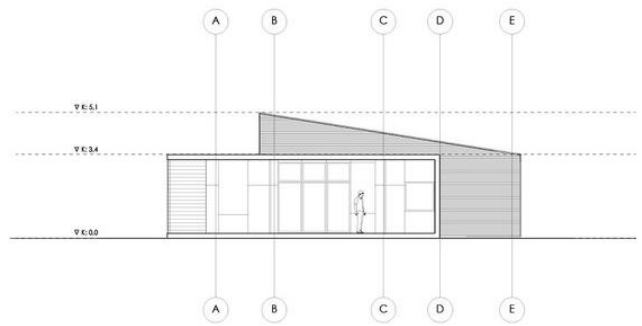


Figura 147 y 148. Alzado Sur y Oeste (ArchDaily, 2023).

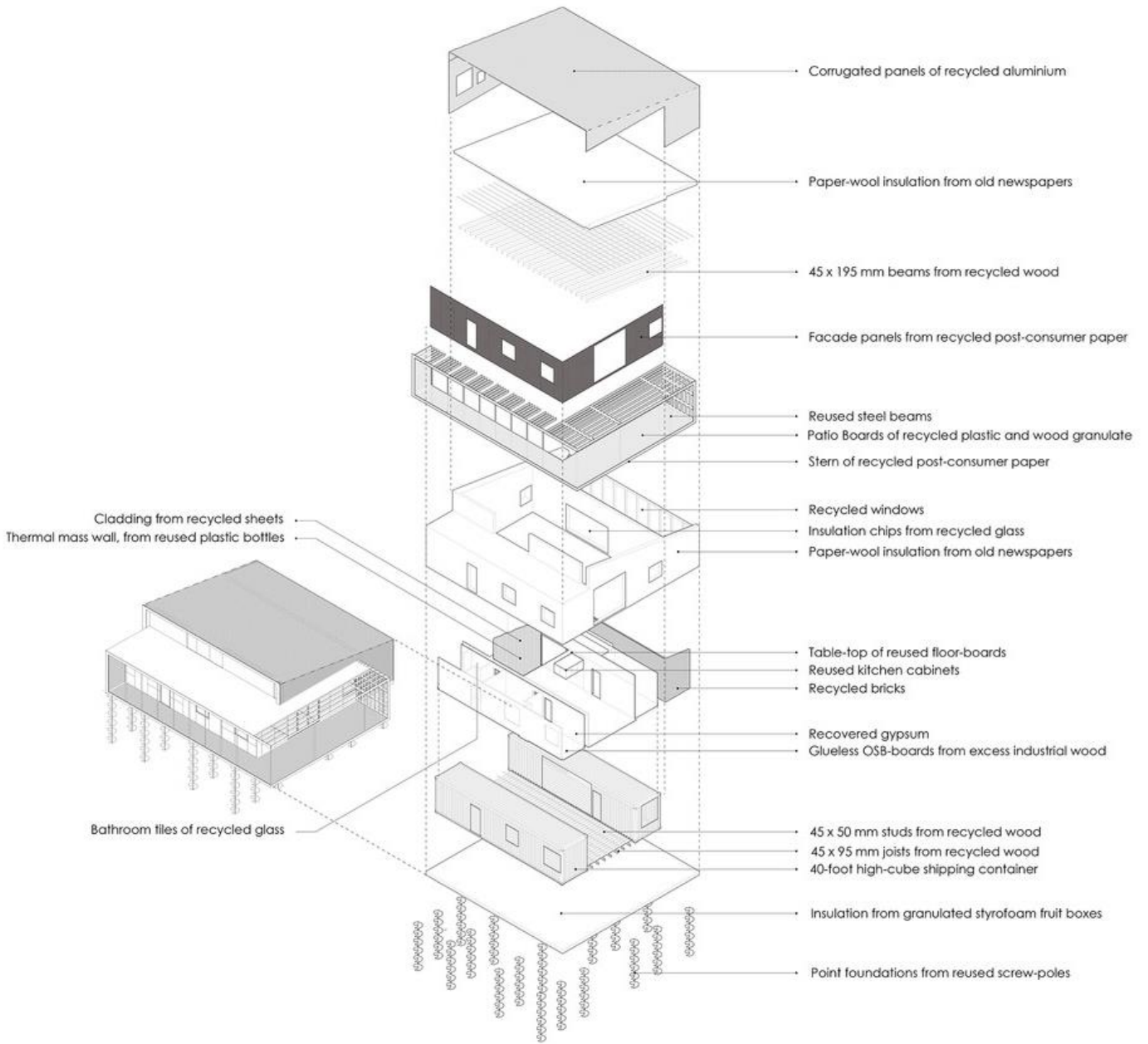


Figura 149. Diagrama de composición (ArchDaily, 2023).



Figura 150. Contenedores en etapa de obra (ArchDaily, 2023).

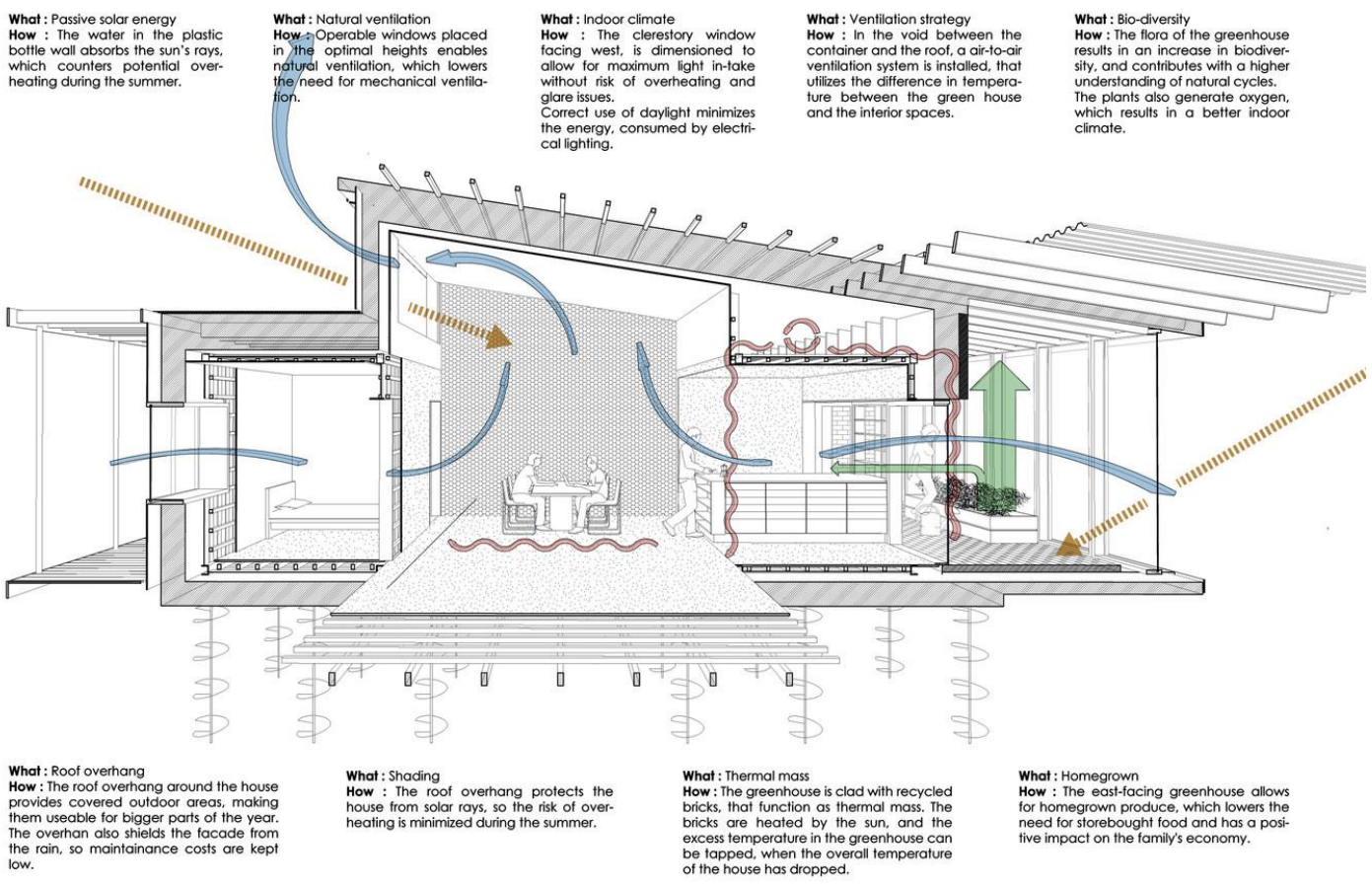


Figura 151. Sección informativa (ArchDaily, 2023).



Figura 152 y 153. Acabados interiores (ArchDaily, 2023).

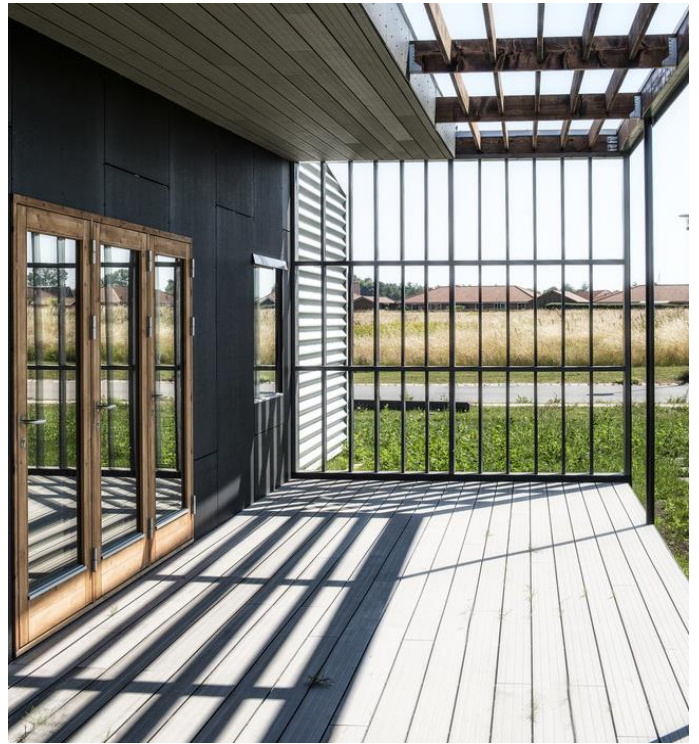


Figura 154 - 158. Interior y exterior (ArchDaily, 2023).
Figura 159: Obra (Lendager ARC, 2023).

7.8 CASA CORK

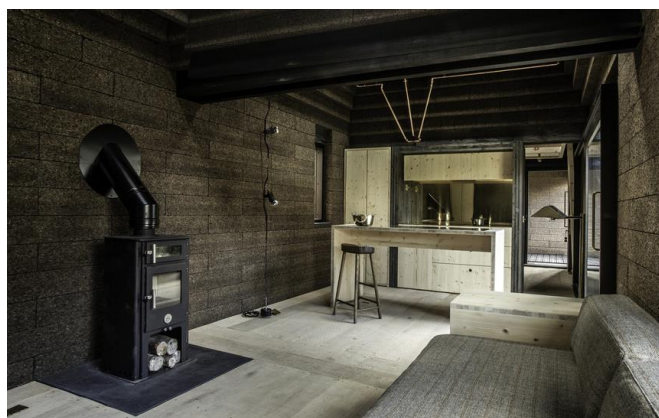


Figura 160 y 161. Fachada e interior (ArchDaily, Paula Pintos, 2020).

Ubicación: Eton, Reino Unido.

Año: 2019

Arquitecto: Dido Milne , Matthew Barnett Howland , Oliver Wilton

Superficie construida: 75m²

Niveles: 1

Uso: Residencial

Ciente: Matthew Barnett Howland, Dido Milne.

Construcción: M&P London Contractors Ltd , Matthew Barnett Howland.

Ingeniería Estructural: Arup.

Fabricación de bloques: WUP Doodle.

Materialidad: Corcho, diversos tipos de madera y herrajes de latón macizo.

Cimentación: Pilotes de acero con pata extensible.

Estructura Vertical: Bloques de corcho prefabricados.

Estructura Horizontal: Vigas de madera y paneles de CLT de abeto.

Instalaciones: Vistas y accesibles.

Envolvente: Bloques de corcho prefabricados.

Esta curiosa casa fue diseñada como respuesta al impacto de la industria de la construcción hacia el medio ambiente, las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia a materiales de un solo uso, por lo que simplifica su materialidad y sistema constructivo a bloques de corcho macizo portante, convirtiendo la complejidad convencional en un kit de autoconstrucción capaz de ser desmontado y remontado, cumpliendo con la idea de sostenibilidad durante toda la vida útil de la vivienda. El biomaterial conformado por residuos de silvicultura del corcho se traduce a bloques de corcho expandido los cuales son colocados mediante juntas secas, imitando los antiguos sistemas constructivos con piedra, por lo que al final de su vida útil estimada de 60 años, pueden ser reutilizados, reciclados o devueltos a la naturaleza.

Dentro de las propiedades de este material permiten que quede totalmente expuesto tanto en el interior como en el exterior y a la vez integrarse con su entorno y con el resto de los materiales, como es la madera y el latón. Su forma peculiar conformada por cinco volúmenes rematados por tragaluces en forma de pirámide, la hacen aún más interesante, ya que cumple con todos los criterios de confort térmico.



Figura 162. Planta arquitectónica (ArchDaily, Paula Pintos, 2020).



Figura 163. Fachada (ArchDaily, Paula Pintos, 2020).



Figura 164. Sección (ArchDaily, Paula Pintos, 2020).

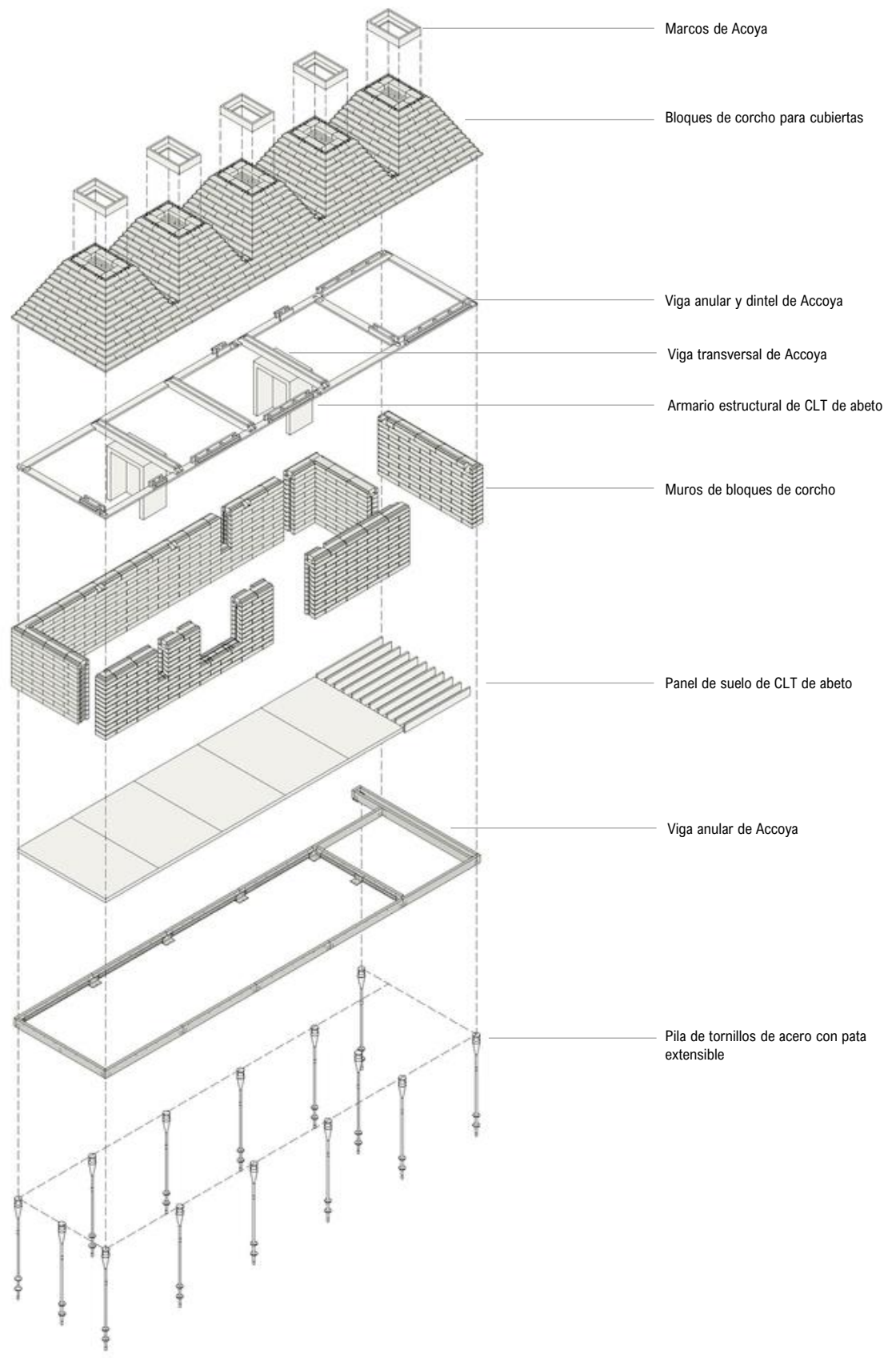


Figura 165.Explotado (Fundación Mies van del Rohe, 2023).

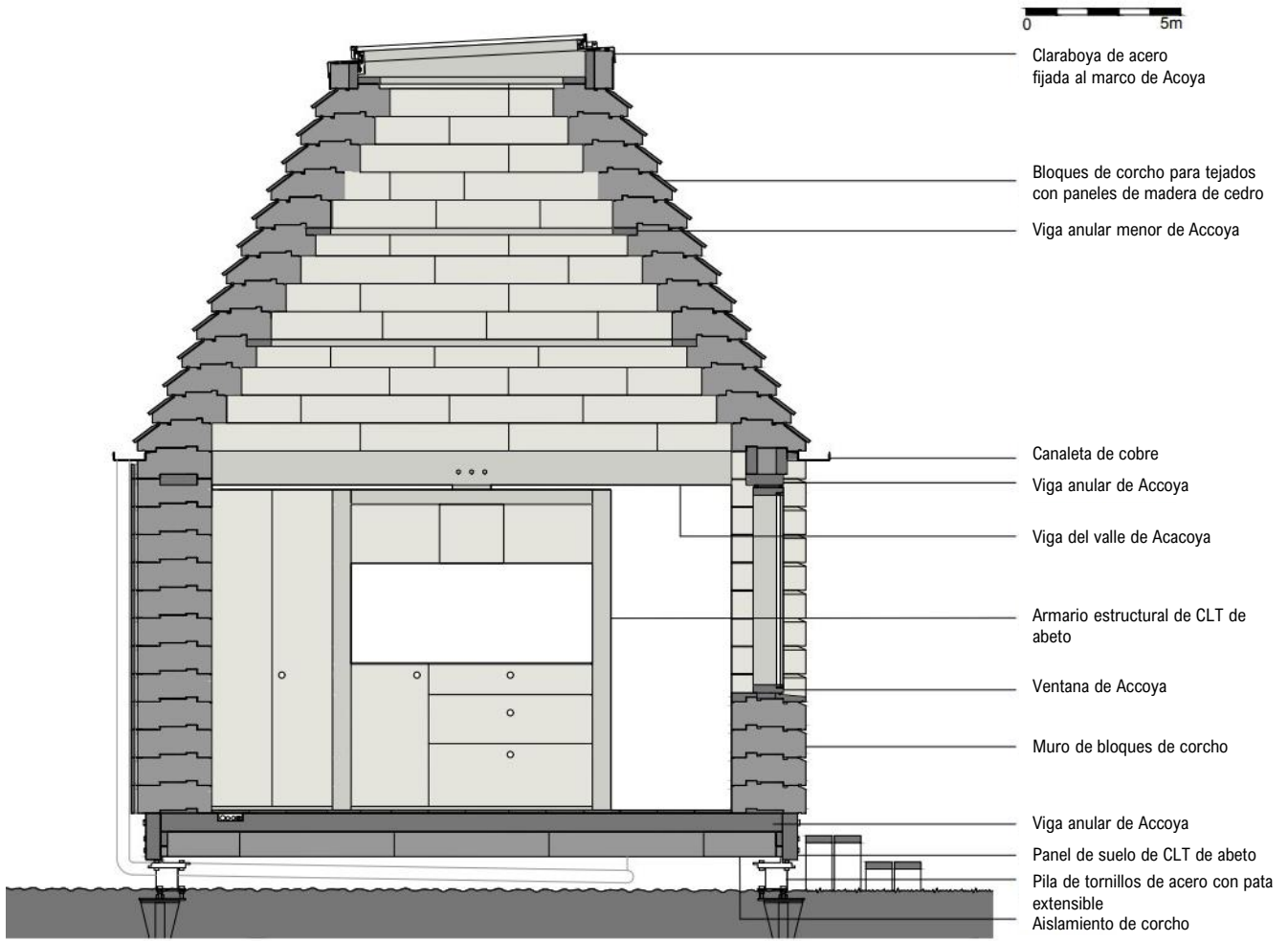


Figura 166. Sección constructiva (Designingbuildings, 2021).

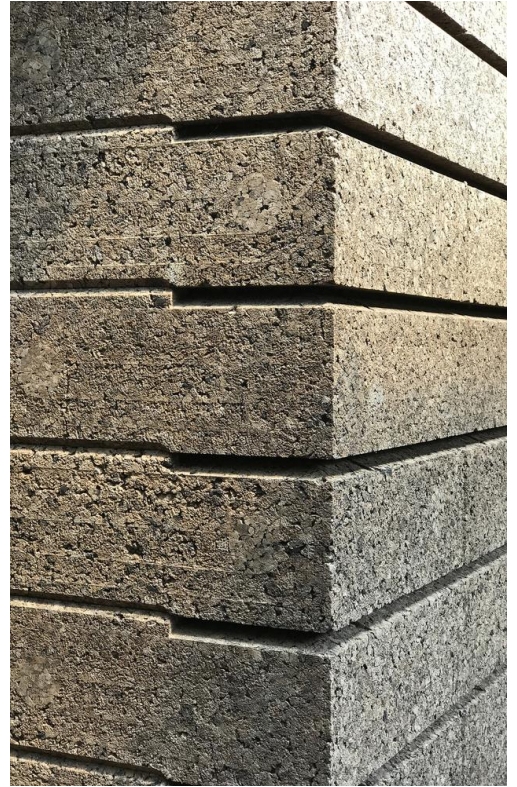


Figura 167 y 168. Bloques de corcho (ArchDaily, Paula Pintos, 2020).



Figura 169. Interior (ArchDaily, Paula Pintos, 2020).



CORK FORESTRY IS AN INTEGRAL PART OF A WELL-RECOGNISED BIODIVERSE ECOSYSTEM - CORK IS HARVESTED BY HAND EVERY NINE YEARS WITHOUT HARMING THE TREE



EXPANDED CORK IS MADE WITH WASTE AND BY-PRODUCT FROM CORK FORESTRY AND CORK INDUSTRY



EXPANDED CORK IS MADE WITHOUT ANY ADDITIONAL INGREDIENTS, USING 93% OF ENERGY FROM WASTE BIOMASS



BLOCKS ARE CNC MACHINED PRECISELY TO ALLOW FOR FRICTION-FIT DRY CONSTRUCTION WITHOUT MORTAR OR GLUE

CORK HOUSE LIFECYCLE

BUILDING FORM IS A DIRECT RESULT OF THE SIMPLE FORM OF ASSEMBLY

SYSTEM IS DESIGNED FOR DISASSEMBLY SO BLOCKS CAN BE RECOVERED FOR RE-USE

OR PROCESSING AND RECYCLING FOR MANUFACTURING

OR RETURN TO THE BIOSPHERE TO REGENERATE NEW GROWTH



Figura 170. Proceso de los bloques de corcho (Fundación Mies van del Rohe, 2023).

APLICACIÓN DE HERRAMIENTA A LOS 8 CASOS DE ESTUDIO

A continuación, se muestra el formato de la herramienta, aplicando los 8 casos de estudio, así como el puntaje de cada uno respecto a cada indicador, de acuerdo con el criterio de evaluación especificado en la tabla de indicadores (figura 66), esto mediante la información obtenida de cada proyecto. (Ejemplo detallado en anexo)

| CASOS DE ESTUDIO | | | FACTOR DE REDUCCIÓN (FR1) | | | | |
|--|-------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|---|
| TIPOLOGÍA | USO | NOMBRE | Contará o ha conado con otros usos | Cuenta con instalaciones accesibles | Cuenta con elementos prefabricados | Cuenta con núcleos de circulación independientes | Cuenta con elementos estandarizados y repetitivos |
| EDIFICIOS CONSTRUÍDOS CON MATERIALES RECICLADOS Y REUTILIZADOS | OFICINA | PABELLÓN NATURAL (Países Bajos,2022) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | | C. K-CHOI (Canada,1996) | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 |
| | RESIDENCIAL | CASA COLLAGE (India,2015) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | VILLA WELPELOO (Países Bajos,2009) | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| EDIFICIOS DISEÑADOS PARA LA DECONSTRUCCIÓN | OFICINA | D(MOUNTABLE) (Países Bajos,2019) | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| | | SÓCRATES (Barcelona,2020) | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | RESIDENCIAL | CASA UPCYCLE (Dinamarca,2013) | 1 | 1 | 3 | 0 | 1 |
| | | CASA CORK (Reino Unido,2019) | 1 | 3 | 3 | 0 | 3 |
| PUNTAJE TOTAL POR INDICADOR | | | 12 | 16 | 18 | 13 | 18 |

| LAS 3 ERRES | | | | | | | | |
|---------------------------|--|-----------------------|--|--|------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------|
| | | | FACTOR DE REUTILIZACIÓN (FR2) | | | | | |
| Cuenta con plantas libres | Sus conexiones son reversibles y de facil acceso | PUNTAJE FR1 (Max. 21) | Los elementos y sus partes son independientes y de separación sencilla | Existen opciones de reutilización establecidas para los elementos constituyentes | Vida útil del edificio | Porcentaje de elementos reutilizados | Porcentaje de elementos que pueden ser reutilizados | PUNTAJE FR2 (Max. 18) |
| 3 | 3 | 21 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 11 |
| 3 | 3 | 17 | 3 | 3 | 3+1 | 2 | 2 | 14 |
| 1 | 1 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| 1 | 1 | 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 6 |
| 3 | 3 | 17 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 11 |
| 3 | 3 | 19 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 10 |
| 1 | 1 | 8 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 9 |
| 3 | 3 | 16 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 12 |
| 18 | 18 | 113 | 18 | 20 | 12 | 9 | 19 | 78 |

| FACTOR DE RECICLABILIDAD (FR3) | | | | | PORCENTAJE POR FACTOR | | | | |
|--|--|-------------------------------------|--|-----------------------|--------------------------------------|----------------|--------------------|---------------------|--------------|
| Los materiales constituyentes pueden separarse con facilidad | Existen opciones de reciclado establecidas para las partes constituyentes o materiales | Porcentaje de materiales reciclados | Porcentaje de materiales que pueden ser reciclados | PUNTAJE FR3 (Max. 14) | PUNTAJE TOTAL POR PROYECTO (Max. 53) | REDUCCIÓN (R1) | REUTILIZACIÓN (R2) | RECICLABILIDAD (R3) | CALIFICACIÓN |
| 3 | 3 | 3+1 | 3+1 | 14 | 46 | 100 | 73 | 117 | A3 |
| 1 | 3 | 2 | 2 | 8 | 39 | 81 | 93 | 67 | A2 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 16 | 33 | 33 | 33 | C |
| 1 | 1 | 3 | 3 | 8 | 22 | 38 | 40 | 67 | C3 |
| 3 | 3 | 1 | 3 | 10 | 38 | 81 | 73 | 83 | A3 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 12 | 41 | 90 | 67 | 100 | A3 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 10 | 27 | 38 | 60 | 83 | B3 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 12 | 40 | 76 | 80 | 100 | A3 |
| 18 | 18 | 20 | 22 | 78 | | | | | |

Figura 171. Formato de herramienta con datos de los 8 casos de estudio (Elaboración propia, 2023).

8.1 RESULTADOS

Mediante la aplicación de estos casos de estudio a la Herramienta de las “3Rs” se logra ejemplificar su funcionamiento y entender de qué manera podría aportar a nuestro camino hacia la arquitectura sostenible.

Interpretando los resultados obtenidos podemos identificar que el proyecto con mayor puntaje respecto al comportamiento frente a las 3 erres es el “Pabellón natural”, con una calificación de “A3” superando el porcentaje máximo del factor de reciclabilidad, lo que permite identificar que es un edificio totalmente apto para ser reciclado, además de haber obtenido el puntaje máximo posible en el factor de reducción lo que significa que a pesar de no haber sido el porcentaje más alto en promedio de las 3 “R”, este edificio cumple en su totalidad con los indicadores correspondientes, por lo que logrará reducir al máximo la cantidad de residuos al final de su vida útil, gracias a su estandarización, simplicidad y versatilidad en cuanto a estructura, materiales, entre otros aspectos.

Seguido de este, dentro de la categoría “A” podemos identificar el edificio Sócrates con 41 puntos, Casa Cork con 40, C.K-Choi con 39 y D(Mountable) con 38, todos con sistemas constructivos diferentes, sin embargo, la mayoría cumple en su máximo porcentaje con el mismo factor de reciclabilidad, lo que los hace tener la misma calificación (A3), a excepción del proyecto C.K-Choi, que obtuvo la calificación “A2” siendo esta la mejor dentro de los 8 proyectos analizados, ya que su porcentaje más alto respecto a las 3 erres se ubicó en la reutilización (factor de prioridad ante de reciclabilidad), logrado cumplir con sus principales metas de sostenibilidad, a partir de aquí, podrían surgir variedad de análisis que nos permitan aprender, mediante la comparación y el estudio de sus debilidades y fortalezas, las mejores estrategias para una arquitectura sostenible, dependiendo del contexto en el que se desarrollan, clima, recursos disponibles, sociedad, situación urbana, etc.

Dentro de la categoría “B” solo se encuentran la “Casa Upcycle con un puntaje de 27, ésta obtuvo mayor porcentaje en FR3, correspondiente a la reciclabilidad, lo que determina que sería su mejor destino al final de su vida útil, con el objetivo de evitar la generación de residuos, lo cual corresponde mayoritariamente a lo que se plantea desde el concepto de creación del proyecto.

Por último, en la categoría “C” se encuentra el proyecto Villa Wepeloo con 22 puntos obteniendo su mayor porcentaje en el factor de reciclabilidad, debido en gran parte a los materiales que la conforman y su sistema constructivo, haciéndola la candidata perfecta para la reciclabilidad al final de su vida útil, teniendo como calificación “C3”. Y con el menor puntaje en todos los aspectos, la Casa Collage con el mínimo de 16 puntos como proyecto y un porcentaje de 33% en todos los factores, lo que le determina la calificación de “C”, ya que no cuenta con ningún plan ni las características necesarias para determinar un claro destino al final de su vida útil, ya que no cuenta con estrategias de separación de elementos para su futura reutilización o reciclabilidad, por lo que habría que realizar análisis complementarios que permitan definir sobre que indicadores se debe invertir y trabajar, mediante que metodologías se debe actuar para evitar la generación de residuos y apostar por una arquitectura sostenible, que responda a la reutilización o reciclabilidad.

Como podemos observar, los resultados de esta herramienta se pueden analizar desde diferentes perspectivas, como se mencionó en el apartado 6 de este TFM enfocado a la explicación de la herramienta, desde el total por proyecto y los porcentajes por factor, hasta el total por indicador, como se muestra a continuación.

RESULTADOS POR PROYECTO

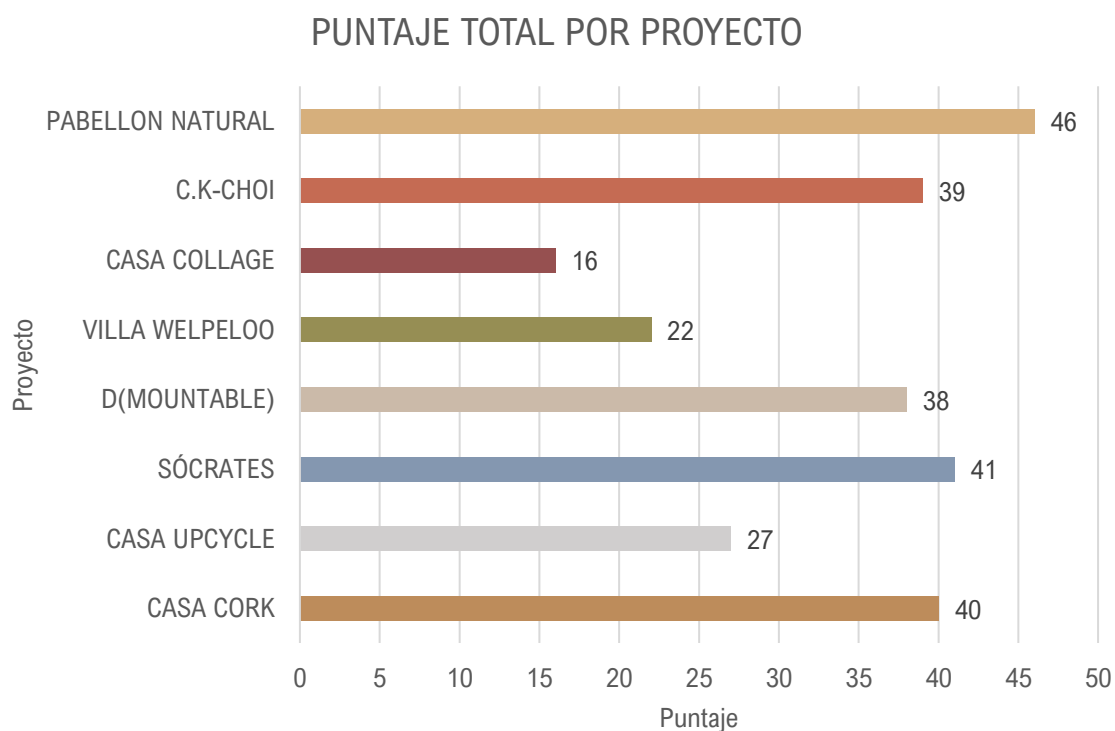


Figura 172. Resultados de puntaje total de cada proyecto (Elaboración propia, 2023).

En esta gráfica enfocada en el puntaje total por proyecto, podemos identificar el comportamiento de cada proyecto respecto al cumplimiento de las 3 erres de manera general, donde se comprueba lo analizado anteriormente respecto a la Figura 169, identificando al Pabellón Natural como el de mayor puntaje, posteriormente el edificio Sócrates, seguido de este el proyecto C.K-Choi y así sucesivamente. Correspondiendo mayoritariamente a lo que planteaba cada uno al inicio de su proyección.

RESULTADOS POR FACTOR

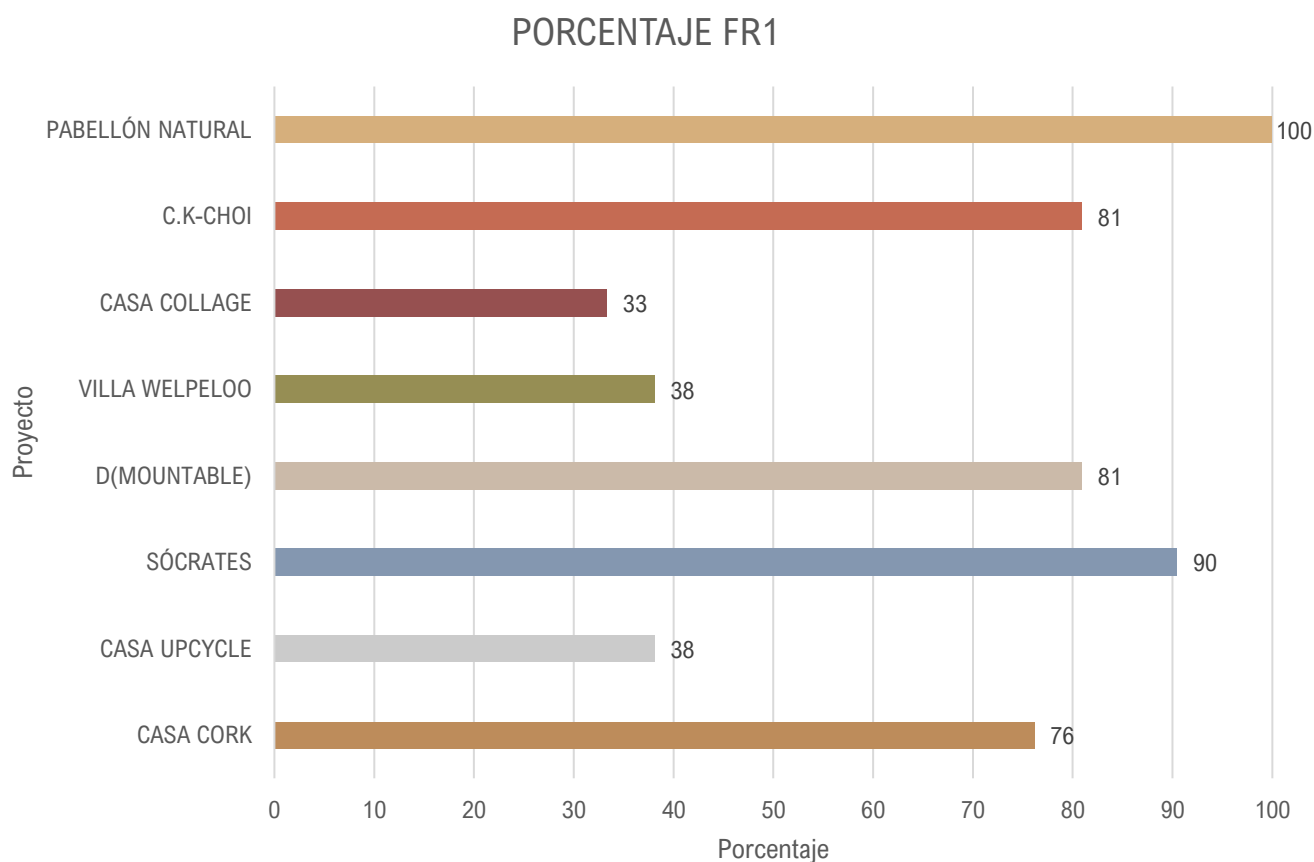


Figura 173. Resultados de puntaje total en factor de reducción de cada proyecto (Elaboración propia, 2023).

Como se muestra en la gráfica, el mejor proyecto en cuanto al factor de reducción (FR1) es el Pabellón Natural, posteriormente el edificio Sócrates y seguido de este el proyecto C.K-Choi junto con el edificio D(Mountable) y así sucesivamente, si analizamos, estos 4 proyectos, la mayoría fueron diseñados para el desmontaje, por lo que la gran parte de sus elementos son de medidas estandarizadas, prefabricados, con conexiones accesibles, plantas libres, entre otros aspectos, lo que permite simplificar su composición y edificarse de manera ágil, en conclusión logran reducir variedad de cuestiones a favor de la sostenibilidad, como tiempo, mano de obra, recursos, residuos, intervenciones respecto a futuros cambios de uso, etc.

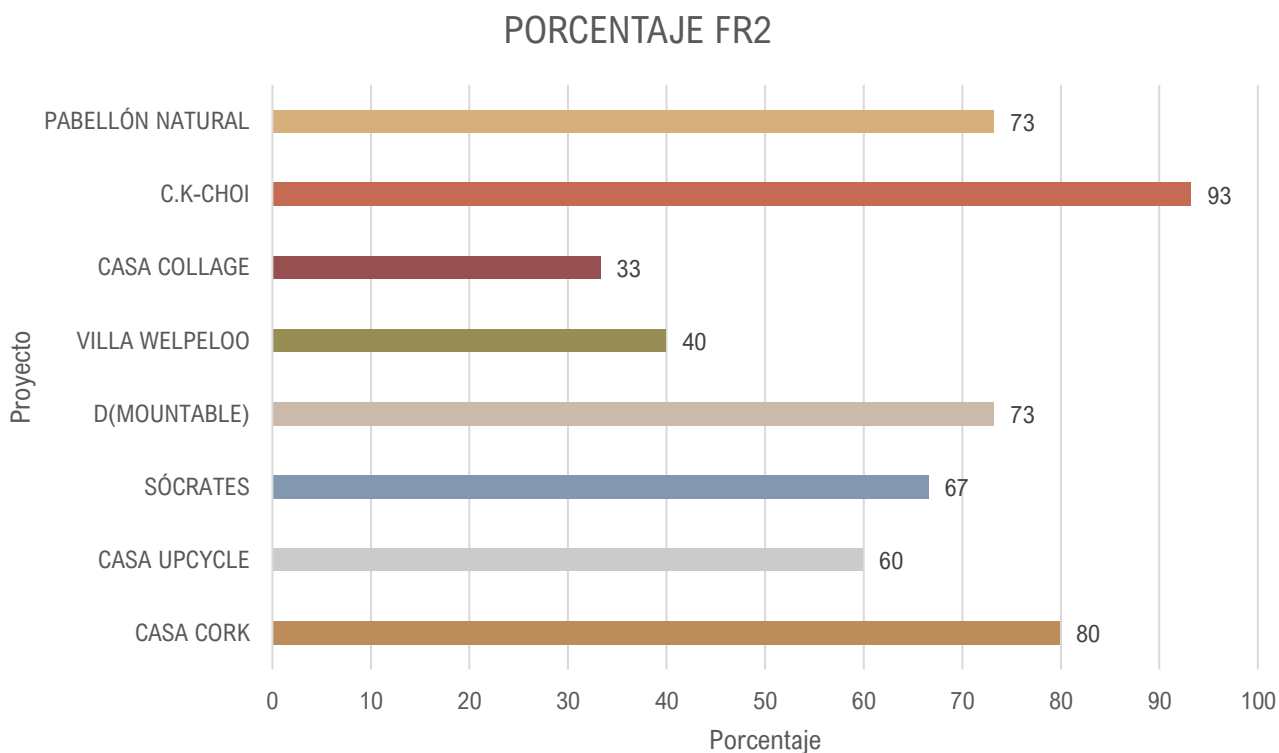


Figura 174. Resultados de puntaje total en factor de reutilización de cada proyecto (Elaboración propia, 2023).

En el factor 2 que corresponde a reutilización se identifica con mayor puntaje al proyecto C.K-CHOI, cumpliendo al 100% su meta de sostenibilidad al crear un edificio de diseño flexible, “que pueda adaptarse con el tiempo a los cambiantes ocupantes y usos del edificio” (Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) , determinando una vida útil de 200 años, lo que lo hace identificarse como un edificio totalmente reutilizable, seguido de este se encuentra la casa Cork, que al contar con un sistema constructivo tipo kit de autoconstrucción en seco, capaz de desmontarse y remontarse, teniendo una vida útil estimada de 60 años, responde satisfactoriamente a los indicadores del factor de reutilización. En tercer lugar, el Pabellón Natural y el edificio D(Mountable), especificando que la mayoría de sus elementos y partes son independientes y de separación sencilla, además de contar con cierto porcentaje de elementos que pueden ser reutilizados, por lo que existen opciones de reutilización establecidas.

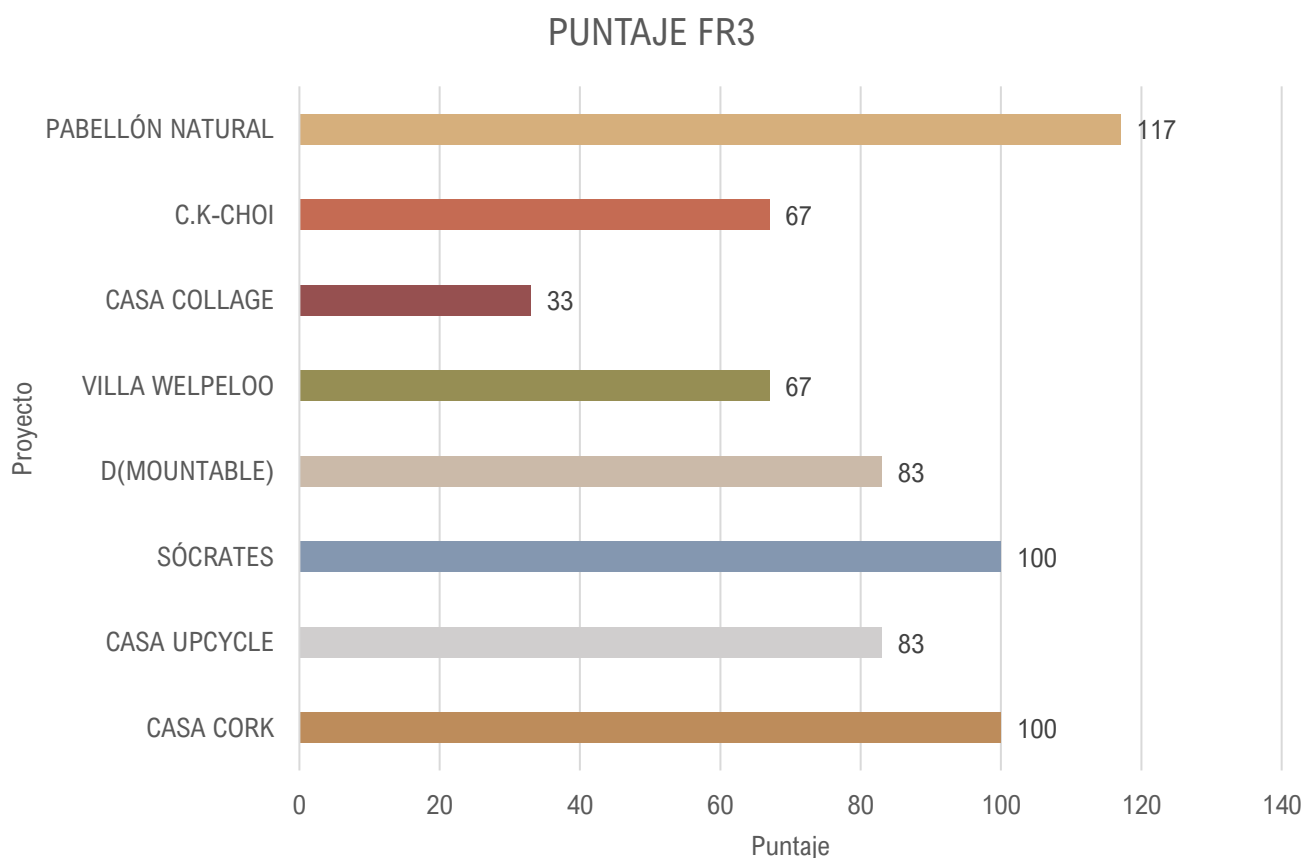


Figura 175. Resultados de puntaje total en factor de reciclabilidad de cada proyecto (Elaboración propia, 2023).

Por último, el factor de reciclabilidad (FR3), éste fue el de mejor desempeño en general, teniendo como mejor proyecto al Pabellón Natural con puntos extra, ya que cuenta con el 95% de materiales reciclados, sustentado por variedad de fuentes (Consultar en bibliografía), indicando que ese mismo porcentaje podrá ser reciclado, por lo que obtuvo incluso puntos extra en los indicadores cuantitativos de este factor. Seguido de este se identifica el proyecto Sócrates y Casa Cork con 100 puntos con un comportamiento ideal respecto a los indicadores de la reciclabilidad, y en tercer lugar el edificio D(Mountable) y la casa Upcycle con 83 puntos, contando con facilidad para la separación de sus materiales y su correcta reutilización, mediante las opciones establecidas.

RESULTADOS POR INDICADOR

PUNTAJE POR INDICADOR

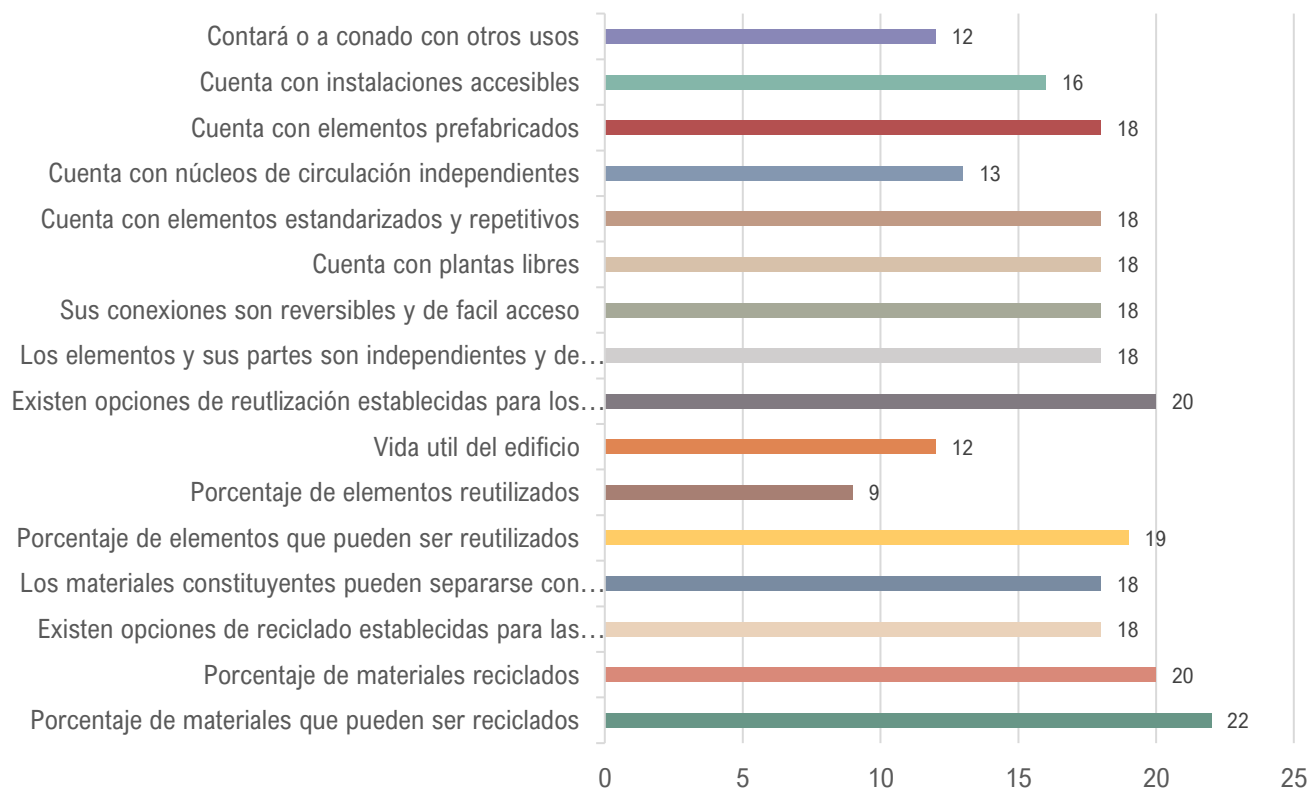


Figura 176. Resultados de puntaje total por indicador (Elaboración propia, 2023).

Otro resultado que se puede obtener al aplicar la herramienta, es el total por indicador, lo que nos permite identificar, en este caso de comparación de edificaciones, con cual indicador mayoritariamente cumplen, siendo en este caso el de “Porcentaje de materiales que pueden ser reciclados” con 22 puntos, posteriormente el “Porcentaje de materiales reciclados” y el de “Existen opciones de reutilización establecidas para las partes constituyentes o materiales” con 20 puntos y en tercer lugar “Porcentaje de elementos que pueden ser reutilizados” con 19 puntos y así descendentemente, como se observa en la gráfica, tan solo con estos rangos, ya podemos identificar que este puntaje se debe y responde a las tipologías de edificios que se analizaron, que son “Edificios construidos con materiales reciclados” y “Edificios diseñados para la deconstrucción” Esto nos ayuda a la vez a identificar puntos débiles de ciertos edificios en algunos indicadores y compararlos con los que obtuvieron un mayor puntaje en ese mismo indicador. A su vez, mediante esta herramienta podemos comprobar o poner en valor los atributos que el edificio promete, contra lo que en realidad se obtiene mediante el análisis de sus datos, todo esto con el fin de mejorar su comportamiento respecto a las 3 erres, conceptos que fueron estrategias clave para generar consciencia en el consumo de los recursos en el ámbito ecologista, y que ahora, aplicados a la arquitectura mediante esta herramienta, lograrán ser un importante complemento para las herramientas existentes hoy en día, guiando el ámbito de la construcción hacia una arquitectura más consciente.

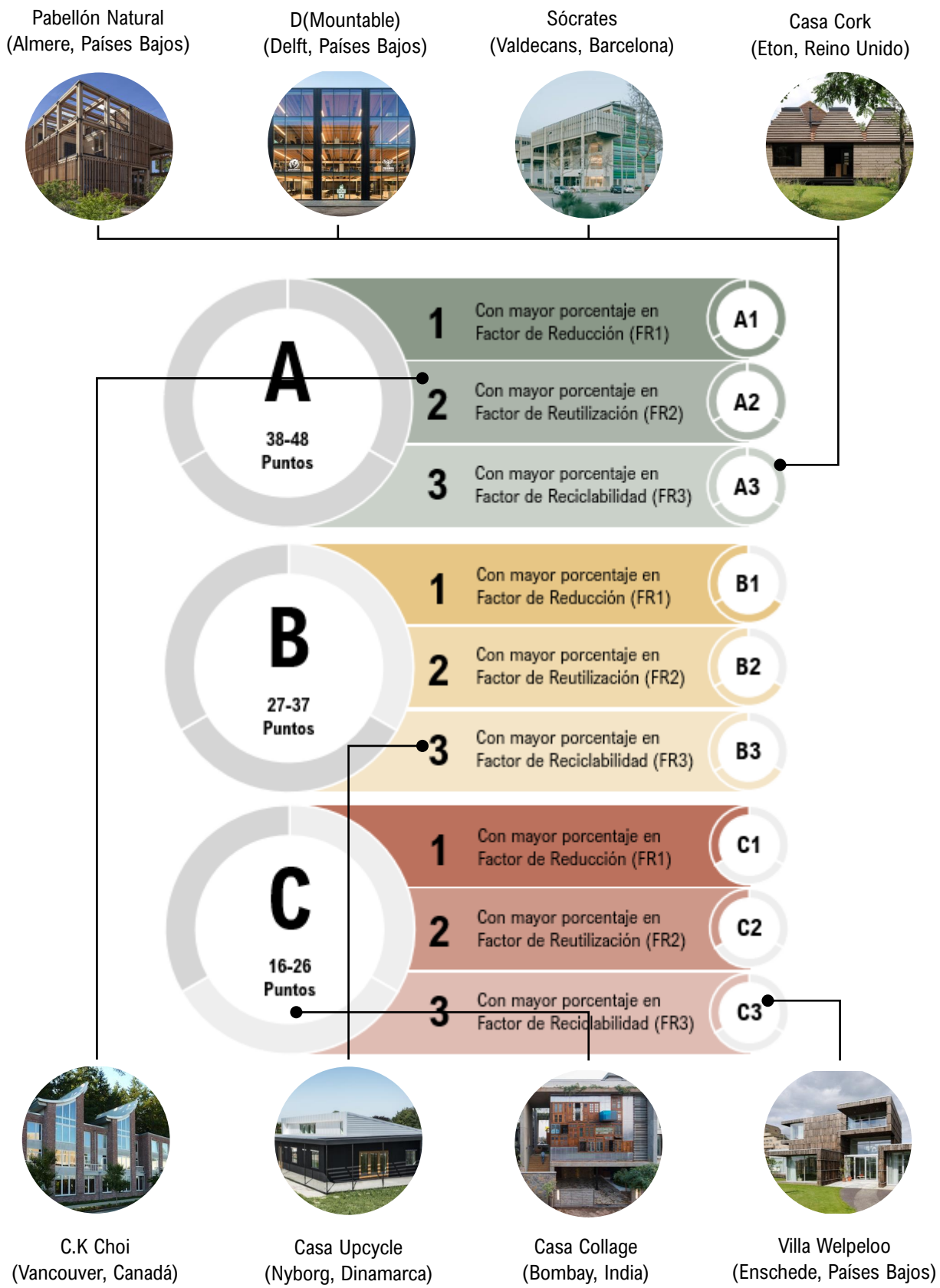


Figura 177. Calificaciones obtenidas por proyecto (Elaboración propia, 2023).

Nota: La información y datos utilizados para la ejecución de la herramienta fueron obtenidos de las fuentes correspondientes a cada proyecto, de manera literal o mediante deducciones, ya que, para fines de ejemplificación de la herramienta, no fue necesario hacer los cálculos exactos de cada indicador cuantitativo, gracias a que se contó con la información necesaria para el principal objetivo de esta etapa del TFM que es mostrar el funcionamiento de la herramienta de las “3Rs”.

8.2 CONCLUSIONES

La realización de este TFM me permitió profundizar en mis inquietudes respecto al camino que estamos siguiendo como arquitectos, mediante la investigación pude conocer y entender las dudas y preocupaciones que han surgido a través de los años respecto al papel de la construcción frente al medio ambiente, y como de igual manera, terminaron siendo esa motivación necesaria para actuar y crear herramientas y normativas que han sido planteadas con el mismo fin, frenar el daño que estamos haciendo al medio ambiente y concientizar el desarrollo de una arquitectura realmente sostenible.

En un principio, me planteaba como ejercicio, analizar algunas grandes edificaciones que hayan cumplido con la estrategia de ser desmontables y remontables, como muchas prometen hoy en día, con el fin de analizar y conocer realmente que cantidad de materiales y elementos habían podido ser reutilizados o reciclados de acuerdo a lo que se estipulo en un principio, y si estas cumplían de manera exitosa con su nuevo entorno. Debido a que no fue posible encontrar un solo caso que ya hubiera cumplido con esta meta, la inquietud respecto a la credibilidad de la arquitectura que estamos vendiendo hoy en día aumento, contribuyendo a la motivación por enriquecer la capacidad de análisis de la arquitectura actual frente al ideal de una arquitectura sostenible y consciente.

Lo que me llevo a la búsqueda de casos de estudio que hubieran sido diseñados, planeados y ejecutados bajo esta ideología de sostenibilidad, con el fin de analizarlos mediante una nueva perspectiva enfocada en el cumplimiento de 3 factores esencialmente indispensables para crear hábitos de consumo responsables; reducir, reutilizar y reciclar, conceptos bajo los cuales surge la herramienta creada en este TFM, las “3Rs” con la intención de enfocar estos factores a la arquitectura, reflexionando y actuando sobre la forma en la que consumimos y creamos arquitectura, entendiendo que la sostenibilidad no depende solo de una acción, si no de un conjunto de factores interrelacionados. Esta herramienta permite valorar el mejor futuro para la edificación a lo largo de su ciclo de vida, de acuerdo al contexto y situación en la que se desarrolla, esto por medio del análisis de los principios de la sostenibilidad extraídos de variedad de fuentes, sumándose a esta constante búsqueda del mejor camino hacia una arquitectura consciente que nos lleve a una (r)evolución en el sector de la edificación.

Aún contamos con barreras que interfieren en el camino hacia este ideal, como son algunos métodos constructivos, diseños, procesos de demolición, sistemas logísticos, el mercado, entre otros identificados por las diferentes estrategias existentes, sin embargo, creo que debemos parar un poco y reflexionar sobre el trabajo que estamos haciendo y vendiendo como arquitectos, hacer consciencia para mediante una mirada sensible, ser capaces de enfrentar este reto convirtiéndolo en una oportunidad para crear arquitectura más honesta respecto al aquí y el ahora.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Dodd, Nicholas, Shane Donatello, Mauro Cordella y Zahara Pérez. «Indicador 2.4 de Level(S) Diseño para la deconstrucción». Sevilla: Comisión Europea, 2022. https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2023-02/2.4.ENV-2020-00027-01-03-ES-TRA-00_v2.0_ZPA_clean.pdf

Dodd, Nicholas, Mauro Cordella, Marzia Traverso y Shane Donatello. «Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings». EUR 28899 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. doi:10.2760/827838, JRC109285.

Documentos de investigación, Artículos y Revistas

«ABOUT BAMB». Bamb, 10 de Mayo de 2023. <https://www.bamb2020.eu/about-bamb/>.

«Agbar, distinguida por su compromiso con la igualdad de género por ESADE Alumni». Agbar, 10 de Mayo de 2023. <https://www.agbar.es/es/comunicacion/noticias/124/la-torre-agbar-consigue-el-certificado-de-sostenibilidad-breem-en-uso>.

Borrás, Carla. «Las 3R: Reducir, Reutilizar y Reciclar». Ecología Verde, 15 de Diciembre de 2020. <https://www.ecologiaverde.com/las-3r-reducir-reutilizar-y-reciclar-315.html>.

«Buildings as Material Banks: Integrating Materials Passports with Reversible Building Design to Optimise Circular Industrial Value Chains». Cordis, 11 de Agosto de 2022. <https://cordis.europa.eu/project/id/642384/es>

«Castellana 81, el primer edificio de oficinas con certificado WELL de España». Belbex, 5 de Diciembre de 2018. <https://belbex.com/blog/castellana-81-certificado-well/>.

Caballero, Fernanda. «50 años de la Cumbre de la Tierra de Estocolmo». El Ágora Diario, 3 de Junio de 2022. <https://www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/cambio-climatico/50-anos-cumbre-de-la-tierra-estocolmo/>.

Cacheda, María. «Reciclaje, cuidado del medio ambiente y consumo responsable: las 6 erres». bioecoactual, 13 de Marzo de 2014. <https://www.bioecoactual.com/2014/03/13/yo-reciclo-cuidado-del-medio-ambiente-y-consumo-responsable-las-6-erres-por-maria-cacheda-divulgadora-cientifica/>.

Campos López, Gilda Esperanza. «RESEÑA DE LOS CONCEPTOS: RECICLAJE, RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA ARQUITECTÓNICO», 12 de Noviembre de 2020. <http://fica.ujed.mx/Reciclaje%20%20Arquitect%C3%B3nico.pdf>.

Cerdá, Emilio. «ECONOMÍA CIRCULAR», 10 de Enero de 2023. <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>.

«CERTIFICACIÓN WELL», Bioconstrucción, 13 de Mayo de 2023. <https://bioconstruccion.com.mx/es/certificacion-well/>.

«Certificación Cradle to Cradle: Qué es, cómo beneficia a la sociedad y ejemplos de empresas que lo fomentan.» CSR Consulting, 2 de Agosto de 2022.
<https://www.csrconsulting.com.mx/2022/08/02/certificacion-cradle-to-cradle-que-es-como-beneficia-a-la-sociedad-y-ejemplos-de-empresas-que-lo-fomentan/>.

«Certificado BREEAM: en qué consiste y cuál es su importancia». Eurofins, 10 de Septiembre de 2019.
<https://www.eurofins-environment.es/es/certificado-breeam-que-es-cual-es-importancia/>.

«Certificación WELL». tahm, 18 de Marzo de 2022. <https://tahm.com.mx/certificacion-well/>.

Clementi, Françoise. «Cumbre de la Tierra (Estocolmo 1972)», 10 de Noviembre de 2020.
<https://www.francoiseclémenti.com/glossary/cumbre-de-la-tierra-estocolmo-1972/>.

«Construcción sostenible: Certificado BREEAM y el agua». Hidrología Sostenible, 23 de Junio de 2020.
<http://www.hidrologiasostenible.com/construccion-sostenible-certificado-breeam-y-el-agua/>.

«¿CONOCES LA CERTIFICACIÓN CRADLE TO CRADLE?» Gabarró, 3 de Julio de 2023.
<https://www.gabarro.com/es/noticias/conoces-la-certificacion-cradle-to-cradle>

«Cómo impulsar la sostenibilidad en los desmantelamientos y demoliciones con la economía circular». Recircular, 31 de Marzo de 2023. <https://recircular.net/blog/desmantelamientos-demoliciones-sostenibles>

«Design for disassembly (DfD)». King County, 15 de Diciembre de 2016.
<https://kingcounty.gov/depts/dnrp/solid-waste/programs/green-building/construction-demolition/disassembly.aspx#:~:text=DfD%20is%20a%20building%20design,%2C%20repair%2C%20manufacture%20and%20recycling.>

«DFactory Barcelona logra la certificación Leed Gold que acredita una edificación sostenible y eficiente». Logística Profesional, 17 de Mayo de 2022. <https://www.logisticaprofesional.com/texto-diario/mostrar/3755218/dfactory-barcelona-logra-certificacion-leed-gold-acredita-edificacion-sostenible-eficiente.>

«EDIFICIO CASTELLANA 81, MADRID». Commtech, 22 de Marzo de 2023.
<https://commtech.es/2023/03/22/edificio-castellana-81-madrid/>.

«EL HOSPITAL UNIVERSITARIO INFANTA SOFÍA DE MADRID, RECONOCIDO COMO EL EDIFICIO PÚBLICO MÁS SOSTENIBLE EN LOS BREEAM AWARDS 2020». Breeam, 5 de Marzo de 2020.
<https://breeam.es/hospital-universitario-infanta-sofia-reconocido-edificio-publico-sostenible-breeam-awards-2020/>.

«El concepto de reciclaje en el contexto del patrimonio cultural edificado». Interior gráfico, 2013.
<https://interiorgrafico.com/edicion/decima-tercera-edicion-abril-2013/el-concepto-de-reciclaje-en-el-contexto-del-patrimonio-cultural-edificado.>

Frearson, Amy. «Moritzburg Museum Extension by Nieto Sobejano Arquitectos». Dezeen, 17 de Junio de 2011. <https://www.dezeen.com/2011/06/17/moritzburg-museum-extension-by-nieto-sobejano-arquitectos/>.

Glinka, María E., Claudia A. Pilar, y Daniel E. Vendoya. «ESTRATEGIAS DE RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN», 2006.

https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=ee91d760-284f-4d98-b29e-55c5a7f36ea6&groupId=7294824

González Barroso, Jose M., Albert Estruga Rey, y Paula Martín Goñi. «El 'Diseño para la desconstrucción', una metodología Lean», 2014. https://www.researchgate.net/profile/Paula-Martin-Goni/publication/271529391_The_%27design_for_disassembly%27_a_Lean_methodology/links/55926f9308ae1e1f9bb03db0/The-design-for-disassembly-a-Lean-methodology.pdf.

Guardiola, Juanjo. «CÓMO CONSEGUIR UNA CERTIFICACIÓN LEED V4». Manni Group, 4 de Noviembre de 2021. <https://blog.mannigroup.com/es-es/isopan/conseguir-una-certificacion-leed-v4>

«La Casa Domino». Arqhys Arquitectura, 2023. <https://www.arqhys.com/arquitectura/casa-domino.html>.

«LA TORRE AGBAR CONSIGUE EL CERTIFICADO DE SOSTENIBILIDAD BREEAM® EN USO». Breeam, 2014. <https://breeam.es/la-torre-agbar-consigue-el-certificado-de-sostenibilidad-breeam-en-uso/>.

«LEVEL(s): propuesta de la Comisión Europea de indicadores de sostenibilidad en edificios». Ávita System, 4 de Noviembre de 2021. <https://www.avitasystem.com/insight/levels-propuesta-de-la-comision-europea-de-indicadores-de-sostenibilidad-en-edificios/>.

«Level(s), el marco europeo para edificios sostenibles». iTec, 1 de Diciembre de 2020. <https://itec.es/infoitec/sostenibilidad/levels-el-marco-europeo-para-edificios-sostenibles/>.

López Mesa, Belinda, Ana Tomás, Teresa Gallego, y Ángel Pitarch. «Comparison of environmental impacts of building structures with in situ cast floors and with precast concrete floors», 3 de diciembre de 2007. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132308001285>

Muñoz, Pablo. «Qué es la Certificación WELL y cómo tu edificio puede aportar salud y bienestar». Evalore, 11 de Julio de 2017. https://evalore.es/que-es-la-certificacion-well?gclid=CjwKCAjw6vviBhB_EiwAQJropuxMwleArah1HxNM57hZQ0X4htl5WB51q9D73JeWeo_HN40I1KXHvBoCXqQAvD_BwE.

Martín Martínez, Luis. «Construcción sostenible: Certificado BREEAM y el agua». iagua, 23 de Junio de 2020. <https://www.iagua.es/blogs/luis-martin-martinez/construccion-sostenible-certificado-breeam-y-agua-0>

Martín Martínez, Luis. «Construcción sostenible: Certificado LEED y el agua». iagua, 27 de Julio de 2023. <https://www.iagua.es/blogs/luis-martin-martinez/construccion-sostenible-certificado-leed-y-agua>

Martínez Monedero, Miguel. «Reciclaje de arquitectura vs restauración arquitectónica, ¿herramientas contrapuestas?». Habitat y Sociedad, 5 de Noviembre de 2012. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/51920/N05A02%20Reciclaje%20versus%20restauracion.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

Muñoz, Pablo. «Qué es la Certificación LEED y cómo puede hacer de tu edificio un edificio sostenible y de vanguardia». Evalore, 25 de Junio de 2019. https://evalore.es/que-es-la-certificacion-leed?gclid=CjwKCAjwxr2iBhBJEiwAdXECwzVQ9QSegHgYILBu-NTCqjhoFlexVzuhUI91-NZ8yOs5l46RfRHVvhoCO7lQAvD_BwE.

«ODS.Objetivos de Desarrollo Sostenible». Teachers for future Spain, 10 de Agosto de 2023. <https://teachersforfuturespain.org/ods-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.

Pilar, Samuel A. «Desbordados por la basura». rtve, 22 de Febrero de 2020. <https://www.rtve.es/noticias/20200222/desbordados-basura/2003029.shtml>.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. «INFORME SOBRE LA SITUACIÓN MUNDIAL DE LOS EDIFICIOS Y LA CONSTRUCCIÓN EN 2022», 2022. https://globalabc.org/sites/default/files/2022-11/SPANISH_Executive%20Summary_Buildings-GSR_0.pdf

«¿Qué es el Diseño para el Desmontaje, o DfD?» Paneles ACH, 31 de Agosto de 2020. <https://panelesach.com/latam/pe/blog/disenio-para-el-desmontaje/>.

«Reciclaje de edificios: ¿Qué ocurre al final de su vida útil?» Ávita System, 20 de Febrero de 2023. <https://www.avitasystem.com/insight/reciclaje-de-edificios/>.

Rodríguez Rodríguez, Lizeth, y Arturo Cisneros Mayen. «Estrategia de economía circular para El Salvador. Soluciones habitacionales sostenibles». Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/48560-estrategia-economia-circular-salvador-soluciones-habitacionales-sostenibles>

Rosales, Paula. «Impacto de los materiales de construcción, análisis de ciclo de vida». Plataforma. Eco Habitar, 18 de Enero de 2020. <https://ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclo-de-vida/>

Rosell, Aleix. «Tejidos vertisol certificados Cradle to Cradle™». Vertisol, 20 de Marzo de 2018. <https://www.vertisol.com/es/tejidos-vertisol-certificados-cradle-to-cradle/>

Serrano Yuste, Paula. «Levels para la evaluación de la sostenibilidad de edificios será imprescindible en los próximos años». Certificados Energeticos, 28 de Marzo de 2022. <https://www.certificadosenergeticos.com/levels-evaluacion-sostenibilidad-edificios>.

Sisternes García, Ángela. «La herramienta DGNB en España». Feto Kommerling, 14 de Diciembre de 2020. <https://retokommerling.com/herramienta-europea-dgnb/>.

«SLOW BUILDING BARCELONA: un edificio sostenible (nZEB) y saludable». Lamp, 25 de Febrero de 2021. https://www.lamp.es/es/news/slow-building-barcelona-un-edificio-sostenible-nzeb-y-saludable_473201.

«Torre Glòries». Wikipedia, 8 de Julio de 2023. https://es.wikipedia.org/wiki/Torre_Gl%C3%B2ries

«Torre Agbar». Wikiarquitectura, 20 de Julio de 2023 <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/torre-agbar/>

Valero Ramos, Elisa. «Reciclaje de barriadas sociales. Apuesta por una alternativa sostenible.», 2010. <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2479/1.1.pdf?sequence=1>.

«Waste statistics». Gubernamental. Eurostat statistics explained, 2023. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation.

«WELL». Aire limpio, 13 de Mayo de 2023 <https://www.airelimpio.com/calidad-aire/well/>.

Tesis Doctoral

Maccarini Vefago, Luiz Henrique. «El concepto de reciclabilidad aplicado a los materiales de construcción y a los edificios: propuesta de índices para evaluar la reciclabilidad de los sistemas constructivos.» Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, 2011. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/94624>

Navarro Bosch, Ana. «Estrategias de reciclaje arquitectónico.» Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, 2016. <https://riunet.upv.es/handle/10251/61984>

Tesis de Grado y Maestrías

Belázquez Martínez, Laura. «Análisis de sellos ecológicos en materiales de construcción, estudios de certificación. Aplicación a diversos materiales.» Trabajo de Fin de Grado, Universidad Politécnica de Valencia, 2018. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/135793/BI%C3%A1zquez%20-%20An%C3%A1lisis%20de%20sellos%20ecol%C3%B3gicos%20en%20materiales%20de%20construcci%C3%B3n%20estudio%20de%20certificaci%C3%B3n.....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Calleja Molina, Manuel. «RECICLAJE ARQUITECTÓNICO: Definición, historia y capacidad.» Trabajo Final de Master, Universidad Politécnica de Valencia, 2016. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/43647/Memoria.pdf?sequence=1>.

Climent Salvador, Andreu. «ECONOMÍA CIRCULAR APLICADA A LA ARQUITECTURA Espejismo o Realidad.» Trabajo Final de Grado, Universidad Politécnica de Valencia, 28 de Diciembre de 2018 https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/114562/memoria_48594547.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Pullutasig Laguna, John David. «Potencial de sostenibilidad y desmontaje en sistemas industrializados para minimizar los residuos en el sector de la construcción.» Trabajo Final de Master, Universidad Politécnica de Cataluña, 2023. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/385035>

Vera Cornejo, Solange Enma. «Propuesta de indicadores Lean2Cradle® en fases de uso y deconstrucción.» Trabajo Final de Master, Universidad Politécnica de Cataluña, 2020. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/341616?show=full>.

Marco Legal y regulador

«El Pacto Verde Europeo se hace local». Fundación Renovables, 2022. <https://fundacionrenovables.org/wp-content/uploads/2022/11/2022-El-Pacto-Verde-Europeo-se-hace-local-1.pdf>

«El Acuerdo de París». Miteco, Gubernamental. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 11 de Mayo de 2023. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contr-el-cambio-climatico/naciones-unidas/elmentos-acuerdo-paris.html>.

«ISO 14040: Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia». Eurofins, 16 de Agosto de 2023. <https://www.eurofins-environment.es/es/iso-14040-principios-relacionados-gestion-ambiental/>.

Organización de las Naciones Unidas. «Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural», 21 de Noviembre de 1972. <https://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf>

Páginas Web

«CERTIFICACIÓN LEED». Cenergetica, 10 de Febrero de 2023. <https://www.cenergetica.es/certificacion-leed>

«CERTIFICACION WELL», 10 de Febrero de 2023. <https://www.cenergetica.es/certificacion-well>

«CERTIFICACIÓN DGNB PRESENTACIÓN». GBCe, 5 de Febrero de 2023. <https://gbce.es/certificacion-dgnb-system/>.

«Cradle to Cradle». c2cplatform, 20 de Febrero de 2023. <https://www.c2cplatform.tw/en/c2c.php?Key=1>.

«Economía Circular». Economía Circular, 2017. <https://economiecircular.org/economia-circular/>.

«Ellen Macarthur Foundation». Organización. Ellen Macarthur Foundation, 15 de Enero de 2023. <https://ellenmacarthurfoundation.org/>.

«Esquema de certificación». breeam, 5 de Febrero de 2023. <https://breeam.es/esquema-de-certificacion-breeam-urbanismo/>.

«greenpeace-logo». Oiga Estudio, 24 de Septiembre de 2019. <https://www.oigaestudio.com/greenpeace-logo/>.

«Level(s) European framework for sustainable buildings». Environment, 2 de Diciembre de 2023. https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en

Paez, Victor. «Matriz de decisión en proyectos». Recursos en Project Management, 16 de abril de 2020. <https://www.recursosenprojectmanagement.com/matriz-de-decision/>.

«¿Qué es la certificación BREEAM?» Certicalia, 18 de Enero de 2023 <https://www.certicalia.com/certificacion-breeam/que-es-la-certificacion-breeam>

«¿QUÉ ES EL CERTIFICADO DGNB?» Tuvsud, 5 de Febrero de 2023. <https://www.tuvsud.com/es-es/industrias/construccion-real-estate/edificios/certificados-construccion-sostenible-edificios/certificacion-dgbn>.

«¿QUÉ ES EL CERTIFICADO WELL?» Tuvsud, 5 de Febrero de 2023. https://www.tuvsud.com/es-es/industrias/construccion-real-estate/edificios/certificados-construccion-sostenible-edificios/sistema-evaluacion-well-building-standard?gclid=CjwKCAjw6vviBhB_EiwAQJRopisdkiwDR_5kQFSQk2HcQKmcBl8w0zq4bjMaTmT94_e442HJ3jwyXR0CXPwQAvD_BwE.

«Quienes somos». Greenpeace, 2 de Diciembre de 2023. <https://es.greenpeace.org/es/quienes-somos/>.

Quiroa, Myriam. «Matriz de priorización». Enciclopedia. Economipedia, 1 de Febrero de 2021. <https://economipedia.com/definiciones/matriz-de-priorizacion.html>.

Real Academia Española. «Reciclar». Diccionario. Diccionario de la lengua española, 2022. <https://dle.rae.es/reciclar>.

«Segunda vida de la arquitectura en España». The Factory School by Factoría 5 Hub, 1 de Noviembre de 2021. <https://www.factoria5hub.com/segunda-vida-de-la-arquitectura-en-espana/>.

«SLOW BARCELONA». GBCe, 5 de Febrero de 2023 <https://gbce.es/edificios/26660/slow-barcelona/>.

«slowbuildingbarcelona», slowbuildingbarcelona, 10 de Enero de 2023.
<https://www.slowbuildingbarcelona.com/#form-section-inicio>.

ÍNDICE COMPLEMENTARIO (Casos de estudio)

Pabellón natural.

DP6, Architectuurstudio. «El pabellón natural». Plataforma de búsqueda. Archello, 10 de Mayo de 2023
<https://archello.com/project/the-natural-Pavilion>

DP6. «Estudio de arquitectura DP6 El pabellón natural». Revista. Divisare, 24 de Marzo de 2023.
<https://divisare.com/projects/477183-dp6-architectuurstudio-scagliola-brakkee-the-natural-pavilion>

«El pabellón natural en Almere, Países Bajos». Ashui, 8 de Febrero de 2023.
<https://ashui.com/mag/chuyenmuc/kien-truc/18950-the-natural-pavilion-o-almere-ha-lan.html>

Pintos, Paula. «El Pabellón Natural / DP6 architectuurstudio». Blog. ArchDaily, 10 de Octubre de 2022.
<https://www.archdaily.com/990176/the-natural-pavilion-dp6-architectuurstudio>

Schoof, Jakob. «Pabellón del reciclaje en Almere». Revista. Detail, 22 de Marzo de 2023.
https://www.detail.de/de/de_de/recycling-pavilion-in-almere.

«The natural pavilion», The Natural Pavillion, 10 de Marzo de 2023. <https://www.thenaturalpavilion.eu/>.

C.K-CHOI

«C.K. Choi Building». Enciclopedia. Wikipedia The free encyclopedia, 4 de Marzo de 2023.
https://en.wikipedia.org/wiki/C._K._Choi_Building

«Edificio UBC CK Choi». Naturally Wood, 10 de Junio de 2023.
<https://www.naturallywood.com/project/university-of-british-columbia-c-k-choi-building/>.

Hahn Oberlander, Cornelia. «Plan de paisaje para el Instituto CK Choi de Investigación Asiática, Universidad de Columbia Británica, Vancouver, Columbia Británica». Cca, 1993.
<https://www.cca.qc.ca/en/search/details/collection/object/367019>

Macaulay, David R., y JasonF. McLennan. *El ingeniero ecológico: KEEN Engineering. Volumen uno*. Uno. Vol. uno. 2005929646. Kansas City: Fred McLennan, 2006.
https://books.google.es/books?id=WLKivQ_obW8C&pg=PA204&lpg=PA204&dq=percentages+of+building+c.k+choi&source=bl&ots=KMU_5znRv1&sig=ACfU3U3Dc_istHIGhxmuC8v682IG06xJOQ&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj80sesic3_AhUWV6QEHVOfCW4Q6AF6BAgJEAM#v=onepage&q=percentages%20of%20building%20c.k%20choi&f=false.

Peguero, Paola. «C.K CHOI BUILDING». Aplicación de presentaciones. Prezi, 10 de Junio de 2017.
<https://prezi.com/p/igervl4v3hxz/ck-choi-building/>.

Peterse, Ian. «C.CK CHOI BUILDING VANCOUVER, BRITISH COLUMBIA», Solaripedia, 5 de Julio de 2023
https://www.solaripedia.com/13/309/3540/ck_choi_building_exterior.html

Raynard, Gilbert, y Diana Klein. «Sustainable Building Design Case history C.K. Choi Building, UBC». rjc Engineers, 1995. <https://www.rjc.ca/rjc-media/research/sustainable-building-design-case-history-c-k-choi-building-ubc.html>

Casa Collage

Aranha, Jovita. «Made From Recycled Waste, This Award-Winning Navi Mumbai Home is Stunning!» Historias de impacto. The better India, 23 de Abril de 2019. <https://www.thebetterindia.com/180003/navi-mumbai-sustainable-home-upcycled-waste-decor-india/>.

S+PS Archotects. «Collage House, at Navi Mumbai, by S+PS Architects». Blog. Architecture.live, 1 de Noviembre de 2017. <https://architecture.live/about-us/>.

S+PS Architects. «Collage House / S+PS Architects». WebBlog. ArchDaily, 25 de Abril de 2016. <https://www.archdaily.com/786059/collage-house-s-plus-ps-architects>

Trivedi, Aastha. «COLLAGE HOUSE: REDEFINING ARCHITECTURE OF RECYCLED MATERIALS». The decor journal, 24 de Marzo de 2022. <https://www.thedecorjournalindia.com/collage-house>.

Villa Welpeloo

«Re-use in Dwell». Software de código abierto. AA Design INC, 28 de Abril de 2011. <https://aadesigninc.wordpress.com/2011/04/28/re-use-in-dwell/>.

Superuse Studios es Architect. «Villa Welpeloo». Premios. Archello. Accedido 5 de Mayo de 2023. <https://archello.com/project/villa-welpeloo-2>

Superuse Studios. «Villa Welpeloo | Superuse Studios». Archilovers, 28 de Agosto de 2013. <https://www.archilovers.com/projects/96974/villa-welpeloo.html>

Superuse Studios. «Villa Welpeloo by Superuse Studios». Portal y plataforma de arquitectura. goood, 31 de Enero de 2016. <https://www.goood.cn/villa-welpeloo-by-superuse-studios.htm>

Taracena, Erwin. «ARQUITECTURA: VIVIENDAS DE MATERIALES RECICLADOS 1». Informativa. Arquitectura, Literatura(+), 23 de agosto de 2013. <https://conarqket.wordpress.com/2013/08/23/arquitectura-viviendas-de-materiales-reciclad-1/>.

«Villa Welpeloo - Superuse Studios». Blog. TecnoHaus, 2013. <https://tecnohaus.blogspot.com/2013/02/villa-welpeloo-superuse-studios.html>

«Villa Welpeloo». newroom, 6 de Diciembre de 2011. <https://www.nextroom.at/building.php?id=34653&sid=34481&inc=pdf>

D(Mountable)

«Building d(emountable)». Cepezed, 18 de Julio de 2023. <https://www.cepezed.nl/en/project/building-demountable/28429/>.

« Construcción en madera, Construcción híbrida, Offsite, Kerto LVL. «Building D(emountable) – steel frame and wooden elements». Metsa, 2 de Marzo de 2020. <https://www.metsagroup.com/metsawood/news-and-publications/references/building-demountable-hybrid-construction/>.

Diosdado Ana. «BUILDING D(EMOUNTABLE), UNA ESTRUCTURA SOSTENIBLE Y TOTALMENTE DESMONTABLE DE CEPEZED». Metalocus, 1 de Abril de 2020. <https://www.metalocus.es/es/noticias/building-demountable-una-estructura-sostenible-y-totalmente-desmontable-de-cepezed>

González, María Francisca. «Building D(emountable) / architectenbureau cepezed». ArchDaily, 28 de Marzo de 2020. <https://www.archdaily.com/936389/building-d-emountable-architectenbureau-cepezed>

«PROYECTO DE EJEMPLO CIRCULAR BUILDING D (MONTABLE)». Revista. Stalbyggnad, 2023. <https://www.stalbyggnad.se/arkitektur/building-demountable-circular-example-project/>.

Sócrates

«Bio-Edificio Gonsi Sócrates». Construcía, 5 de Febrero de 2023. <https://www.construcia.com/edificio-socrates/>.

«Bioedificio Gonsi Sócrates, construcción circular en acción». Eco Intelligent Growth, 18 de Enero de 2023. <https://ecointelligentgrowth.net/es/proyectos/bioedificio-gonsi-socrates/>.

«Edificio Gonsi Sócrates Viladecans». Empresarial. Pich Architects, 12 de Marzo de 2023 <https://www.picharchitects.com/portfolio-items/edificio-gonsi-socrates-viladecans/#>.

«Edificio industrial adaptable y con criterios de economía circular de Picharchitects/Pich-Aguilera». Tectónica, 28 de Octubre de 2020. <https://tectonica.archi/projects/edificio-industrial-adaptable-y-con-criterios-de-economia-circular-de-picharchitects-pich-aguilera/>.

« Gonsi Sócrates bio-edificio». Gonsi Sócrates bio-edificio. Empresarial, 10 de Enero de 2023. <https://www.edificio-socrates.com/>.

Ott, Clara. «Edificio Sócrates Viladecans / PICHARCHITECTS». ArchDaily, 1 de Septiembre de 2020. <https://www.archdaily.pe/pe/946550/edificio-socrates-viladecans-picharchitects>

Pich-Aguilera, Felipe, y Teresa Batlle. «Edificio Gonsi Sócrates en Viladecans». Interempresas, 29 de Junio de 2020. <https://www.interempresas.net/construccion-industrializada/Articulos/307838-Edificio-Gonsi-Socrates-en-Viladecans.html>.

Vera Cornejo, Solange Enma. «Propuesta de indicadores Lean2Cradle® en fases de Uso y Deconstrucción». Trabajo Final de Master, Universidad Politécnica de Cataluña, 2020.

Casa Upcycle

Lendager Arkitekter. «Casa Upcycle / Lendager Arkitekter». ArchDaily, 20 de Diciembre de 2013. https://www.archdaily.cl/cl/02-319717/casa-upcycle-lendager-arkitekter?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

«Upcycle House». Legander, 2 de Marzo de 2023. <https://lendager.com/en/architecture/upcycle-house-en/>.

«Upcycle House». Nordregio, 29 de junio de 2018. https://nordregio.org/sustainable_cities/upcycle-house/.

Casa Cork

«Cork-House». Matthew Barnett Howland, 2021. <https://www.matthewbarnetthowland.com/cork-house>

Crook, Lizzie. «Recyclable House is built from cork blocks». Dezeen, 29 de Julio de 2019. <https://www.dezeen.com/2019/07/29/cork-house-matthew-barnett-howland-sustainable-architecture/>.

«Cork House». designingbuildings, 10 de Diciembre de 2021. https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Cork_House

«Cork House». Riba Architecture, 2019. <https://www.architecture.com/awards-and-competitions-landing-page/awards/riba-regional-awards/riba-south-award-winners/2019/cork-house>


Fundació Mies van der Rohe. «Cork House». EU Mies Award, 2023. <https://www.miesarch.com/work/4485>.

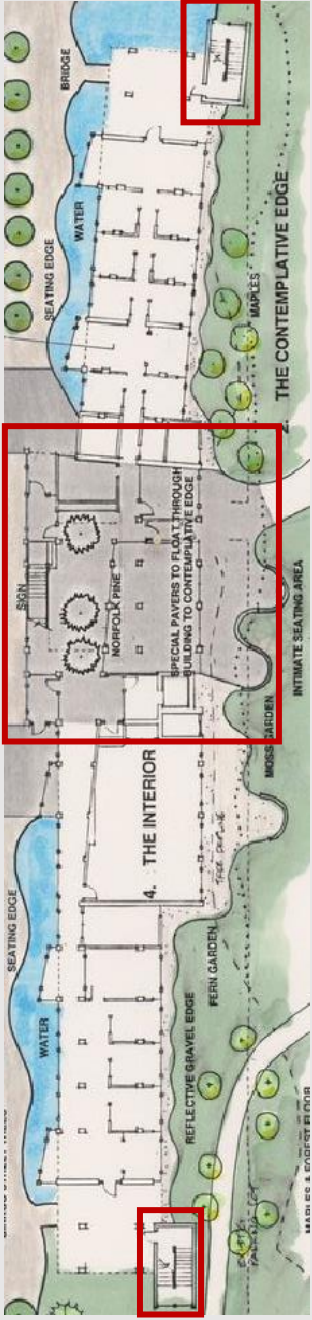
Galiana, Mercedes. «Cork House, una vivienda sostenible junto al Támesis. Matthew Barnett Howland Architect». Arquitectura y Empresa, 1 de febrero de 2020. <https://arquitecturayempresa.es/noticia/cork-house-una-vivienda-sostenible-junto-al-tamesis-matthew-barnett-howland-architect>.

Pintos, Paula. «Cork House / Matthew Barnett Howland + Dido Milne + Oliver Wilton». ArchDaily, 4 de Mayo de 2020. <https://www.archdaily.com/938586/cork-house-matthew-barnett-howland-plus-dido-milne-plus-oliver-wilton>

ANEXO

A continuación, se muestra un ejemplo de la información obtenida de acuerdo a cada indicador para llevar a cabo la ejecución de la herramienta aplicada al caso de estudio del edificio de oficinas C.K-Choi.


| INDICADOR | CRITERIO DE EVALUACIÓN | INFORMACIÓN OBTENIDA | FUENTE | PUNTAJE |
|-------------------------------------|---------------------------|---|---|---------|
| Contará o ha contado con otros usos | No o indefinido=1 Sí=3 | Diseño interior flexible para adaptarse a los cambios a lo largo del tiempo . | (Don Erhardt, Naturally Wood, 2023) | 3 |
| | | En 1996 nace el edificio C.K-Choi, bajo la necesidad de crear un espacio para el nuevo Instituto Asiático de Investigación en la Universidad de Columbia Británica, Canadá. (Uso actual) | Paola Peguero,2017 | |
| | | <p>El equipo de diseño, los representantes de la universidad y los usuarios establecieron los siguientes objetivos desde el inicio del proyecto y los monitorearon durante todo el proceso de diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño para la longevidad del edificio. <ul style="list-style-type: none"> ○ Detalle y diseño para una vida útil prevista del edificio de 200 años. ○ Cree un diseño flexible que pueda adaptarse con el tiempo a los cambiantes ocupantes y usos del edificio. ○ Seleccionar materiales y acabados en el edificio que minimicen las emisiones no deseables en el edificio. ○ Optimizar la calidad del aire interior. <p>Comentario El edificio fue proyectado para el uso actual, y no especifica si ya hay contemplado otro tipo de uso a futuro, sin embargo, en las fuentes mostradas se especifica que este cuenta con la capacidad de cambio de uso, por lo que de acuerdo al criterio de evaluación se asigna el puntaje de "3".</p> | (Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) Pág.3 | |
| Cuenta con instalaciones accesibles | No o indefinido=1 Sí=3 |    | (Don Erhardt, Naturally Wood, 2023) | 3 |

| INDICADOR | CRITERIO DE EVALUACIÓN | INFORMACIÓN OBTENIDA | FUENTE | PUNTAJE |
|--|---------------------------|--|--|---------|
| Cuenta con elementos prefabricados | No o indefinido=1 Sí=3 | <p>Comentario En ninguna de las fuentes consultadas se especifica que cuente con elementos de tipo prefabricados, ya que en su mayoría fueron reutilizados y el sistema constructivo se ejecutó in situ.</p> | | 1 |
| Cuenta con núcleos de circulación independientes | No o indefinido=1 Sí=3 | <p>Los núcleos de escaleras y ascensores son de hormigón. Proporcionan elementos naturales para resistir las fuerzas sísmicas. Estos muros de hormigón también actúan como barreras acústicas alrededor de las escaleras, ascensores y baños, además de disipadores de calor.</p>  <p>Comentario En la planta arquitectónica se observa como cuenta con 2 núcleos de circulación de emergencia en los extremos del conjunto edificado prácticamente independientes, pero en la parte central se identifican los núcleos de circulación principales, los cuales están totalmente integrados a la estructura y composición del edificio, por lo que se define que no cuenta con núcleos de circulación independiente.</p> | <p>(Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) Pág.4</p> <p>(Fondo Corneli Hahn Oberlander, CCA, 1993)</p> | 1 |

| INDICADOR | CRITERIO DE EVALUACIÓN | INFORMACIÓN OBTENIDA | FUENTE | PUNTAJE |
|---|---------------------------|--|--|---------|
| Cuenta con elementos estandarizados y repetitivos | No o indefinido=1 Sí=3 |  | (Ian Peterse,2023) Pág.2 | 3 |
| | |  | (Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) Pág.6 | |
| | | <p>Para las columnas, las piezas se unieron con conexiones de acero para lograr la altura requerida de tres pisos . Para lograr los requisitos de resistencia necesarios, se atornillaron piezas de madera para formar secciones transversales más gruesas .</p> | (Don Erhardt, Naturally Wood, 2023) | |
| | | <p>Comentario De acuerdo con las especificaciones encontradas en las diferentes fuentes, los elementos estructurales de este proyecto fueron rescatados y clasificados para su posterior uso, algunos fueron aprovechados respetando sus formas y medidas estandarizadas, volviéndolos repetitivos, como se observa en las cubiertas, sin embargo, en las zonas de doble o triple altura, las secciones de madera rescatadas utilizadas como estructura vertical, tuvieron que ser adaptadas para poder cumplir con las medidas necesarias, volviéndolas estandarizadas. En general la fachada del edificio es en su mayoría repetitiva, las carpinterías, barandillas, volumetrías, etc. Por lo que en conclusión el edificio se puede determinar cómo compuesto por elementos estandarizados, y en ocasiones repetitivos.</p> | | |
| Cuenta con plantas libres | No o indefinido=1 Sí=3 | <p>Diseño interior flexible para adaptarse a los cambios a lo largo del tiempo .</p> | (Don Erhardt, Naturally Wood, 2023) | 3 |
| | |  | (Fondo Corneli Hahn Oberlander, CCA, 1993) | |
| | | <p>El diseño también se centró en una distribución flexible para adaptarse a futuros cambios de uso y evitar que el edificio se volviera obsoleto. El equipo buscó diseñar un espacio que hiciera que la gente quisiera preservar el edificio y así garantizar su longevidad.</p> | (Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) Pág.7 | |

| INDICADOR | CRITERIO DE EVALUACIÓN | INFORMACIÓN OBTENIDA | FUENTE | PUNTAJE |
|--|---|--|---|---------|
| Sus conexiones son reversibles y de fácil acceso | No o indefinido=1 Si=3 | Para las columnas, las piezas se unieron con conexiones de acero para lograr la altura requerida de tres pisos. Para lograr los requisitos de resistencia necesarios, se atornillaron piezas de madera para formar secciones transversales más gruesas . | (Don Erhardt, Naturally Wood, 2023) | 3 |
| | | Acero estructural para conexiones de madera. | (Ian Peterse,2023) Pág.10 | |
| | | Todas las conexiones de acero eran de acero reciclado y fueron diseñadas para ser desmontables en el futuro, en caso de que alguna vez se deconstruyera el edificio. (Pág.5) | (Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) | |
| | | El edificio tiene estructura expuesta en todas partes. En muchas zonas los suelos son de hormigón pulido, Los techos son de deck de acero pintado, las vigas de madera y las conexiones son todas visibles. Como resultado, el interior es estéticamente agradable.(Pag.6) | | |
| Los elementos y sus partes son independientes y de separación sencilla | No o indefinido=1 Si=3 | Comentario Aplican las mismas especificaciones que el indicador anterior | | 3 |
| Existen opciones de reutilización establecidas para los elementos constituyentes | No o indefinido=1 Si=3 | Todas las conexiones de acero eran de acero reciclado y fueron diseñadas para ser desmontables en el futuro, en caso de que alguna vez se deconstruyera el edificio. | (Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) Pág.5 | 3 |
| | | El diseño también se centró en una distribución flexible para adaptarse a futuros cambios de uso y evitar que el edificio se volviera obsoleto. El equipo buscó diseñar un espacio que hiciera que la gente quisiera preservar el edificio y así garantizar su longevidad. | | |
| Vida útil del edificio (Años) | 50 años, menos o indefinido= 1 51-100= 2 101-150= 3 151 o más= 3+1 | Diseñado y detallado para una vida útil prevista del edificio de 200 años, con un diseño interior flexible para adaptarse a los cambios a lo largo del tiempo . | (Don Erhardt, Naturally Wood, 2023) | 3+1 |
| | | El equipo de diseño, los representantes de la universidad y los usuarios establecieron los siguientes objetivos desde el inicio del proyecto y los monitorearon durante todo el proceso de diseño: <ul style="list-style-type: none"> Diseño para la longevidad del edificio. <ul style="list-style-type: none"> Detalle y diseño para una vida útil prevista del edificio de 200 años. Cree un diseño flexible que pueda adaptarse con el tiempo a los cambiantes ocupantes y usos del edificio. Seleccionar materiales y acabados en el edificio que minimicen las emisiones no deseables en el edificio. Optimizar la calidad del aire interior. (Pág.3) | (Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) | |
| | | El edificio CK Choi está diseñado y detallado para ser un edificio de 200 años o más. La longevidad del edificio es fundamental para el concepto de diseño sostenible. Al diseñar la estructura del edificio para que dure 200 años, se logran ahorros significativos en energía, materiales, contaminación y residuos. Esto se logró de varias maneras. Se detalla que la madera estará protegida de los elementos y la Universidad tiene un programa de mantenimiento comprometido para preservar y prevenir el deterioro del edificio. El diseño también se centró en una distribución flexible para adaptarse a futuros cambios de uso y evitar que el edificio se volviera obsoleto. El equipo buscó diseñar un espacio que hiciera que la gente quisiera preservar el edificio y así garantizar su longevidad. (Pág.7) | | |

| INDICADOR | CRITERIO DE EVALUACIÓN | INFORMACIÓN OBTENIDA | FUENTE | PUNTAJE |
|--|---|--|---|---------|
| Porcentaje de elementos reutilizados | 0-30%= 1 31-60%= 2 61-90%= 3 91-100%=3+1 | El 70 por ciento de la estructura estructural está hecha de vigas de abeto Douglas recuperadas del edificio de la Armería de los años 40, que fue demolido a principios de los 90. | (Don Erhardt, Naturally Wood, 2023) | 2 |
| | | Cada pieza de madera fue calificada visualmente e inventariada por tamaño, longitud, especie y asignada a ubicaciones en el nuevo sistema estructural. | | |
| | | El 100 por ciento del distintivo revestimiento de ladrillo rojo procedía de un edificio demolido en el centro de Vancouver. Otros componentes recuperados incluyen puertas y marcos de oficinas, lavabos y conductos eléctricos. | | |
| | | Los ladrillos exteriores que fueron rescatados de las calles de la ciudad de Vancouver. | Paola Peguero,2017 | |
| | | Más del 65% de las maderas fueron reutilizadas de un edificio demolido. | (David R. Macaulay y Jason F. McLennan, 2006) Pág.206 | |
| | | El ladrillo recuperado cumplió una tercera vida, primero se utilizó como lastre en los barcos que venían de Asia en el siglo XIX y luego se empleó para pavimentar las calles del distrito Gastown de Vancouver a principios del siglo XX. Los arquitectos se pusieron en contacto con empresas de demolición para informarse sobre la distinta calidad de los ladrillos de los edificios antiguos y determinaron que los adoquines de las calles serían los más duraderos como fachada exterior no estructural. | | |
| | | Las pesadas vigas se recuperaron del antiguo edificio de Armería, situado justo enfrente, una estructura del campus de los años 30 cuya demolición estaba prevista. Las grandes vigas de madera, sin clasificar, supusieron un reto inicial cuando el encargado de la madera rechazó la mayor parte de la madera por inutilizable, ya que presentaba "grietas" que podían afectar a la integridad estructural de las vigas. Posteriormente, el ingeniero estructural pudo certificar la reutilización de las vigas en el edificio eliminando las partes débiles de los extremos. | | |
| | | 50% de materiales reutilizados/reciclados. (Pág.4) | (Ian Peterse,2023) | |
| | | La estrategia del equipo de diseño fue analizar todas las opciones posibles, centrándose primero en reutilizar materiales y segundo en obtener materiales con contenido reciclado. (Pág.11) | | |
| | | Puertas y marcos de acero 90% reutilizados. (Pág.11) | | |
| | | Barandillas y pasamanos interiores de aluminio 100% reutilizados procedentes de una casa club de golf demolida hace seis años. (Pág.11) | | |
| | | Accesorios de baño: Todos los fregaderos, dispensadores de toallas de papel y contenedores de basura fueron reutilizados. (Pág.11) | | |
| | | Mamparas de sanitarios reutilizadas. (Pág.11) | | |
| | | Componentes ocultos reutilizados: <ul style="list-style-type: none"> Madera: El encofrado de madera contrachapada reutilizado se convirtió en material de revestimiento, los extremos cortados reutilizados se almacenaron y se utilizaron para marcos pequeños. Conducto: Aproximadamente el 40% se reutiliza, se requiere almacenamiento en seco y el conducto se cepilla internamente antes de la instalación. (Pág.11) | | |
| Cuando comenzó el diseño de nuestro edificio, un edificio existente en el campus de la Universidad, Armería, estaba a punto de ser demolido. Las Armerías contenían vigas de madera de 70 años de antigüedad. Después de una inspección inicial de la calidad y el estado de la madera, se tomó la decisión de rescatarla y utilizarla para formar la estructura del nuevo edificio. (Pág.4) | (Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) | | | |

| INDICADOR | CRITERIO DE EVALUACIÓN | INFORMACIÓN OBTENIDA | FUENTE | PUNTAJE |
|--|---|---|--|---------|
| | | <p>En el diseño final, el 70% de la madera pesada del edificio fue madera reutilizada de las Armerías. (Pag.5)</p>  <p>Edificio de Amerías (Pág.4)</p> <p>El revestimiento fue 100% ladrillo rojo reutilizado de un edificio demolido en el centro de Vancouver. Se reutilizaron elementos interiores de edificios demolidos, como puertas y marcos de oficinas, pasamanos de aluminio, mamparas de baños, lavabos, dispensadores de toallas de papel y conductos eléctricos. (Pag.7)</p> <p>El equipo de diseño, los representantes de la universidad y los usuarios establecieron los siguientes objetivos desde el inicio del proyecto y los monitorearon durante todo el proceso de diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un edificio maximizando los recursos materiales existentes: <ul style="list-style-type: none"> ○ Utilice materiales que tengan un 50 % de contenido reutilizado o reciclado. ○ Considere la reciclabilidad del edificio. ○ Seleccionar nuevos materiales con baja energía incorporada. ○ Reducir significativamente los residuos de la construcción mediante procesos y reciclaje. | (Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) | |
| Porcentaje de elementos que pueden ser reutilizados | 0-30%= 1 31-60%= 2 61-90%= 3 91-100%=3+1 | <p>Esta estimado que más del 50% del total de los materiales que están incorporados en el edificio podrán ser reutilizados o reciclados.</p> <p>Todas las conexiones de acero eran de acero reciclado y fueron diseñadas para ser desmontables en el futuro, en caso de que alguna vez se deconstruyera el edificio.</p> | (David R. Macaulay y Jason F. McLennan, 2006) Pág.204 (Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) Pág.5 | 2 |
| Los materiales constituyentes pueden separarse con facilidad | No o indefinido=1 Sí=3 | <p>Comentario</p> <p>Este indicador se considera como indefinido, ya que, en repetidas ocasiones, las fuentes mencionan la capacidad de separación de los elementos del edificio, pero no se especifica en ningún momento la capacidad de separación de los materiales en sí, por ejemplo, el recubrimiento de fachada, los materiales que integran las losas intermedias, cubiertas, etc.</p> | | 1 |
| Existen opciones de reciclado establecidas para las partes constituyentes o materiales | No o indefinido=1 Sí=3 | <p>Sistema de ventanas con marcos de PVC totalmente reciclable. (El fabricante toma de nuevo unidades)</p> <p>El equipo de diseño, los representantes de la universidad y los usuarios establecieron los siguientes objetivos desde el inicio del proyecto y los monitorearon durante todo el proceso de diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un edificio maximizando los recursos materiales existentes: <ul style="list-style-type: none"> ○ Utilice materiales que tengan un 50 % de contenido reutilizado o reciclado. ○ Considere la reciclabilidad del edificio. ○ Seleccionar nuevos materiales con baja energía incorporada. ○ Reducir significativamente los residuos de la construcción mediante procesos y reciclaje. | (Ian Peterse,2023) Pág.10 (Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) Pág.3 | 3 |

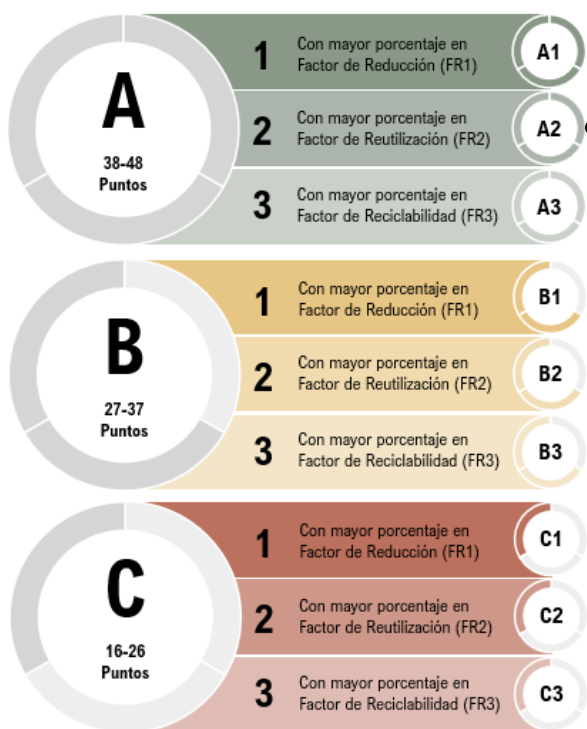
| INDICADOR | CRITERIO DE EVALUACIÓN | INFORMACIÓN OBTENIDA | FUENTE | PUNTAJE |
|--|---|---|---|---------|
| Porcentaje de materiales reciclados | 0-30%= 1 31-60%= 2 61-90%= 3 91-100%=3+1 | 50% de materiales reciclados. | (David R. Macaulay y Jason F. McLennan, 2006) Pág.204 | 2 |
| | | La estrategia del equipo de diseño fue analizar todas las opciones posibles, centrándose primero en reutilizar materiales y segundo en obtener materiales con contenido reciclado. (Pag.9) | (Ian Peterse,2023) | |
| | | Cubierta EPDM de colocación suelta con lastre de grava, 20% de contenido reciclado. (Pag.10) | | |
| | | Tablero de pared de yeso: Núcleo de 18% de yeso reciclado y 37% de papel reciclado. (Pag.10) | | |
| | | Revestimiento de papel periódico 100% reciclado. (Pag.10) | | |
| | | Aislamiento de celulosa soplado, confeccionado con fibra de celulosa 100% reciclada. (Pag.11) | | |
| | | Azulejo de pared: Empresa de azulejos de gres, 70% vidrio reciclado procedente de la industria industrial. (Pag.11) | (Gilbert Raynard y Diana Klein ,1995) | |
| Fue necesario mucho trabajo y seguimiento para poder verificar la meta de tener el 100% de los ángulos, placas, barras planas y redondas y canales de acero estructural con un 75% de contenido reciclado. (Pag.5) | | | | |
| Porcentaje de materiales que pueden ser reciclados | 0-30%= 1 31-60%= 2 61-90%= 3 91-100%=3+1 | El edificio incorpora más del 50% de materiales reciclados. Cuando no fue posible el uso de materiales reutilizados, el equipo investigó materiales con contenido reciclado. Las especificaciones tenían requisitos mínimos para el porcentaje de contenido reciclado para muchos materiales. Además de los materiales estructurales discutidos como aislamiento, los paneles de yeso para paredes, alfombras y baldosas tienen contenido reciclado. Se estableció un riguroso plan para reciclar los residuos durante el proceso de construcción. Se proporcionaron contenedores en el sitio para separar los materiales de desecho como madera, acero estructural, acero de refuerzo, paneles de yeso para paredes y cartón antes de transportarlos a los depósitos de reciclaje. El proceso fue un gran éxito y desvió casi el 95 % de los residuos de construcción del vertedero. (Pag.7) | (David R. Macaulay y Jason F. McLennan, 2006) Pág.204 | 2 |
| | | Esta estimado que más del 50% del total de los materiales que están incorporados en el edificio podrán ser reutilizados o reciclados. | (Ian Peterse,2023) Pág.10 | |
| | | Marco de PVC modificado con sistema de cavidades eualizadas de presión. Sin contenido reciclado, pero totalmente reciclable (el fabricante recupera las unidades). | | |
| | | Cubiertas planas: EPDM de colocación suelta con lastre de grava, fácil de reciclar. | | |

Formato de herramienta con puntaje obtenido en cada indicador, de acuerdo a los datos recabados, obteniendo como resultado, los totales y la calificación del proyecto.

| CASO DE ESTUDIO | | | FACTOR DE REDUCCIÓN (FR1) | | | | |
|--|---------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|---|
| TIPOLOGÍA | USO | NOMBRE | Contará o a conado con otros usos | Cuenta con instalaciones accesibles | Cuenta con elementos prefabricados | Cuenta con núcleos de circulación independientes | Cuenta con elementos estandarizados y repetitivos |
| EDIFICIOS CONSTRUIDOS CON MATERIALES RECICLADOS Y REUTILIZADOS | OFICINA | C.K-CHOI (Canada, 1996) | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 |

| LAS 3 ERRES | | | | | | | | |
|---------------------------|--|-----------------------|--|--|------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------|
| | | | FACTOR DE REUTILIZACIÓN (FR2) | | | | | |
| Cuenta con plantas libres | Sus conexiones son reversibles y de facil acceso | PUNTAJE FR1 (Max. 21) | Los elementos y sus partes son independientes y de separación sencilla | Existen opciones de reutilización establecidas para los elementos constituyentes | Vida útil del edificio | Porcentaje de elementos reutilizados | Porcentaje de elementos que pueden ser reutilizados | PUNTAJE FR2 (Max. 18) |
| 3 | 3 | 17 | 3 | 3 | 3+1 | 2 | 2 | 14 |

| FACTOR DE RECICLABILIDAD (FR3) | | | | | PORCENTAJE POR FACTOR | | | | |
|--|--|-------------------------------------|--|-----------------------|--------------------------------------|----------------|--------------------|---------------------|--------------|
| Los materiales constituyentes pueden separarse con facilidad | Existen opciones de reciclado establecidas para las partes constituyentes o materiales | Porcentaje de materiales reciclados | Porcentaje de materiales que pueden ser reciclados | PUNTAJE FR3 (Max. 14) | PUNTAJE TOTAL POR PROYECTO (Max. 53) | REDUCCIÓN (R1) | REUTILIZACIÓN (R2) | RECICLABILIDAD (R3) | CALIFICACIÓN |
| 1 | 3 | 2 | 2 | 8 | 39 | 81 | 93 | 67 | A2 |



C.K Choi
(Vancouver, Canadá)

Análisis de la reciclabilidad como herramienta hacia una arquitectura sostenible.

3Rs

Herramienta de análisis y evaluación con fines de reducir, reutilizar y reciclar en el ámbito arquitectónico.

Trabajo de fin de Máster.

Autor: Karla Nayeli Martínez Mesa.
Director: Dr. Adrián Muros Alcojor.