

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ARQUITECTURA DE BARCELONA

MÀSTER UNIVERSITARIO EN ESTUDIOS AVANZADOS EN ARQUITECTURA-BARCELONA
ESPECIALIDAD: INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN ARQUITECTURA

ESTUDIO COMPARATIVO DEL ÍNDICE DE CIRCULARIDAD EN SISTEMAS DE FACHADAS

Cálculo del potencial de reciclabilidad de materiales y desmontabilidad de componentes

Trabajo final de Máster

Autor: Ghyslaine Romina Manzaba Carvajal
Tutor: Dr. Arq. Josep Maria González Barroso
Cotutor: Dr. Arq. Oriol Paris Viviana

Barcelona, 2021

PRÓLOGO

La trama superestructural de diseño en la que nos desenvolvemos consta de dos elementos esenciales: la masa (la Tierra) y la energía (el Sol). Nada entra o sale del sistema planetario salvo el calor y, ocasionalmente, algunos meteoritos. Al margen de esto, para nuestros propósitos prácticos, vamos a considerarlo como un sistema cerrado, cuyos elementos básicos son valiosos y finitos. Todo con lo que contamos es aquello que la naturaleza ha puesto aquí. Y lo que los seres humanos hagamos no puede ser expelido “fuera” (McDonough & Braungart, 2005).

Tal como lo citan los autores en su libro *Cradle to cradle*, estas líneas hacen alusión a la condición indestructible de cualquier materia dentro de este espacio terrenal. Y precisamente, cuando se expuso el *Tratado elemental de Química* por Antoine Lavoisier en 1784, se insertó una frase muy trascendental que sustenta el primer fragmento expuesto: *“la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma”*.

De hecho, es consecuente replantearse estas premisas evolutivas en un contexto actual más moderno y exigente, recargado de demandas humanas cuyo único fin está ligado a cumplir con aquella necesidad de consumismo que, hoy en día, genera mayor impacto respecto a la verdadera razón por la cual, determinados productos tienen altos estándares de utilidad y que, la mayoría de las veces se desconoce y se tiende a actuar por inercia o de forma estereotípica, más que por sentido de coherencia.

Expresado de otra manera, toda la materia prima transformada en productos secundarios se utiliza, cumple su tiempo de vida o su “popularidad comercial”, se desecha y se acumula en vertederos, generando más de 11.200 millones de toneladas de residuos sólidos al año,

lo que contribuye al 5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (Naciones Unidas, 2021).

Parte de los desechos generados, podrían alcanzar niveles exorbitantes de hasta el 70% más de crecimiento para el año 2050 (Naciones Unidas, 2021), justificación suficiente para tener un mayor alcance en las investigaciones y estudios que planteen acciones preventivas sobre la desmesurada generación de residuos.

Durante este proceso de fin de vida útil, particularmente de los materiales utilizados en el sector de la construcción, se pueden especificar dos situaciones de culminación circular o según la premisa “de la cuna a la cuna”, sea a través del reciclaje o la reutilización de los componentes de una edificación, sin optar por procesos más ágiles como la demolición y descomposición de los materiales que, a futuro, tendrán consecuencias ambientales catastróficas.

Pero para llegar a dicho proceso de reciclaje o reutilización, existe una variable sumamente importante que se implementa como un método efectivo de deconstrucción sostenible, refiriéndose a la planificación del desmontaje de aquellas capas que forman parte de estos grandes espacios habitables. Por lo tanto, la introducción al tema de análisis pondrá en valor el potencial de reciclabilidad, desmontabilidad y, finalmente, de circularidad de sistemas de fachadas, a fin de tener una aproximación sobre aquella realidad constructiva que contiene elevados niveles de impacto ambiental, y poder tener una clara noción sobre cuál o cuáles sistemas constructivos se adaptan mejor a nuestros requerimientos pero, sobre todo, que se planifican acorde a un fin de vida circular.

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores Oriol y Josep Maria, por su orientación y sabiduría brindada en la elaboración de este trabajo investigativo.

A mis padres, por ser mis guías de vida y brindarme su apoyo incondicional durante esta larga trayectoria de aprendizaje.

A mi hermano, por sus muestras de cariño y preocupación durante mi formación profesional.

A mis apreciados docentes de la ETSAB, por las valiosas cátedras impartidas.

A mi familia, amigos y todas aquellas personas que conocí durante esta aventura, por acompañarme durante este proceso y hacer de mis días, gratos y felices momentos que jamás olvidaré.

ÍNDICE

PRÓLOGO	3
AGRADECIMIENTOS	4
ÍNDICE	5
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1. Interés personal	10
1.2. Objetivos	11
1.3. Relevancia de la investigación.....	11
1.4. Marco de investigación	13
1.5. Estructura de trabajo	13
2. ESTADO DEL ARTE	14
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	19
3.1. Concepción Técnica de la Fachada.....	19
3.2. Impacto ambiental del diseño actual	29
3.3. La fachada con potencial de “circuito cerrado”	31
4. PLAN DE TRABAJO	34
4.1. Definición de índices.....	34
4.2. Definición de variables	34
4.3. Metodología de análisis.....	37
5. RESULTADOS	42
5.1. Fachada maciza con acabado exterior caravista	42
5.2. Fachada maciza con acabado exterior continuo	51
5.3. Fachada maciza con acabado exterior discontinuo.....	59
5.4. Fachada maciza tipo SATE con acabado exterior continuo y discontinuo	67
5.5. Fachadas dobles	77
5.6. Fachada con estructura de esqueleto	97
5.7. Fachadas autoportantes.....	103
6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	111
6.1. Índice de reciclabilidad y Peso en kg/m ²	117

6.2.	Índice de desmontabilidad y Peso en kg/m ²	119
6.3.	Índices de circularidad, según metodologías aplicadas	121
7.	CONCLUSIONES	124
7.1.	Conclusiones sobre el potencial de reciclabilidad.....	124
7.2.	Conclusiones sobre el índice de desmontabilidad	125
7.3.	Conclusiones sobre los índices de circularidad	125
7.4.	Futuras líneas de investigación	127
BIBLIOGRAFÍA	128	
	Referencias bibliográficas.....	128
	Ecoetiquetas/Fichas técnicas	130
ÍNDICES COMPLEMENTARIOS	133	
	Índice de Figuras.....	133
	Índice de Matrices	134
	Índice de Gráficos	135
ANEXOS	138	

RESUMEN

Palabras claves: sistemas de fachadas, materiales prefabricados, índice de reciclabilidad, índice de desmontabilidad, índice de circularidad.

Durante el tiempo de vida de los materiales, capas constructivas y edificaciones, existen circunstancias de tipo patológicas, climáticas, de mantenimiento o de intensidad de uso que provocan el fin de su perdurabilidad. Por lo tanto, es sustancial responder a interrogantes sobre aquellas alternativas que puedan sustituir los procesos de demolición o de acumulación de residuos irrecuperables, característicos por su alta incidencia en el deterioro del medio ambiente y que, habitualmente, son elegidos para culminar con la existencia de la materia.

Parte de estas alternativas se vinculan a procesos circulares y amigables con los ecosistemas, durante la deconstrucción; en respuesta a este precedente, el tema de estudio de esta investigación se centra en la cuantificación de los potenciales de reciclabilidad, desmontabilidad y consecuentemente, de circularidad de diversos sistemas de fachadas con variaciones en su composición material, a través de la valoración de 24 indicadores y su contraste con otras metodologías de cálculo.

Al término de este análisis comparativo, se podrá determinar cuál o cuáles sistemas de fachadas tienen altos estándares en los procesos de desmantelamiento y gestión de materiales en las pieles exteriores de las construcciones, después de su vida útil.

ABSTRACT

Keywords: facade systems, prefabricated materials, recyclability index, disassembly index, circularity index.

During the lifetime of the materials, construction layers and buildings, there are pathological, climatic, maintenance or use intensity circumstances that cause the end of their durability. Therefore, it's essential to answer questions about those alternatives that replace the demolition's processes or accumulation of unrecoverable waste, characteristic for their high incidence in the environment decline and that, usually, are chosen to culminate with the systems' existence.

Part of these alternatives are linked to circular and friendly processes with the ecosystems, during deconstruction; in response to this precedent, the study topic of this research focuses on the quantification of the recyclability, removability and, consequently, circularity potential of diverse façade systems with variations in their composition materials, through the assessment of 27 indicators and their contrast with other methodologies.

At the end of this comparative analysis, will be possible to determine which façade systems have high standards in the dismantling processes and materials management in the skins of buildings, after their useful life.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda el desarrollo del tema “Estudio comparativo del Índice de circularidad en sistemas de fachadas: Cálculo del potencial de reciclabilidad de materiales y desmontabilidad de componentes”, cuya importancia técnica y ambiental radica en conocer aquellas fábricas con mejores índices ante la efectividad de procesos reversibles durante la etapa de deconstrucción, que otorguen una noción o conocimiento previo sobre aquellos sistemas que, hasta la última fase del ciclo de vida, cumplen con los requerimientos de diseño circular, minimizando los impactos medioambientales y la acumulación de desechos sólidos.

Es recurrente cuantificar dicho potencial en las etapas terminales de los materiales, componentes o edificaciones en general, para ser conscientes de que existen alternativas de diseño industrializado o materiales con altos contenidos de reciclado y potencial de reciclaje, que pueden ser altamente calificados, no solo por su durabilidad, uso, estética o simplificación de instalación, sino también por la reversibilidad de sus instalaciones y la eficiente gestión de materias secundarias.

Por lo tanto, el tema expuesto se desarrolla conforme siete apartados o capítulos contenidos en este documento, explicados a continuación.

El primer capítulo corresponde al *Planteamiento de la investigación*, el cual pondrá en evidencia el interés del autor por analizar esta problemática; así mismo, se incluyen los objetivos del trabajo final de máster, relevancia temporal y contextual del tema, marco de investigación y estructura de trabajo.

El segundo capítulo explica la recopilación bibliográfica actualizada que aborde los avances científicos/técnicos/tecnológicos sobre el tema en

cuestión; es decir, se hace referencia a aquella información producida por diversos autores, que otorgue interés y contemporaneidad al contenido expuesto a través del *Estado del arte*.

El tercer capítulo se basa en la *Fundamentación teórica*, que muestra una serie de concepciones y premisas de estudio, como justificantes técnicos del tema propuesto.

En el cuarto capítulo inicia el proceso de introducción hacia la resolución de las variables de estudio, en el que se explican cuáles son los indicadores evaluativos y la metodología de análisis; apartado que se ha denominado *Plan de trabajo*.

Posteriormente, se muestran los *Resultados* en un quinto capítulo, categorizados por tipologías de fachadas, en los que se incluyen las matrices de valoración, gráficos de resultados y esquemas constructivos de los elementos de estudio.

Conforme la presentación resultados, se procede a realizar un *Análisis comparativo* de los coeficientes de desmontabilidad, reciclabilidad y circularidad, éste último obtenido a partir de dos metodologías de cálculo.

Esta investigación llega a su término al presentar las conclusiones, futuras líneas de investigación y anexos.

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Interés personal

El desarrollo del trabajo fin de máster aborda el análisis de diferentes parámetros e indicadores que determinarán el grado o capacidad de un sistema de fachada en ser desmontable y que, dado el caso, si no llegase a cumplir con este fin de vida sostenible, poder evaluar cuánto potencial de reciclaje tienen los materiales que la componen.

Mundialmente, la generación de residuos, por construcción y demolición, es el sector que mayor contaminación ambiental genera, respecto a la cantidad de emisiones de dióxido de carbono que crece de forma exponencial; dado que este desequilibrio material y las prácticas constructivas tradicionales generan estragos que, a largo plazo, ocasionarán impactos irreversibles a la habitabilidad de los humanos, organismos vivos y naturaleza, sobre todo por la escasez de recursos y destrucción de la capa de ozono, organismos gubernamentales y entidades municipales pretenden que las construcciones nuevas, remodelaciones o edificaciones por demoler cumplan con ecoetiquetas, (documentos o informes que dan a conocer el nivel de incidencia medioambiental que genera un producto o un proceso, en paralelo con el respeto al entorno) que ratifiquen un fin del ciclo de vida cerrado o sostenible, realidad que se está aplicando en los países europeos y, a menor escala, en Norteamérica.

Por lo tanto, el interés que el autor de esta investigación pretende anunciar, está ligado a la búsqueda de beneficios en cinco ámbitos.

Dentro del ámbito ambiental, que los resultados del análisis comparativo nos permitan tomar decisiones sobre qué estrategias o métodos constructivos son categorizados como sostenibles, desde la fase

programática hasta el fin de vida después de su uso, con la finalidad de conocer la relación entre el impacto ambiental/beneficio temporal que brindan estos elementos a un edificio.

Desde el punto de vista humano, se argumenta que este análisis de impacto ambiental proporcione conocimientos a los profesionales, personal de obra, fabricantes y, sobre todo, a los usuarios finales de una edificación, sobre las graves repercusiones que tiene una construcción sin programación; que por mínima que sea la manipulación de los elementos, la compra desmedida de materiales o los mecanismos para desmontar una estructura generan residuos que, mundialmente, se traducen en grandes vertederos de basura, inclusive invadiendo el espacio de la naturaleza y cuya descomposición genera grandes cantidades de emisiones de dióxido de carbono, perjudiciales para todos los seres vivos que habitamos en el planeta.

Por lo tanto, la intención de esta investigación va más allá de encontrar soluciones técnicas a la gestión de desmontaje de un sistema de fachada, de forma que se vuelve recurrente concientizar sobre el tratamiento dado al sitio en el que habitamos; además, que durante el proceso de diseño se destine un tiempo y programación para definir detalles sobre como manipular una edificación tras culminar su tiempo de uso, ya que no se trata de producir de forma lineal sino de establecer un ciclo cerrado, en el que toda la materia sea congruente con un inicio y que culmine donde inicia.

Económicamente, y concadenado con el primer y segundo ámbito, prever la utilidad de sistemas de fachadas con gran capacidad de desmontaje y potencial de reciclado, incide en la disminución de la demanda de recursos, equipos, maquinarias y mano de obra por concepto de demolición y transporte de residuos, de forma que, este rubro pasa a segundo plano y más bien, se podrían obtener incentivos monetarios por

la promoción de construcciones de alta categorización ambiental; diseñar sosteniblemente, permite reducir los costos sobre todo si se aplican sistemas prefabricados, modulares y de instalación reversible.

En el ámbito educativo, de forma que los resultados de esta investigación incentiven a profesionales y estudiantes de la rama a realizar indagaciones de esta tipología; que se precisen estudios sobre futuras líneas de investigación ligadas al impacto ambiental generado por la gestión humana y tener presente que desde el primer momento de ideación, se debe diseñar de forma sostenible en recursos, tiempo, ejecución, uso y desmantelamiento de cualquier edificación.

Finalmente, dentro del ámbito constructivo, el autor tratará de obtener conclusiones y orientaciones para decidir cuáles sistemas de fachadas se adaptan mejor al diseño propuesto, a las necesidades del usuario y a la eficiencia constructiva posterior a su uso; establecer cuáles fachadas lideran el umbral de desmontabilidad y reciclaje y que, durante la ejecución de obra, los procesos se simplifiquen.

Cabe indicar que, al finalizar el estudio y aplicar esta matriz evaluativa de sistemas de fachadas, los resultados no deben responder únicamente al análisis comparativo de estos elementos, sino que sea una metodología de trabajo útil para cualquier otro componente o elemento constructivo de una edificación; que esta investigación se convierta en un proceso inherente al diseño y construcción, para poder extender esta tendencia de creación sostenible en los próximos años.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar un análisis comparativo sobre el índice de circularidad de diversos sistemas de fachadas, mediante la valoración de lineamientos e indicadores durante su desmontaje y proceso de reciclabilidad de materiales, para determinar cuál o cuáles sistemas constructivos responden a un fin del ciclo de vida circular.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar los coeficientes de desmontabilidad de los componentes de sistemas de fachadas.
- Calcular el potencial de reciclabilidad de materiales en sistemas de fachadas.
- Desarrollar y aplicar una matriz evaluativa y comparativa sobre el potencial de reciclaje, capacidad de desmontaje e índice de circularidad de los sistemas de fachadas.

1.3. Relevancia de la investigación

Plantear un estudio y análisis sobre el tratamiento de los componentes de una edificación después de su uso, resulta ser una temática de interés global y que necesita ser expandida de forma eficaz; hoy en día, los residuos generados por construcción y demolición alcanzan altos niveles de impacto ambiental, al ser el campo que mayor flujo y acumulación genera, después de los residuos urbanos dentro de la Unión Europea y, más grave aún que, únicamente el 25% de estos desechos reciben el

tratamiento en plantas de reciclaje, por lo que, lo restante se sigue acumulando, degradando y contaminando en vertederos, mares, ríos, entornos naturales y hasta en las propias urbes.

Y precisamente en España, la cantidad de escombros que genera un habitante por año podría llegar a ser de 1 tonelada, es decir, entre el 10 y 15% mayor a la media respecto de otros países de la Unión Europea.

Los RCD's o Residuos por construcción y demolición, resultan ser excelentes elementos en la aplicación de los principios de economía circular, si se someten a correctas prácticas de gestión para su post-valorización. Por lo tanto, la relevancia de este tema de investigación va más allá de proponer una programación de residuos o de la forma en la que se biodegradan los materiales, se basa en orientar el cuidado ambiental hacia una primera fase de control desde el momento que inicia el diseño arquitectónico.

Este estudio se focaliza en brindar una matriz evaluativa que cualifique el grado o potencial que tienen los componentes de una fachada en ser reversibles y reciclables y que, a la hora de decidir sobre los materiales o tipología de diseño, exista un conocimiento previo sobre cuál o cuáles sistemas tienen un prolongado ciclo de vida después de su uso.

Por otra parte, tal como se expone el impacto generado por este campo, mayor aún es el consumo significativo de recursos mundiales por la industria de la construcción, lo que representa un proceso de extracción-producción-uso-descomposición, con muestras de un acelerado crecimiento del desgaste energético.

Según el portal web de India "Construction Week" (2012) que incluye noticias, análisis y comentarios actualizados de expertos en la rama medioambiental y de la construcción, indica que el 50% del consumo de los recursos naturales y el 12% de uso de agua dulce a nivel mundial, se

destina para el desarrollo de construcción y cuyo volumen actual no será viable a largo plazo. Y es que entre el 30-40% de los residuos generados a escala global pertenecen al sector de la construcción, de donde el 10% y 90% pertenecen a los procesos de obra y demolición, respectivamente.

Pese a todas las consecuencias producidas por este enfoque lineal de producción, es recurrente plantear la transición hacia la economía y diseño circular, de forma que nos permita abordar la gestión de recursos y residuos paralelamente, es decir, regenerar los sistemas.

La relevancia de este tema también recae sobre la versatilidad con que se pueden plantear soluciones y adoptar dos enfoques diferentes: diseño circular, visto desde el desmontaje y desde la reutilización de sus componentes. Muestra de los beneficios que tiene el diseño para el desmontaje, se puede hacer mención del nuevo edificio de oficinas de Tridos Bank en Holanda, el cual tiene posibilidad de ser 100% reconstruido gracias a que todas sus uniones se establecen por más de 165 mil tornillos, lo que posibilita la reutilización de materiales, componentes y productos después de su uso.

En tanto que, los resultados de esta investigación conlleven a la fomentación del diseño para la adaptabilidad, se logrará alargar la vida útil del edificio, reducir la demanda de recursos y generación de residuos. Es importante hacer uso de componentes modulares y productos estandarizados, en función de la reversibilidad que pueden adoptar y, si se analizara más allá de los beneficios a largo plazo que observamos al aplicar estudios como estos, podemos concluir en que estas estrategias ya están siendo utilizadas en las edificaciones patrimoniales, a las cuales se aplican acciones de restauración, posteriormente se vuelven habitables y toman otra tipología de uso, sea comercial, turístico o de servicio, para que su concepto, legado y arquitectura perdure con el paso del tiempo.

En consecuencia, un diseño circular implica la correcta selección de los materiales en función de su recuperabilidad, tal es el caso de los materiales biológicos, diseñados para retornar al sitio del cual fueron extraídos, como la madera, algodón , papel; o los materiales técnicos, que, al sufrir un cambio físico o químico, pueden desmontarse, reutilizarse o volver a transformarse, como los plásticos y metales.

Habiendo expuesto la relevancia de este tema, es indispensable poner en marcha estos planes de evaluación de impacto ambiental, específicos en sistemas de fachadas.

1.4. Marco de investigación

La presente investigación adopta un marco temporal desde el año 2016 hasta la actualidad, correspondientes a las fechas de publicación de las declaraciones ambientales de producto EPD, documentos técnicos que respaldan los cálculos realizados según las especificaciones de los materiales que conforman los sistemas de fachadas.

Geográficamente, la investigación se centra prioritariamente en el continente Europeo y, en menor medida, en el país estadounidense, sitios donde se han expedido las declaraciones ambientales de producto EPD y de donde los fabricantes han realizado sus cálculos de material reciclado, reciclable, virgen y residuos irre recuperables por unidad de análisis.

1.5. Estructura de trabajo

La elaboración del trabajo fin de máster respecto del tema “Estudio comparativo del Índice de circularidad en sistemas de fachadas: Cálculo del potencial de reciclabilidad de materiales y desmontabilidad de componentes”, se encuentra distribuido en siete apartados, detallados a continuación.

El documento inicia con los *Preliminares*, que contienen el prólogo, resumen, introducción e índice de contenido, apartado que da a conocer de forma breve y concisa el asunto y alcance de la investigación.

Posteriormente, se da apertura a la presentación de la primera sección del trabajo, titulada como el “Planteamiento de la Investigación”, que consta de los principios y objetivos que justifican la importancia de desarrollar un contenido académico e investigativo de esta tipología, en el cual se encuentra el interés y relevancia del trabajo, así como los objetivos de investigación y la estructura que tendrá la tesina de máster.

A partir de los apartados dos, tres y cuatro inicia una producción de teorías, criterios y fundamentos teóricos que sustentarán el plan de trabajo y matrices evaluativas de sistemas de fachadas específicos para este estudio comparativo; es decir, en este punto de la investigación, se establecerán las directrices y pautas para el desarrollo de los posteriores capítulos sobre la evaluación, resultados y análisis de la reversibilidad de estos elementos constructivos.

El apartado cinco y seis contendrán la aplicación práctica de este ejercicio de investigación, en el que observamos la metodología de trabajo aplicada a casos específicos de estudios y que, posteriormente serán analizados comparativamente.

Para finalizar con este proceso académico, la tesina de máster culmina con la presentación de conclusiones en el apartado siete, a fin de conocer el grado de cumplimiento de los objetivos de investigación y, específicamente, saber los índices de circularidad según los sistemas constructivos aplicados a fachadas.

2. ESTADO DEL ARTE

Hoy en día, estudios e investigaciones que centran su enfoque en temas relacionados a los avances tecnológicos e innovadores sobre las formas de diseño y métodos constructivos eficaces, han puesto sus esfuerzos en desarrollar pautas o directrices que orienten a los profesionales sobre el por qué, cómo, cuándo y dónde se deben adoptar diseños con un fin de vida circular y con la posibilidad de reciclar al máximo los materiales que componen los sistemas de fachadas.

Existen resultados de varios análisis aplicados por profesionales de la rama, en el que corroboran la existencia de barreras técnicas que dificultan los procesos de recuperación y reutilización de elementos, por lo que el descontrol en la generación de residuos por demolición, sin posibilidad de ser reversibles, crece ampliamente.

El construir unidireccionalmente con el objetivo final de producir un bien inmueble útil hasta el final de su servicio, ha sido un tema de especial interés para aquellas entidades gubernamentales, municipales y de control ambiental en crear ese periodo de transición de las construcciones tradicionales hacia las construcciones sostenibles, y cuyo método de control sea el de cumplir con las especificaciones de ecoetiquetas ambientales que, tal como se lo ha planteado con los productos y alimentos para conocer su desgaste energético por empaque, también poder conocer la cantidad de kilogramos que se puede reciclar según sea el peso total del material o, el grado de desmontabilidad en relación a su sistema constructivo.

Habiendo analizado una serie de investigaciones científicas sobre la evolución que ha tenido el enfoque de este tema, se puede mencionar la relación que pretenden establecer entre la brecha de impactos y las formas

de concepción del diseño, en el que Cottafava D. & Ritzen M. (2021) destacan en su artículo “Circularity indicator for residential buildings: addressing the gap between embodied impacts and design aspects”, la necesidad de adoptar prácticas circulares de diseño que otorguen una reducción de las 79 gigatoneladas de materias primas extraídas y, en consecuencia, disminuir más del 50% de las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de esta actividad.

El entorno construido es responsable de más del 25% de los residuos generados por construcción y demolición y, es por esta razón que, a la hora de calcular la circularidad en el macro (impacto material), meso (partes de un producto que pueden reutilizarse o reciclarse) y micro (criterios de diseño) nivel de producción de una edificación residencial, la investigación planteada por los autores logre responder a dos aspectos:

1. Mejorar la calidad evaluativa ambiental de la materia prima.
2. Cuantificar el potencial de vida útil de un edificio, a través del diseño para el desmontaje.

Añadido a esto, los autores consideran que el diseño circular opta por el cumplimiento de aspectos ligados a la materia prima utilizada, a los desechos irrecuperables y al tiempo utilidad. Por lo tanto, para determinar aquel índice de circularidad de la edificación (Building Circularity Indicator BCI), se evalúan ocho casos de estudios, a fin de establecer vínculos entre la energía incorporada (Embodied Energy EE), las emisiones de CO2 (Carbon Emissions EC) y los criterios del diseño para el desmontaje.

Precisamente abordan sustentaciones sobre el impacto generado por la energía consumida y que, para finales del año 2018 y 2020, tanto las nuevas construcciones públicas así como los nuevos edificios particulares respectivamente, deben instaurar el concepto nZEB o edificios de consumo energético casi cero, dando respuesta a la problemática de

aproximadamente el 40% de la energía total consumida anualmente durante el ciclo de vida del edificio, según lo ha instaurado el Parlamento Europeo en el año 2018.

“The Embodied Energy” o energía consumida tiene diferentes formas de ser concebida; Phillip Crowther (1999) la considera como la suma de las energías directas -utilizadas en la construcción e instalación- e indirectas -relacionadas a la producción de materiales y componentes-. Sin embargo, en esta referencia bibliográfica, se mencionan tres subdivisiones de la energía consumida:

- Energía inicial: relacionada a la extracción y producción de materia prima y productos; transporte y construcción.
- Energía recurrente o de mantenimiento durante su vida útil.
- Energía de demolición o fin de vida: aplicada a un proceso de utilidad sostenible.

Aun así, algunos parámetros siguen influyendo en la exactitud de valores sobre los giga Joules de energía consumida por metro cuadrado de edificación construida, sobre todo si se trata de edificaciones antiguas cuya inexistencia de datos o especificaciones sobre el tipo y procedencia de los materiales, dificultan este proceso de cálculo. Por ello, hoy en día surgen nuevos complementos para softwares bidimensionales y tridimensionales como Rhinoceros3d, 3DCad o programas BIM, que apoyan a las simulaciones válidas de diseño ambiental, en las que se encuentran unas más automatizadas que otras.

También surgen métodos evaluativos propios de las entidades que emiten certificaciones ambientales (Figura 1) como Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), The Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) y The Environmental Product Declarations (EPD).



Figura 1. Certificaciones ambientales a) BREEAM, b) LEED y c) EPD.
Fuente: Interempresas, 2016; Bioconstrucción MX, s.f.; Aenor, 2021.

Cottafava et al. (2021) también indican que, los esfuerzos por determinar indicadores de circularidad de energía para evaluar el impacto ambiental son múltiples, en el que se incluyen nuevas medidas para identificar el potencial de reutilización o intensidad de uso. Sin embargo, en dicho artículo prestan especial interés al mecanismo comúnmente conocido y adoptado a nivel mundial, refiriéndose al cálculo del índice de circularidad del material (MCI) o “Material Circularity Indicator”, en cuya literatura existen tres indicadores: la cantidad de material virgen (V), utilidad del producto (X) y la cantidad de material irrecuperable (W).

En la aplicación del MCI, se establecen los indicadores de circularidad de edificios, en el que también se incluyen factores de desmontaje con un rango de ponderación del cero al uno, siendo cero el valor de ínfima aplicación y uno, el caso de mejor potencial de reutilización. Precisamente, este factor se multiplica por las cantidades computadas en cada producto o componente del edificio, para ponderar el impacto ambiental de cada capa constructiva y propiamente del índice de circularidad del producto (PCI) o “Product Circularity Indicator”. Ambos índices (MCI y PCI) se relacionan entre pesos y masas de los materiales, a fin de obtener el índice de circularidad del sistema (SCI) o “System Circularity Indicator”, jerarquizados según el factor LK o peso de diseño por capas.

A pesar de ser un método de trabajo muy orientativo y calificable sobre el nivel de impacto ambiental, en la actualidad sigue en discusión una metodología estandarizada que cuantifique con exactitud los indicadores de recuperación o reutilización de los componentes de un edificio, por tanto, los intentos por demostrar el potencial de circularidad de una edificación según el peso de los materiales y el porcentaje de reciclabilidad, suele estar dentro de un contexto carente de rigor o verificación científica.

Así mismo, el estudio de los ocho casos de edificaciones residenciales en todo el mundo, expuestos en dicho artículo, se basó en la selección de varios indicadores mixtos recurrentes, cuya metodología aplicada recopiló información a partir de una base de datos de materiales, criterios de desmontaje, encuestas en línea y agrupación de datos por criterios de diseño. Los resultados obtenidos presentan un margen de error del 10% que, a pesar de ser un estudio muy riguroso, brinda pautas para reducir la subjetividad de impacto ambiental.

Por otro lado, dentro de las aportaciones de otros autores como Abuzied H., Senbel H., Awad M. y Abbas A. (2020) en su artículo científico "A review of advances in design for disassembly with active disassembly applications", se menciona que los avances tecnológicos actuales han permitido adoptar técnicas de desmontaje **integrado y activo** que facilitan el proceso de desunión, favoreciendo a la reducción de los tiempos y costes económicos por la reparación de aquellas piezas que sufren daños, durante el desmantelamiento.

Si bien es preciso comentar que, la diferencia entre ambos procesos de desmontaje es que, el integrado requiere de estímulos térmicos, eléctricos, mecánicos o electromagnéticos para activar los mecanismos de desmontaje; mientras que el activo recurre a materiales o estructuras inteligentes que funcionen bajo uno o más estímulos externos.

Esta literatura también destaca los beneficios de utilizar los efectos de memoria de forma (SME), como un nuevo campo emergente con rentabilidad no destructiva y masiva de componentes. Esta técnica se activa al aplicar disparadores externos como temperatura, fuerza o presión para retornar a la forma inicial del material deformado, con una recuperación por estrés del 6% al 8%, sobre todo, si se trata de elementos de unión como tornillos, sujetadores, remaches, arandelas o bobinas.

Comúnmente, estos disipadores externos tienen integrados sensores que permiten detectar la fase de transformación, sin generar escombros o chispas por el choque de dos superficies diferentes, a más del producido durante un periodo de tiempo largo antes de alcanzar el límite de elasticidad y rotura mecánica.

Si bien es cierto, los procesos de desmontaje son complejos, sobre todo si se producen manualmente, sin embargo, el autor de esta literatura demuestra la variabilidad de separación no destructiva al recuperar la forma original de la pieza, por muy pequeña que sea.

Posteriormente y al revisar los comentarios dados por los autores Cruz F., Chong W. y Grau D. (2015) en su artículo "Design for Disassembly and Deconstruction -Challenges and Opportunities-", se exponen las graves repercusiones que tienen los residuos generados por demolición y construcción en Estados Unidos, que alcanza niveles de hasta 160 millones de toneladas anualmente, lo que representa la tercera parte de todos los desechos sólidos generados. Esta aportación científica destaca el proceso de reducir, reusar y reciclar (3R), como parte de las funciones del diseño para el desmontaje y cuyos principios se enfocan inclusive desde el campo educativo, para dar a conocer la forma en la que nuevas construcciones pueden usar materiales recuperados.

La recuperación de piezas también se encuentra empleada en la rama histórica y sobre la cual se podría obtener muchos beneficios en la

utilización de elementos decorativos, molduras o cerámicas de aquellos edificios antiguos próximos a ser demolidos y cuyos objetos mencionados podrían embellecer otras construcciones.

Como parte de los desafíos a incluir en el proceso de las 3R y el diseño para el desmontaje, los autores comentan la necesidad de desarrollar grandes almacenes de materiales que garanticen la disponibilidad, calidad y economía del producto a adquirir. Por este motivo, para aperturar un mercado de esta caracterización, es imperioso resolver los temas normativos que regularicen y estandaricen la forma de desmontaje.

Conforme al tema del desmontaje, también concluyen en que el factor tiempo representa otro obstáculo al momento de decidirse sobre un fin de vida útil circular. En reiteradas ocasiones, una construcción puede llegar a desmantelarse en un tiempo de tres u ocho veces mayor que si se demoliese; en consecuencia, es un riesgo que no se asume, visto desde la demanda de mano de obra, equipos y de mayor presupuesto.

Si la intención es reducir los tiempos, existen cinco pasos para proceder con esta intención:

1. Replanteamiento.
2. Guías o documentos de apoyo al desmontaje.
3. Capacitación del personal.
4. Etiquetado de todos los productos para su eficaz identificación.
5. Evitar el uso de materiales peligrosos que contaminen el resto de la estructura y otros materiales menos procesados.

En síntesis y contraposición con los costes económicos que acarrear las demoliciones, The US Environmental Protection Agency (EPA) o Agencia de protección medioambiental de los Estados Unidos, muestra resultados

favorables, de modo que se pueden obtener ahorros de \$1 o \$2 por pie cuadrado, al construir con materiales reciclados.

Carlisle Stephanie (2017), como parte de su aportación “Más allá de la Energía: impactos ambientales, materiales de construcción y cambio climático” en el libro *Embodied Energy and design: Making architecture between Metrics and Narratives* de Columbia University GSAPP, afirma que el inicio de todo control y mejoramiento del impacto ambiental se construye en la medición, ya que se constituye como el único proceso para analizar y comprender aquello que representa un problema.

El hecho de calcular el impacto ambiental puede ser una práctica de diseño ético y responsable; es que no solo compensa una reducción del consumo energético sino la forma en la que se gestiona la construcción e infraestructura del edificio. Resulta ser que, desde tiempos pasados, se relacionan los Joules de energía como una medida de eficiencia pero, si se llega a comprender que la energía no es el principal indicador de impacto ambiental, entonces la aplicación de los actuales modelos de diseño se están orientando por una metodología incorrecta y que, finalmente no responde a un impacto climático medible.

La autora considera que el impacto ambiental no solo se representa por las emisiones de CO₂, sino que también es fundamental considerar lo que sucede con la transformación del uso de suelo, del hábitat, de las especies endémicas, del aumento de niveles y contaminación de mares, así como la escasez de agua dulce o problemas a la salud humana.

En efecto, según el informe presentado por “The Intergovernmental Panel in Climate Change” o Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, se estima que aproximadamente el 15% de todas las emisiones de carbono se atribuyen a la transformación del uso de suelo, como es el caso de aquellos humedales, bosques, o zonas de cultivos convertidos en ciudades o recintos habitables.

Todos los proyectos conllevan cargas ambientales y, previo la necesidad de ser más específicos sobre el proceso de producción, consumo y eliminación, se plantea como ejemplo el material más demandado: el acero, cuyo proceso industrial más grande a nivel mundial tiene lugar en Tangshan, ciudad de China y que, a pesar de no ser perceptible su repercusión productiva, 5,5 millones de personas mueren cada año por respirar aire contaminado, así lo afirma The Global Carbon Budget (2015).

Como también se acotó en el artículo de Cottafava et al. (2021), se destaca la inclusión de herramientas o plugin como Tally, Quartz y Athena, cuyo enfoque se centra en brindar una base de datos computarizada sobre múltiples sistemas y elementos constructivos de variedad de materiales, en el que se pueden formular combinaciones de revestimientos, impermeabilizantes, superficies modeladas translúcidas o simples enlucidos para ser analizados y obtener resultados del ciclo de vida.

Respecto también de los avances tecnológicos de los últimos años, que ha tenido la producción de materiales reciclados, el Gobierno de los Estados Unidos apostó por el desarrollo del programa REMADE en el año 2016, cuyas siglas significan *Reducing Embodied Energy and Decreasing Emissions*, el cual se basa en producir productos a partir de cuatro clases de materiales: metales, fibras, polímeros y residuos electrónicos, lo que representaría un consumo cerca de un tercio del anual energético en dicho país, al igual que ofrecer ahorros de 1,6 billones de BTU anuales. De estos materiales, se pueden obtener:

- Termacork: bloques formados de la descomposición en gránulos de la corteza del corcho, formado al calor y presión, de excelentes propiedades térmicas (Figura 2).
- Starsilent: panel acústico compuesto hasta por el 96% de vidrio triturado reciclado, con una fina capa lisa exterior de yeso (Figura 2).

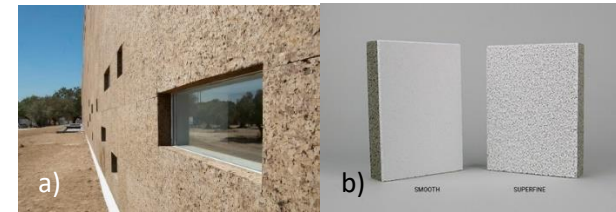


Figura 2. Materiales obtenidos de residuos. a) Termacork b) Starsilent.
Fuente: a) Termacork, s.f.; b) Acousthetics, s.f.

- Durum: panel compuesto por un 70% de cáscara de trigo y 30% de aglutinante acrílico libre de aldehído altamente volátil. Se puede trabajar bajo las herramientas de madera y se puede utilizar en paredes, muebles y puertas.
- Eco-Stone: baldosas cerámicas con un 90% de contenido de cerámica y basura reciclada, más un 10% de aditivos; son de composición porosa y tienen excelentes propiedades de permeabilidad a la humedad, sobre todo cuando es usada en exteriores (Figura 3).
- Viridian “Reclaimed Lumber”: tablas duras elaboradas del 100% de madera reciclada de cajas de transportación, de diversos colores, texturas y espesores (Figura 3).

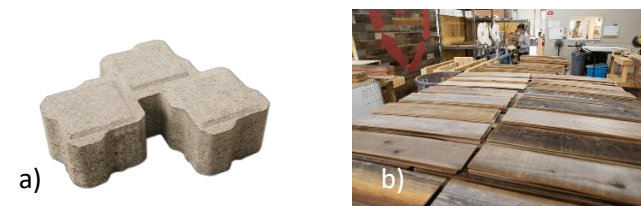


Figura 3. Materiales obtenidos de residuos. a) Eco-Stone b) Reclaimed Lumber.
Fuente: a) Pedregal, s.f.; b) Oregon Live, s.f.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. Concepción Técnica de la Fachada

3.1.1. Composición

Una fachada define la estética y apariencia de un edificio, tal como cumple con un factor funcional, también adquiere los siguientes atributos:

- Visibilidad interior-externo
- Ingreso de luz natural
- Soporte de cargas de viento y peso
- Ingreso de luz natural
- Estanqueidad a la lluvia y humedad
- Cortina térmica

En materia técnica, podemos identificar tres áreas principales de construcción de una fachada (Figura 4), desde el interior hacia el exterior:

1. Estructura primaria o armazón del edificio, cuya doble función es la de brindar soporte al edificio y a la estructura secundaria de la fachada.
2. Estructura secundaria o marco portante, el cual encapsula o sujeta el material de revestimiento o aislantes.
3. Material de revestimiento o relleno, como capa final.

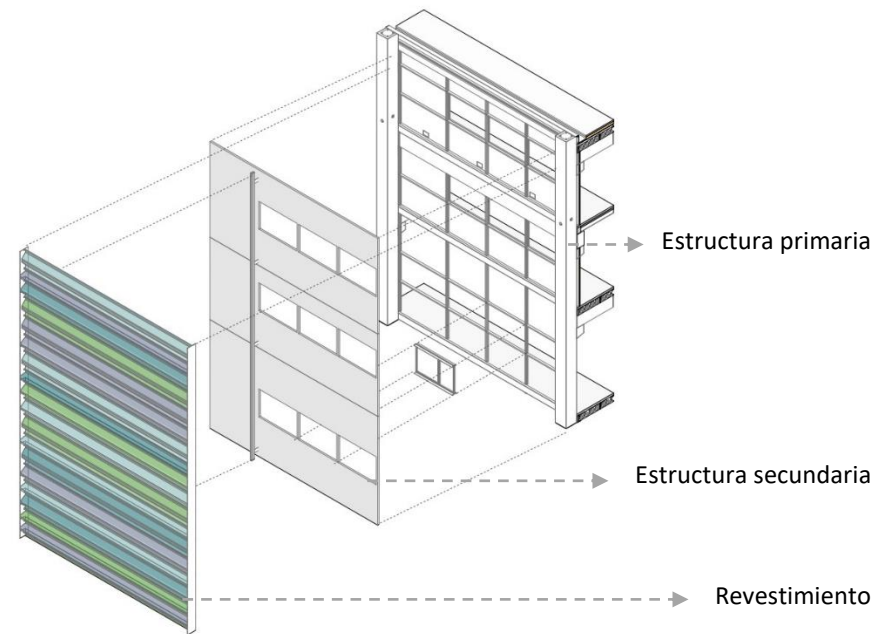


Figura 4. Composición de una fachada.

Fuente: Tectónica, s.f. Edición propia.

El darles autonomía a estos tres componentes, de los cuales, tanto el segundo como el tercero pueden duplicarse o formar unidades inteligentes, proporcionar simplicidad y eficacia en los procesos de montaje y desmontaje.

La composición de este segundo y tercer elemento puede adoptar formas básicas, es decir, tener una estructura interna continua en el que se integre en un solo elemento la estructura secundaria y el material de revestimiento, o también, plantear fachadas con porosidades, por capas o por perfiles, dado que estas variaciones se determinan por el tipo de método constructivo, basado en los siguientes principios:

- Capacidad de carga del material de revestimiento y de la propia estructura primaria del edificio
- Tipo de uniones y deformaciones
- Trabajabilidad

A continuación, se muestran las composiciones de una fachada según la forma de sus componentes (Herzog, Krippner, & Lang, 2004).

- estructura interna continua: la capacidad de carga se determina por las propiedades del material y formato, sobre todo cuando se tratan de materiales de composición húmeda o que desde fábrica se conciben como un solo sólido. Refiriéndose a este tipo de estructuras continuas podemos mencionar las fibras, cemento, acero, materiales compuestos como el hormigón o, materiales con contenidos de fibra o refuerzo añadido (Figura 5).

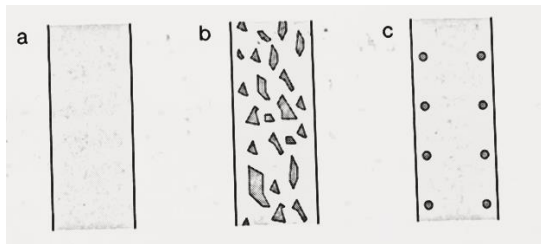


Figura 5. Estructura interna continua de una fachada.
Fuente: Herzog et al., 2004.

- estructura interna con contenido de aire: las formas de conseguir una estructura con celdas de aire formando intersticios con los materiales sólidos son diversas; desde fachadas con porosidades, redes, cámaras de aire hasta hojas de doble pared. Muestra de dicha forma, se incluyen las espumas de poliuretano, arcilla, piedra pómez (Figura 6).

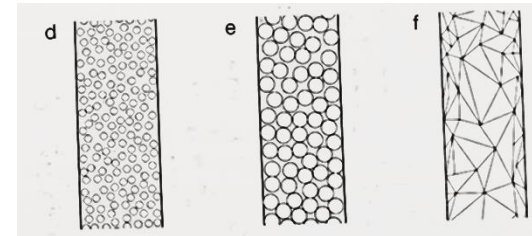


Figura 6. Estructura interna con contenido de aire de una fachada.
Fuente: Herzog et al., 2004.

- estructura por capas entrelazadas: a partir de esta variación, se observa como la estructura se separa y se constituye a partir de unidades o piezas regulares o irregulares, cuya unión se establece por el entrelazamiento a presión, en el que podríamos mencionar las fachadas vistas de piedras, muros de gaviones, fachadas de ladrillo caravista o inclusive formar doble piel (Figura 7).

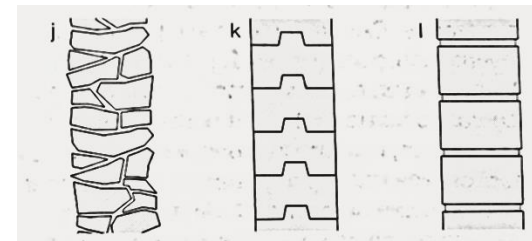


Figura 7. Estructura con capas entrelazadas de una fachada.
Fuente: Herzog et al., 2004.

- fachadas con enlace material por capas: son muros con características similares a la estructura por capas entrelazadas, pero a diferencia de las estructuras por capas entrelazadas, sus uniones se vuelven compactas y difícilmente reversibles, sobre todo cuando se tratan de enlaces materiales húmedos o adheridos por procesos químicos. Como ejemplo podemos mencionar a los

paneles de CLT, madera chapada o paneles con aislamiento o revestimientos como los enlucidos de cemento o yeso (Figura 8).

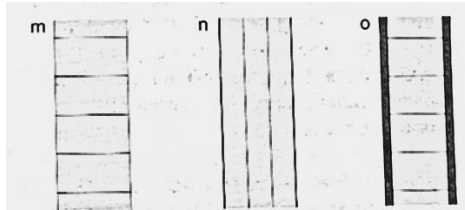


Figura 8. Estructura con enlace material por capas de una fachada.
Fuente: Herzog et al., 2004.

- e. Estructura tipo “sándwich”: refiriéndose a los paneles o fachadas cuya composición tendrá dos revestimientos (interno y externo) y, entre el intersticio formado, existe un material de aislamiento normalmente preelaborado desde fábrica (Figura 9).

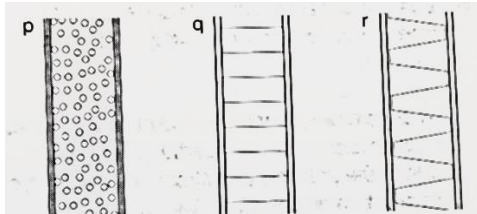


Figura 9. Estructura tipo sándwich de una fachada.
Fuente: Herzog et al., 2004.

- f. Estructura de tablonces con nervaduras: muy común en fachadas de madera, en cuya composición interna existen pasantes o elementos de unión, que permiten rigidizar la estructura y adaptar el material de revestimiento. Son composiciones planas y lineales de excelente capacidad de carga. De esta tipología, se encuentran nervaduras con tablonces o unidades de construcción de fábrica (Figura 10).

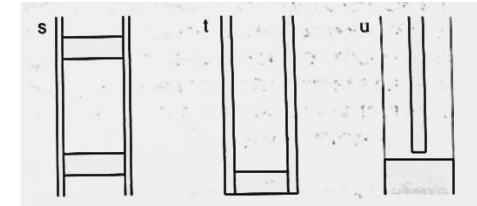


Figura 10. Estructura de tablonces con nervaduras de una fachada.
Fuente: Herzog et al., 2004.

- g. Estructura tipo perfil: típico de todos los perfiles de acero, aluminio o, en general, metales de secciones trapezoidales, acanaladas u otros, que otorgan a la fachada una alta rigidez con el mínimo de material. La desventaja de este tipo de estructuras en fachadas es la facilidad con la que pueden transmitir calor (Figura 11).

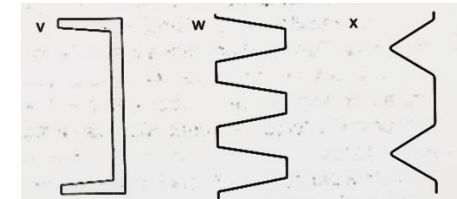


Figura 11. Estructura tipo perfil de una fachada.
Fuente: Herzog et al., 2004.

Según estas estructuras, habrá diferentes tipologías de fachadas que se analizarán y evaluarán según su potencial de desmontaje y reciclaje.

3.1.2. Tipología

Una fachada se constituye como un elemento de revestimiento que protege el perímetro inmediato habitable de cualquier construcción, de forma que, se concibe como la capa final exterior y la “cara” que se mostrará del edificio.

Dado el enfoque y estudio de fachadas que se plantea en esta investigación, existirá un principio rector que evalúe estos prototipos de envolventes, dado que se pueden analizar desde el punto de vista energético, estético, económico, según la cantidad de recursos o materiales. De modo que, se analizarían fachadas a partir de su composición por capas y cuán viable es su desmontaje a partir del tipo de uniones establecidas, así como el potencial de reciclaje que pueden alcanzar los materiales que las componen.

Conocer la producción de sistemas de fachadas y su flexibilidad en términos de prefabricación técnica, permite desarrollar este estudio en base a las piezas que lo componen y la generación de fachadas autónomas en proyectos a gran escala. Por lo tanto, si se hace mención del tipo de fachadas (Figura 12) que se adaptan a cualquier construcción, son cuatro las que lideran este sitio de envolventes: **fachadas macizas, fachadas dobles, fachadas con estructura de esqueleto y fachadas autoportantes.**

A breves rasgos, éstas últimas podrían tener un alto grado de desarrollo por la necesidad de acaparar mayores recursos y tecnificación de los procesos, sin embargo, tienen un alto potencial de instalación en relación con las fachadas macizas de composición húmeda o in situ por el tipo de adhesivo con el que unen sus piezas (bloque, ladrillo, concreto, adobe, madera, entre otros).

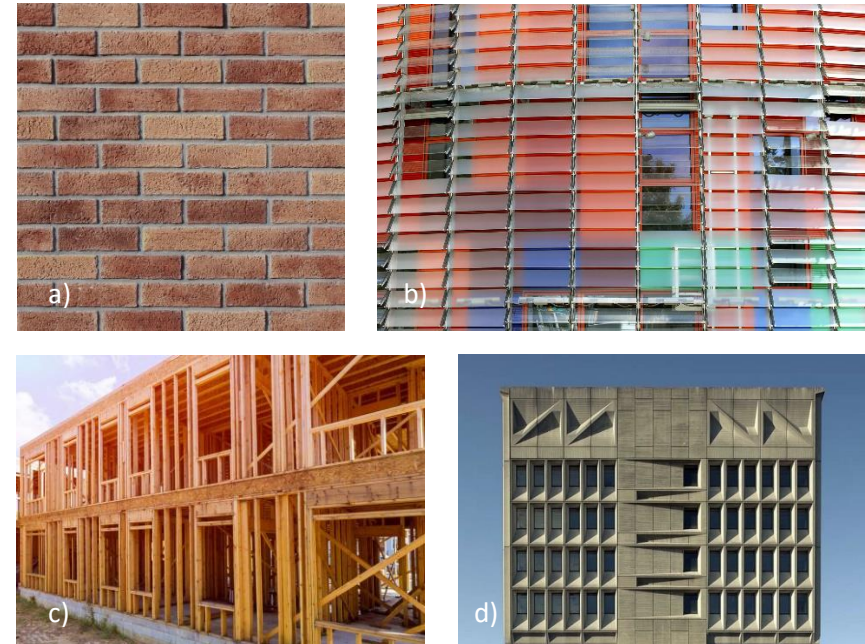


Figura 12. Tipo de fachadas según su composición. a) Maciza, b) Doble, c) Estructura de esqueleto, d) Autoportante.

Fuente: Contek, s.f.; Cat Real State, s.f.; Captiva Construction, 2020; Arquitectura y Diseño, 2020.

Estas fachadas de doble piel, por tener una vinculación mayormente ligada a la prefabricación y a un mayor espesor de su estructura, deben cumplir con determinados parámetros de aplicación, que se mencionan a continuación:

- Protección contra incendios
- Estanqueidad en las cámaras de aire o espacios intermedios
- Dimensionalidad y efectos visuales de las capas en conjunto

- Aberturas de entrada y salida de aire
- Grado de transparencia por la duplicación del espesor
- Optimización energética y económica
- Método de construcción

Habiendo establecido estos cuatro grandes grupos, es recurrente mostrar las derivaciones o subtipos de envolventes que, a posteriori, se verán implicadas en la evaluación y análisis de esta investigación.

Fachadas macizas

De concepción histórica; su forma se caracteriza por ser vista como una pared exterior cerrada y con cavidades rectangulares sobre las que se sitúan ventanas.

Fueron creadas como medio de evacuación del humo dentro de la vivienda que, conforme han transcurrido los años, esta concepción fue cambiada para facilitar el ingreso de luz natural.

Las fachadas macizas pueden adquirir diferentes formas y aspectos visuales según los materiales disponibles, desde los más tradicionales como la madera, piedra o piezas cerámicas, hasta los más modernos como el fibrocemento, piezas cerámicas de gran formato y mínimo espesor, piedras decorativas, terracotas o, las últimas invenciones en materiales de revestimientos ligeros como geles, hormigones traslúcidos, bloques de tierra, membranas, placas acrílicas y materiales de origen vegetal.

Por lo tanto, los tipos de fachadas macizas, si y solo si, difieren por el material utilizado y por la unión de sus capas, detalladas a continuación.

- Caravista (1): fachadas con hojas principal e interior en ladrillo, bloque de hormigón y panel prefabricado, cuya unión entre capas se

realiza mediante materiales húmedos, con aislamiento térmico entre las hojas y con un acabado exterior visto (Figura 13).

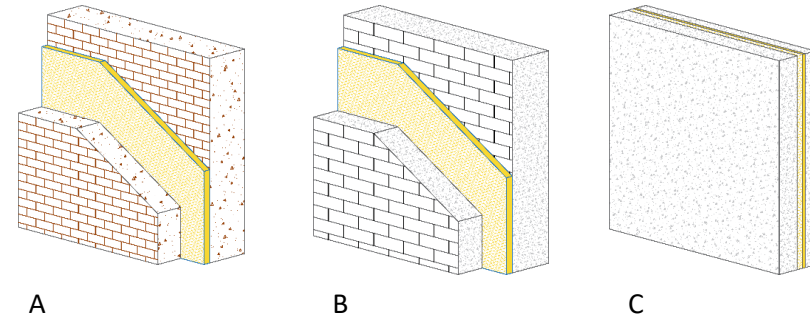


Figura 13. Fachadas macizas caravista.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Con acabado exterior continuo (2): fachadas con hojas principal e interior en ladrillo, bloque de hormigón y panel prefabricado, cuya unión entre capas se realiza mediante materiales húmedos, con aislamiento térmico entre las hojas y con un acabado exterior en pintura y empaste de yeso (Figura 14).

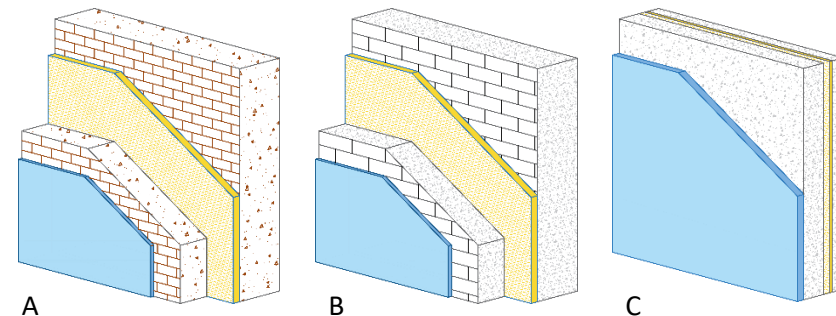


Figura 14. Fachadas macizas con acabado exterior continuo.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Con acabado exterior discontinuo (3): fachada con hojas principal e interior en ladrillo, bloque de hormigón y panel prefabricado, cuya unión entre capas se realiza mediante materiales húmedos, con aislamiento térmico entre las hojas y con un acabado exterior en piezas cerámicas (Figura 15).

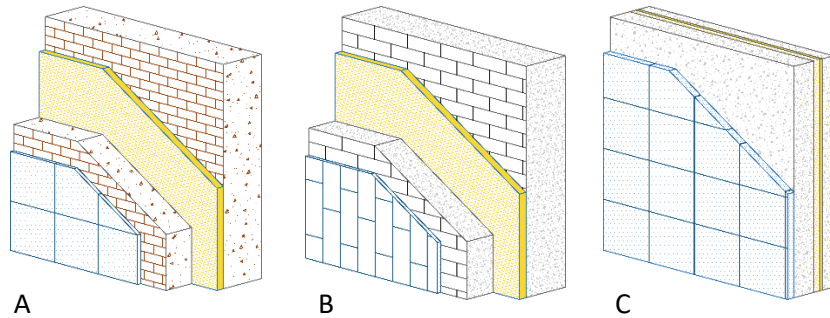


Figura 15. Fachadas macizas con acabado exterior discontinuo.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

- SATE (4-5): es un sistema que consiste en la aplicación de un revestimiento aislante que se coloca directamente sobre la parte exterior del edificio (Louvelia, 2021). Por lo tanto, se presentan este tipo de fachadas con revestimientos continuos en pintura y empaste de yeso, y discontinuos en piezas cerámicas y listones de ladrillos (Figura 16).

Fachadas dobles

Como su denominación lo indica, son dos o más capas que componen una misma fachada y que, sin necesidad de instalar sistemas activos de climatización, es posible proporcionar confort térmico gracias a la cámara de aire existente entre las capas.

No es recurrente plantear sistemas de fachadas dobles en todo un edificio, más bien donde existe una necesidad. Se presentan tres tipos de fachadas dobles:

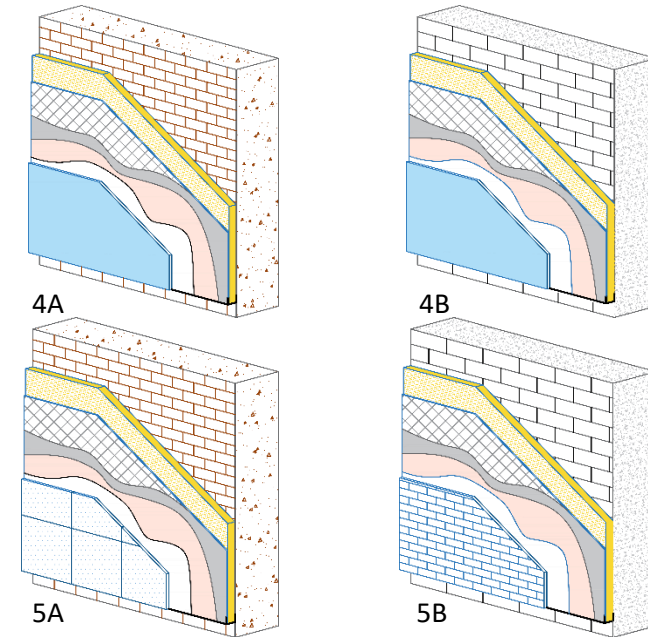


Figura 16. Fachadas macizas tipo SATE.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Ventilada (6): se plantea una segunda piel inmediata a la hoja principal maciza, al utilizar deflectores estructurales horizontales que visualmente se consideran como cintas. Articulan el flujo de aire y sonido por bandas. Sus revestimientos exteriores para este estudio son los paneles sándwich, baldosas cerámicas y placas de aluminio compuesto (Figura 17).

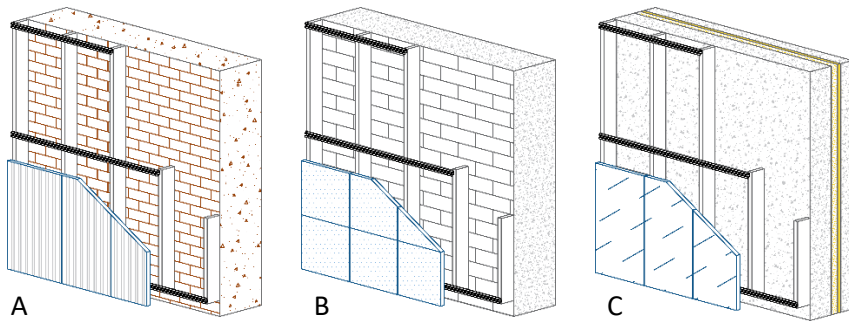


Figura 17. Fachadas dobles ventilada.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Ligera (7): Según la norma europea EN 13830, extraída del Manual de introducción al proyecto arquitectónico “Diseño de Fachadas ligeras” (Zamora i Mestre & Calderón, 2005), se define la fachada ligera como:

“...retícula de elementos constructivos verticales y horizontales, conectados conjuntamente, y anclados en la estructura del edificio, lista para ser rellenada finalmente con paneles ligeros de cerramiento, hasta formar así una superficie continua y ligera que delimita completamente el espacio interior respecto del exterior del edificio”.

Por lo cual, esta fachada de igual composición que la fachada ventilada, suprime su hoja principal maciza y la sustituye por un entramado metálico como estructura y aislamiento térmico. Sus revestimientos exteriores corresponden a placas de cemento, baldosas cerámicas y placas de aluminio compuesto (Figura 18).

- Doble piel (8): Incluye una primera capa de contacto con el ambiente interior, que se adhiere a la estructura primaria del edificio;

posteriormente, se agrega una segunda y última capa exterior no móvil, que se suspende 60 centímetros de la estructura interna. Una de sus ventajas es la eficacia y facilidad con la que se puede montar la capa exterior; en contraposición, el sobrecalentamiento que se puede generar internamente, por la baja circulación del aire, obliga a instalar sistemas activos de climatización (Figura 19).

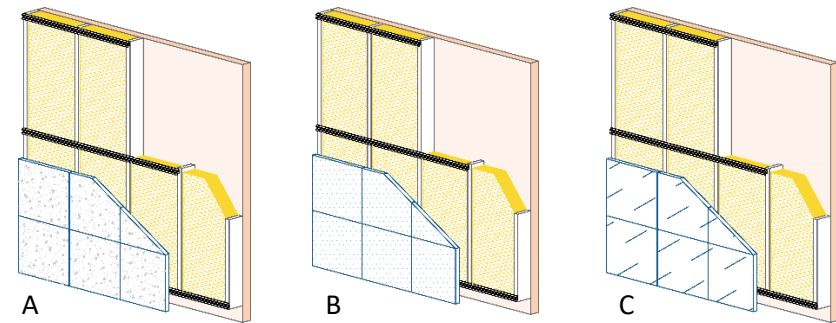


Figura 18. Fachadas dobles ligeras.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

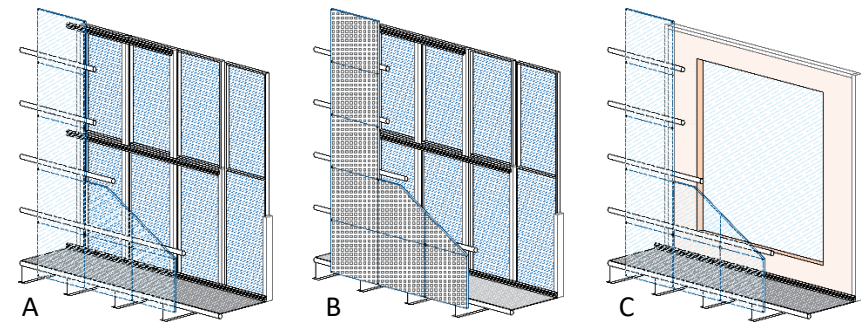


Figura 19. Fachadas de doble piel.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Fachadas con estructura de esqueleto

Fachadas en las que se individualiza la estructura, como elemento de soporte y, el cerramiento como envoltura. Encontramos un tipo de fachada a analizar, denominado Ballon framing o Wood Frame (armazón de globo).

- Wood Frame (9): tradicionalmente aplicada en Estados Unidos, con un entramado interior y exterior en madera y, entre sus espacios intermedios se rellena material de aislamiento como espumas o lanas (vidrio, roca, poliuretano o poliestireno). Finalmente, una plancha sólida de madera o fibrocemento se coloca como material de cubierta o revestimiento (Figura 20).

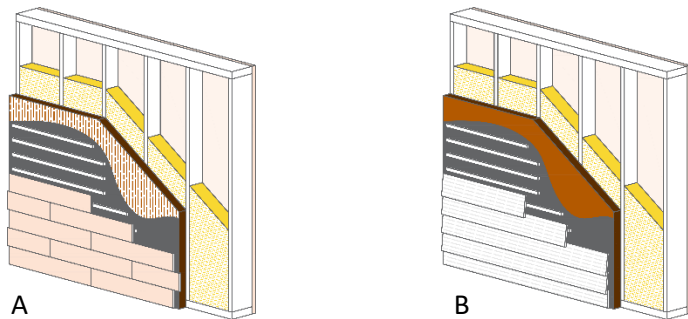


Figura 20. Fachadas Wood Frame.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Fachadas autoportantes

También denominadas Loadbearing structure, las cuales evolucionan un siglo después de las fachadas con estructura de esqueleto para plantear funciones de autonomía, es decir, se logra parcialmente la separación de la envoltura exterior de la estructura del edificio. De esta tipología, se ramifican dos sistemas: post-and-beam-facade y muro cortina.

- Post-and-beam-facade (10): Disolución del muro exterior macizo; predomina el marco entre postes o bandas horizontales en piezas prefabricadas metálicas y de hormigón (Figura 21).

Las vigas cumplen su función de soporte, ventilación e iluminación, a diferencia de los postes o apoyos verticales que transfieren las cargas por viento y peso de la estructura hacia el suelo, al igual que sus funciones de sostén de la envoltura en general.

- Muro cortina (11): a diferencia de los sistemas de fachada poste y viga, se plantea un material de revestimiento translúcido (generalmente vidrio) que se suspende desde el piso inmediato superior, con la ayuda de tirantes (Figura 21).

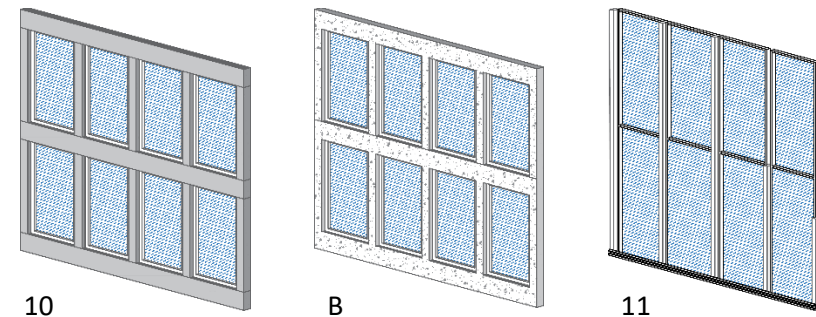


Figura 21. Fachadas autoportantes tipo poste y viga y, muro cortina.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Culminada la clasificación de los sistemas de fachadas a analizar, se procede a explicar la tecnología de los materiales empleados.

3.1.3. Tecnología de los materiales

Dado el potencial natural del planeta en proveer de beneficios al hombre para satisfacer su habitabilidad; la sobrepoblación, el

desconocimiento sobre los medios de extracción de materia y el consumismo, han logrado que el uso desmedido de los recursos traducidos en productos o materiales, logren generar resultados positivos “ficticios” sobre construcciones con mayores prestaciones tecnológicas con procesos finitos no renovables. A largo plazo, esta situación alerta a la humanidad sobre la velocidad con la que se agotan los recursos, tanto en el proceso productivo como en la generación de residuos, que plasma una realidad donde el deterioro natural irreversible se propicia a gran escala.

Por lo tanto, resulta complejo desarrollar nuevas tecnologías de producción aptas para sustituir los métodos constructivos tradicionales, que logren tener un mayor control y perduración del volumen de materia y energía en constante uso. Es decir, poder diseñar y construir bajo la premisa de las tres R: reducir, reutilizar y reciclar, que proporcionen igual o mejor calidad de vida, sin tener que deteriorar o desperdiciar los recursos del planeta.

He allí los nuevos frentes técnicos de actuación, según lo expone Zamora, J (2012): “*El reto técnico que se plantea actualmente no es por tanto sólo alimentar la existencia y fomentar la creación, sino perdurar, es decir, construir con un vector de proyección en el futuro*”. Y uno de los indicadores a analizar en los sistemas de fachadas son los materiales, que a lo largo de la historia han evolucionado en tres categorías, según su durabilidad: A largo plazo, temporales e históricos (Figura 22).

En base a esta categorización, podemos determinar que la decisión o elección de determinados materiales se encuentra supeditada a: tener conocimientos sobre la oferta comercial, presupuesto, habitual uso de materiales tradicionales, medios de transporte, factibilidad de instalaciones e indicadores intangibles asociados a la estética.

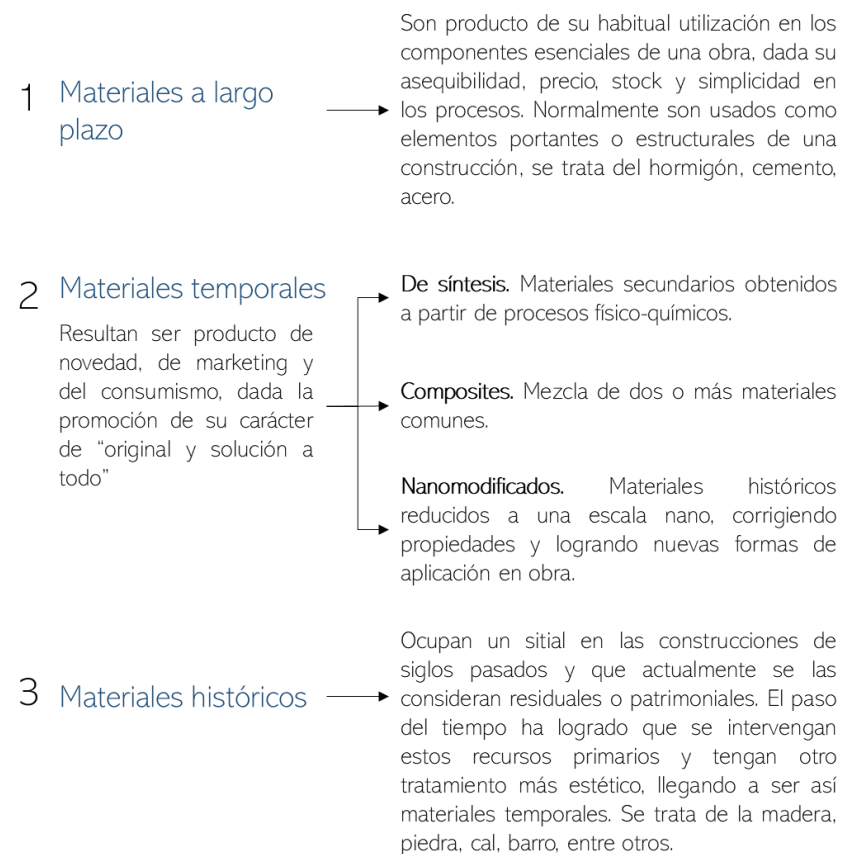


Figura 22. Categoría de materiales, según su temporalidad.

Fuente: Zamora i Mestre, J.L., 2012. Edición propia.

Más allá de estas premisas, es necesario establecer un concepto rector en el que prime un diseño ambientalmente responsable, no solamente en la forma de extracción de recursos, sino en la postproducción y transporte; de forma que, debemos evaluar un material como recurso primario hasta

su transformación como sistema, que posteriormente se desmonte, reutilice o recicle, cual proceso, entre más complejo y sofisticado sea, mayor demanda de energía por kilogramos de material requiere. Claramente, se visibilizan 3 pasos hacia la concepción final del material, siendo estos: de material a producto, de producto a tecnología y, de tecnología a sistema (Figura 23).



Figura 23. Evolución de un material.

Fuente: Zamora i Mestre, J.L. (2012). Edición propia.

Por lo tanto, estos tres procesos que secuencialmente se vuelven nocivos, dan como resultado un consumo de energía elevado durante el transporte y producción, un constante incremento de las emisiones de agentes contaminantes y un ciclo de vida abierto o inconcluso. Para tener un control sobre lo anteriormente expuesto, se recomienda que al momento de decidir sobre un material, sus propiedades responda a los criterios de la Figura 24.

Dicho de otra forma, mientras más criterios sustentables cumpla un material, elemento secundario y en consecuencia una obra, mayor será el vínculo de coexistencia entre el entorno construido y el medio ambiente, dada la forma en la que planteemos el ciclo de vida cerrado de los materiales, bajo un propósito similar de habitabilidad característico de la naturaleza "la materia está en constante circulación...". Por ende, los

hombres debemos construir, conservar y reconstruir el sitio donde habitamos, tal como se cumple la dinámica de los ecosistemas en la cadena alimenticia (Figura 25).

1 Durabilidad

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ impactos ambientales}}{\text{Años vida útil}} = \text{Intensidad de impacto}$$

2 Ecoetiquetas

Seguimiento formal del impacto ambiental del material, teniendo en cuenta los criterios de habitabilidad.

3 Emisiones de CO₂

Valoración de la intensidad de impacto ambiental en una misma unidad de medida

4 Reciclabilidad

Un material que ya incluye un determinado contenido de componentes reciclado, disminuye la totalidad del impacto asociado.

5 De adquisición local

Objetivo: reducir al máximo el gasto energético y las emisiones de CO₂ producto del transporte.

6 Bajo consumo energético

Eficiencia en el funcionamiento de cada unidad de energía, así como la transformación eficiente de los recursos primarios.

7 Reutilizables y potencial reciclado

Darle valor y utilidad a un material, recurso o elemento que cumplió con un tiempo de uso y, a priori, puede seguir siendo útil después de cumplir con esta etapa

8 Factibilidad de instalación

Alta demanda de procesos generadores de residuos, como los derribos de obra, sin considerar un desmantelamiento reversible con uniones secas.

9 Estándar comercial

Evitar la singularidad aparente del diseño e incluir materiales como elementos predimensionados, que disminuyan los residuos por recortes o instalación, al igual que su dimensionamiento permita una viable reutilización en otros elementos.

Figura 24. Criterios a considerar para seleccionar un material.

Fuente: Elaboración propia.

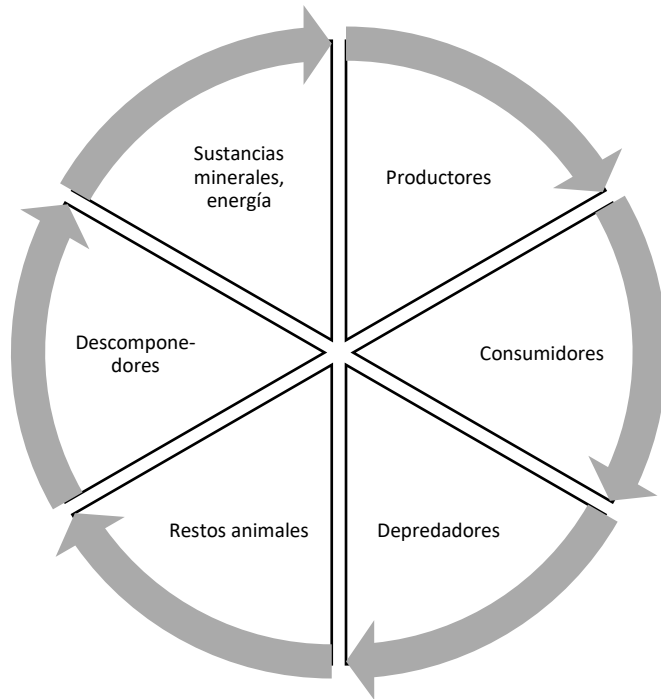


Figura 25. Ciclo de vida cerrado de los ecosistemas.
Fuente: Edición propia, 2021.

3.2. Impacto ambiental del diseño actual

El diseño para el desmontaje es un concepto integral de construcción industrializada que pretende romper con los paradigmas de la construcción tradicional (Figura 26); aquello da como resultado grandes cantidades de sobreproducción y demanda de productos en tendencia (consumismo), a

la par con la generación de agentes contaminantes durante la pérdida de materiales, recursos y energía traducidos en residuos.



Figura 26. Sistema constructivo tradicional.
Fuente: Tayta Construcciones, 2021.

Dado que, la programación y gestión del diseño actual dificulta el desmantelamiento y reciclaje de materiales, sea para su utilización a posteriori en otros componentes o en la producción de nuevos materiales o productos, a continuación se muestran los fundamentos por los cuales existen problemas con el diseño actual (Figura 27-Figura 28).

- Adaptación de fibras y materia renovable en minerales orgánicos e inorgánicos, cuyo proceso de composición química, dificulta su reciclabilidad; de renovable a no renovable.
- Proceso de deconstrucción costoso, que requiere de mano de obra calificada, equipos, maquinarias especializadas e incluso medios de control a la contaminación acústica.
- Material de unión, ensamblaje o conexión entre piezas irreversibles o de aplicación húmeda, que difícilmente se recuperan tales como, aditivos, mezclas, aglutinantes, adhesivos, grapas o clavos.

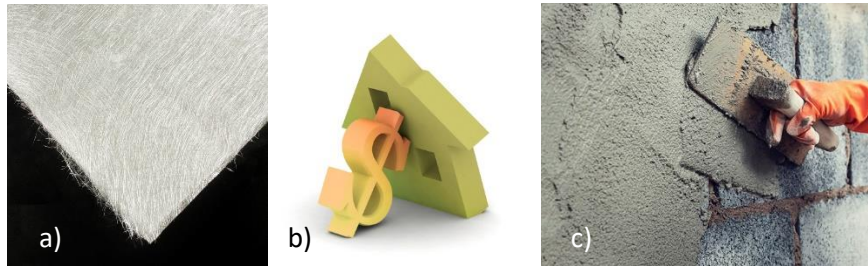


Figura 27. a) Transformación de fibras, b) Deconstrucción costosa, c) Revoco como material de aplicación húmeda.

Fuente: a) Materials World, 2021; b) Degloema, 2015; c) Bricopared, 2020.

- Valoración artesanal en riesgo, ya que muchas composiciones arquitectónicas tienen detalles que resaltan la tipología de diseño o su estética, refiriéndose propiamente a las molduras, cornisas o elementos propios de la arquitectura clásica.
- Capas de materiales húmedos como revestimientos de acabado final que encapsulan los elementos interiores y dificultan su separación o posterior recuperación.
- No contemplar dentro de la adquisición de un bien inmueble, un rubro para la recuperación o desmantelamiento sostenible.

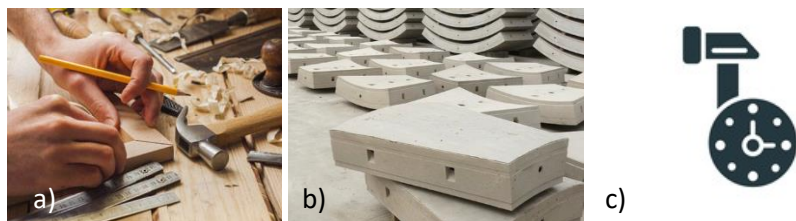


Figura 28. a) Valor artesanal, b) Diseño prefabricado, c) Tiempo de construcción.

Fuente: a) Ayuntamiento Bullas, s.f.; b) Structuralia, 2019; c) Shutterstock, s.f.

- Desconfianza por incorporar diseños con componentes desmontados o con cierto contenido de material reciclado, a razón de que se teme por el tiempo de vida de la construcción o por la seguridad estructural que conlleve.
- Tiempo a invertir en la labor de desmontaje y más aún, en el proceso químico o físico del reciclaje de materiales.

Estas consecuencias del diseño lineal que, forzosamente implican un impacto ambiental a gran escala, han generado estragos que cuantitativamente se exponen en 2010 millones de toneladas de desechos generados a nivel mundial en el año 2016 y cuya proyección prevé un aumento del 70% de estos residuos, durante los próximos 30 años, según el informe del Banco Mundial (2018). La Figura 29 explica este creciente impacto ambiental.



Figura 29. Impacto ambiental por acumulación de desechos, año 2016.

Fuente: Banco Mundial, 2018.

Particularmente, los plásticos son los materiales que mayores estragos ocasionan al ambiente por su lenta biodegradación, alrededor de los 100 y

1000 años. Según el mismo informe y año de contabilización, la cantidad de diseños de plástico alcanzó una cifra de 242 millones de toneladas; pero como si este tema de residuos fuese lo más grave en cuanto a impacto ambiental se refiere, se le añade la emisión de 1600 millones de toneladas de dióxido de carbono, únicamente en el tratamiento y eliminación de estos desechos.

3.3. La fachada con potencial de “circuito cerrado”

3.3.1. Análisis del ciclo de vida

La estrategia es reutilizar materiales que puedan ser aplicados en la etapa de diseño a futuro, es decir, poder establecer un sitio o parte de la programación para prever la reutilización de estos materiales.

Para una futura adaptabilidad del edificio diseñado a partir de capas de construcción, teniendo en consideración el factor tiempo, se vuelve recurrente analizar el tipo de uniones que garanticen la maleabilidad y eficacia del desmantelamiento de una obra. Estos tiempos se caracterizan por la frecuente durabilidad que se les otorga a las capas de construcción, detalladas en la Figura 30.

Capas	Tiempo (años)
Suelo	Indeterminado
Estructura	30-300
Piel	20
Servicio	7-15
Sobresuelo	3-30
Muebles	Eventual

Figura 30. Capas de construcción y su tiempo de vida útil.
Fuente: RAIA/BDP Environment Design Guide, 2005. Edición propia.

Acorde a lo esquematizado, se señalan dos tipos de ciclo de vida en la construcción, según Philip Crowther (2005) en la guía RAIA/BDP Environment Design Guide, explicados a continuación:

- Ciclo de vida lineal: su concepto rector responde a la premisa “un solo uso y eliminar”, es decir, del sitio donde se extraen los recursos con los cuales producimos materiales, productos y posteriormente obras, retornan hacia la misma naturaleza con otro aspecto físico y químico en forma de residuos, en el que se obtiene un único resultado...la alta contaminación ambiental y a la salud humana. Este modo ha dominado la industria de la construcción porque su ciclo, si y sólo sí, responde a un singular inicio y fin, contrario a un ciclo circular o cerrado. Se identifican las siguientes etapas de este ciclo de vida lineal detalladas en la Figura 31.

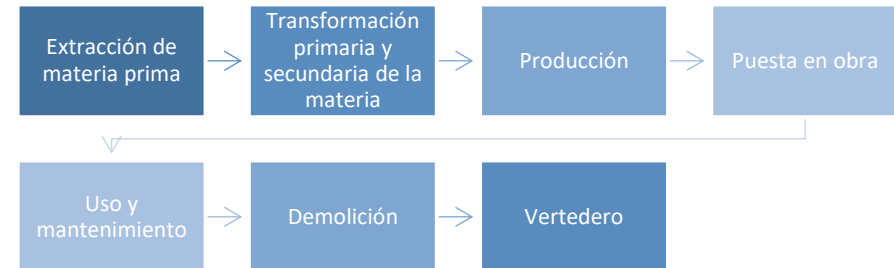


Figura 31. Ciclo de vida lineal, etapas.
Fuente: RAIA/BDP Environment Design Guide, 2005. Edición propia.

- Ciclo de vida cerrado: existen varias configuraciones respecto de esta opción sustentable, tales como: reutilización del edificio con otro fin; producción de un nuevo edificio; producción de nuevos componentes de construcción y producción de nuevos materiales (infraciclado). En la Figura 32, se observa el concepto de reciclaje en la economía circular, desde el punto de vista biológico como técnico.

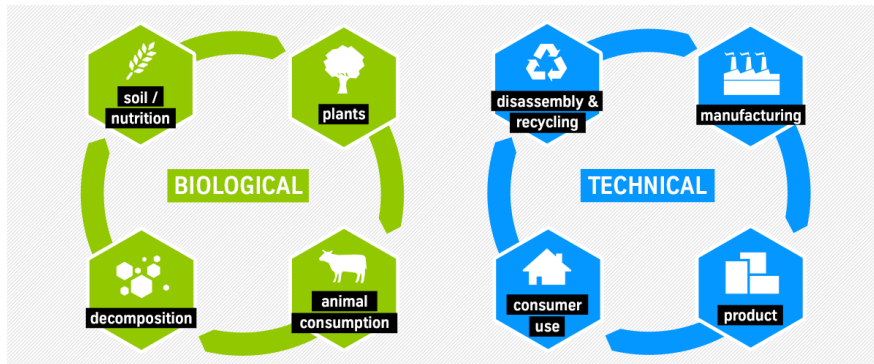


Figura 32. Ciclo de vida cerrado, etapas.
Fuente: Urban HUB, 2015.

3.3.2. Concepto “Cradle to cradle”

Actualmente, la metodología y las técnicas constructivas de edificaciones evolucionan de forma que sus componentes, materiales e instalaciones reciben un tratamiento más sofisticado, complejo y, la mayoría de las veces, ligados propiamente a cumplir con un fin más vivencial y estético, sin embargo, se deben implementar diseños en los que su uso promueva una mayor calidad de experiencia de servicio a sus ocupantes, al igual que la simplificación de su piel o capa final exterior a la que llamaremos “fachada”; esta premisa reafirma que las tendencias arquitectónicas actuales se limitan a cumplir con un proceso de producción constructiva que, forzosamente finaliza en la etapa III de *Uso* del Análisis del Ciclo de Vida, quedando relegada una última pero trascendental fase en la gestión de residuos, etapa catalogada como “El Fin de Vida”.

Por lo tanto, es importante cuestionarnos sobre lo que sucede después que se desmantela físicamente una vivienda, un edificio de departamentos, una escuela, un museo, un edificio multifuncional o hasta

las obras más pequeñas como los andamiajes, bodegas o casetas de guardianías instaladas durante la construcción. ¿Qué sucede después de que, hipotéticamente damos por inválido un componente o material de construcción? ...¿se almacena?, ¿se desecha?, ¿hacia dónde lo desechan?, ¿Cómo logran eliminar por completo un elemento que se utilizó por años?

Éstos, al igual que otros cuestionamientos actualmente no se consideran como fases a resolver durante el proceso de prediseño, concepción y puesta en obra, dado que el impacto ambiental traducido en torno a las 40 millones de toneladas anuales de residuos por construcción y demolición (solamente en España) se desconoce en nuestra sociedad. He allí de donde se formula el concepto “cradle to cradle” (Figura 33).

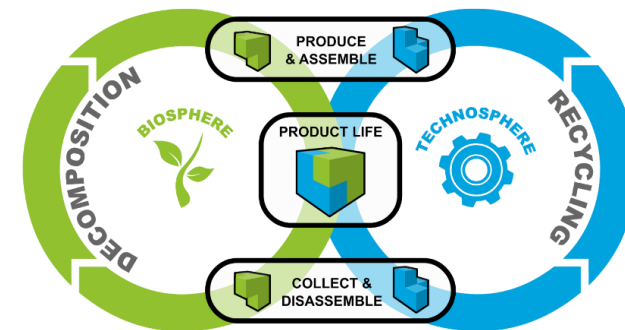


Figura 33. Cradle to cradle, el ciclo natural de las cosas.
Fuente: Piensa circular, 2019.

3.3.3. Concepto “Design for disassembly”

Por definición y a partir de los fundamentos dados por Andreea Cutieru (2020) en su artículo “Una guía para proyectos de arquitectura desmontables”, el concepto “Design for disassembly” DfD o diseño para el desmontaje (Figura 34) se denomina como:

“un enfoque de diseño destinado a facilitar las futuras alteraciones y el desmontaje de las estructuras construidas -ya sea parcial o total- previendo la reutilización de sus sistemas, componentes y materiales, asegurando así que el edificio pueda ser reciclado eficientemente hasta el final de su vida útil.”



Figura 34. Design for Disassembly DfD.

Fuente: Cradle to cradle products innovation institute, 2017.

De manera que, si bien existen varios modelos históricos en los que el desmontaje se convirtió en una práctica común, como edificios temporales para militares que, por ser construcciones de emplazamiento transitorio, la necesidad de ser eficazmente reversibles llevó a identificar estos enfoques, en los que se pueden citar 27 principios del Dr. Philip Crowther (2005), profesor asociado de Queensland University of Technology:

1. Uso de materiales reciclados y reciclables.
2. Minimizar el número de diferentes tipologías de materiales.
3. Evitar los materiales tóxicos y peligrosos.
4. Realizar subconjuntos inseparables a partir del mismo material.
5. Evitar los materiales de acabados secundarios.
6. Proveer identificación a los tipos de materiales.
7. Minimizar el número de diferentes tipologías de componentes.
8. Utilizar conexiones mecánicas, no químicas.
9. Usar un sistema edificatorio abierto, no cerrado.
10. Usar un diseño modulado.
11. Diseñar a partir del uso de herramientas y equipos comunes.
12. Separar la estructura del revestimiento para un desmontaje en paralelo.
13. Proveer acceso a todas las partes y puntos de conexión.
14. Usar componentes estandarizados y adaptados a los medios de manejo.
15. Proveer medios de trabajo y localización.
16. Proporcionar tolerancias realistas para el montaje y desmontaje.
17. Usar un mínimo número de conectores.
18. Usar un mínimo número de tipología de conectores.
19. Diseñar juntas y componentes para el uso en serie.
20. Permitir el desmontaje en paralelo.
21. Proveer identificación a los tipos de componentes.
22. Utilizar una rejilla estructural estándar para replanteos.
23. Utilizar prefabricación y producción en masa.
24. Utilizar materiales y componentes ligeros.
25. Identificar puntos de desmontaje.
26. Proporcionar repuestos y almacenamiento in situ para piezas.
27. Conserve toda la información del edificio, componentes y materiales.

4. PLAN DE TRABAJO

4.1. Definición de índices

- Índice de reciclabilidad: Valor numérico que expresa el nivel de transformación de un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar (RAE, 2021).
- Índice de desmontabilidad: Valor numérico que expresa el nivel de separación de las piezas de que se compone algo o de un edificio o parte de él (RAE, 2021).
- Índice de circularidad: Valor numérico que expresa el nivel de circularidad de un sistema o edificio. La circularidad pretende alcanzar un sistema de producción regenerativo en el que los materiales que componen un producto sean ciclables, es decir, puedan ser reutilizados indefinidamente y de forma segura para las personas y el medioambiente (Construcía, s.f.).

4.2. Definición de variables

4.2.1. Variables del índice de reciclabilidad

El cálculo del índice de reciclabilidad se obtiene a partir de dos variables:

- % de Reciclabilidad de materiales, según EPD: corresponde a la relación porcentual entre el contenido de material reciclable y el peso total del material, expresado en kilogramos y obtenido de la

información técnica contenida en las declaraciones ambientales del producto (EPD) o ecoetiquetas.

- Indicadores de evaluación de la categoría Materiales: Cabe mencionar que las denominaciones de los indicadores se vinculan a los principios planteados en “Principles of Design for Disassembly and their relevance to the hierarchic levels of recycling” (Crowther, Design for Disassembly - Themes and Principles, 2005), los cuales se han configurado y adaptado a las variables de estudio y rangos de valoración de esta investigación. Los siete indicadores se definen a continuación.
 - ✓ Utilización de materiales reciclados postconsumo: indicador que determina la relación porcentual entre la cantidad en kilogramos de materiales recolectados o desviados de la corriente de desechos sólidos, que ha sido empleada como materia prima para la fabricación del nuevo material, y el peso total de los materiales en 1m² de sistema de fachada. (Plastics Technology México, 2018).
 - ✓ Utilización de materiales reciclables: indicador que determina la relación porcentual entre la cantidad en kilogramos de materiales con potencial de ser reciclados después de su uso, y el peso total de los materiales en 1m² de sistema de fachada.
 - ✓ Variabilidad de materiales: indicador que determina la cuantía de materiales que se han utilizado o empleado para la construcción de 1m² de sistema de fachada.

- ✓ Utilización de materiales compuestos: indicador que determina la cuantía de materiales compuestos que se han utilizado o empleado para la construcción de 1m² de sistema de fachada.
- ✓ Toxicidad de materiales: indicador que determina la relación porcentual entre la cantidad de materiales con contenido de toxicidad o cuya composición contamina las superficies colaterales a estos, y la cantidad total de materiales que se han utilizado o empleado para la construcción de 1m² de sistema de fachada.
- ✓ Etiquetado de materiales: indicador que determina la relación porcentual entre la cantidad de materiales que disponen una EPD o ecoetiqueta, y la cantidad total de materiales que se han utilizado o empleado para la construcción de 1m² de sistema de fachada.
- ✓ Tipo de acabado: indicador que determina cualitativamente la composición y apariencia del acabado o revestimiento exterior del sistema de fachada.

4.2.2. Variables del índice de desmontabilidad

El índice de desmontabilidad se obtiene a partir de cuatro variables:

- % de incidencia: corresponde a la relación porcentual entre el número de indicadores de evaluación de cada categoría del diseño para el desmontaje y el número total de indicadores de evaluación que intervienen en el cálculo del índice de desmontabilidad.
- Indicadores de evaluación de la categoría Componentes del Diseño para el desmontaje: seis indicadores de valoración que determinan

el potencial de desmontabilidad de sistemas de fachadas, según la caracterización de los componentes utilizados; su porcentaje de incidencia respecto a un total de 17 indicadores evaluados es del 35%.

- ✓ Variabilidad de componentes: indicador que determina la cuantía de componentes que se han utilizado o empleado para la construcción de 1m² de sistema de fachada.
- ✓ Manipulación de los componentes según tamaño: indicador que determina cualitativamente la dimensión de los componentes que se han empleado en el sistema de fachada.
- ✓ Etiquetado de componentes: indicador que determina la relación porcentual entre la cantidad de componentes que disponen una marca física visible o código de identificación en la superficie, y la cantidad total de componentes que se han utilizado o empleado para la construcción de 1m² de sistema de fachada.
- ✓ Utilización de componentes prefabricados: indicador que determina la relación porcentual entre la cantidad de componentes prefabricados, y la cantidad total de componentes que se han utilizado o empleado para la construcción de 1m² de sistema de fachada.
- ✓ Ligereza de los componentes: indicador que determina el peso en kilogramos de todos los componentes que se han utilizado o empleado para la construcción de 1m² de sistema de fachada.
- ✓ Reposición de componentes: indicador que determina cualitativamente si, los componentes que se han utilizado

o empleado para la construcción de 1m² de sistema de fachada, disponen de materiales de fácil acceso en el mercado para reemplazar aquellos defectuosos.

- Indicadores de evaluación de la categoría Conexiones del Diseño para el desmontaje: cuatro indicadores de valoración que determinan el potencial de desmontabilidad de sistemas de fachadas, según la caracterización de sus conexiones; su porcentaje de incidencia respecto a un total de 17 indicadores evaluados es del 24%.

- ✓ Tipo de conexión: indicador que determina cualitativamente el rango de reversibilidad de las conexiones empleadas entre capas del sistema de fachada.
- ✓ Composición de la estructura interna: indicador que determina cualitativamente el método y tipo de unión entre capas del sistema de fachada.
- ✓ Variabilidad de conectores: indicador que determina la cuantía de tipos de conectores que se han utilizado o empleado para la construcción de 1m² de sistema de fachada.
- ✓ Utilización de conectores en serie: indicador que determina cualitativamente la distancia variable o equidistante entre conectores, a lo largo y ancho de 1m² de sistema de fachada.

- Indicadores de evaluación de la categoría Viabilidad del Diseño para el desmontaje: siete indicadores de valoración que determinan el potencial de desmontabilidad de sistemas de fachadas, según la viabilidad del desmontaje; su porcentaje de incidencia respecto a un total de 17 indicadores evaluados es del 41%.

- ✓ Información del diseño constructivo: indicador que determina cualitativamente si se conservan o no los documentos de obra e información de procesos BIM, que respaldan los métodos constructivos aplicados para el montaje y desmontaje de 1m² de sistema de fachada.
- ✓ Utilización y correspondencia métrica del diseño modular: indicador que determina cualitativamente el nivel de modularidad o estandarización de los componentes que se han utilizado o empleado para la construcción de 1m² de sistema de fachada.
- ✓ Tolerancia frente a correctivos: indicador que determina cualitativamente el nivel de flexibilidad y cambios durante la instalación y desmontaje, que es permisible en el diseño empleado en el sistema de fachada.
- ✓ Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad: indicador que determina cualitativamente el grado accesibilidad interior o exterior al sistema de fachada, y el tipo de herramientas o equipos necesarios para realizar el proceso de desmontaje.
- ✓ Eficiencia del proceso de desmontabilidad: indicador que determina cualitativamente el tipo de proceso mecánico o químico que se ha utilizado o empleado para el desmontaje de 1m² de sistema de fachada.
- ✓ Ejecución del desmontaje: indicador que determina cualitativamente la secuencia de desmontaje paralelo o en serie de las capas que constituyen 1m² de sistema de fachada.

4.2.3. Variables del índice de circularidad (Método propio)

El cálculo del índice de circularidad se obtiene a partir de cinco variables:

- % de incidencia: corresponde a la relación porcentual entre el número de indicadores de evaluación de cada categoría del diseño para el desmontaje y el número total de indicadores de evaluación que intervienen en el cálculo del índice de circularidad.
- Indicadores de evaluación de la categoría Materiales de la Tabla 1: siete indicadores de valoración (previamente explicados en el apartado 4.2.1. Variables del índice de reciclabilidad) que determinan el potencial de circularidad de sistemas de fachadas, según la caracterización de sus materiales; su porcentaje de incidencia respecto a un total de 24 indicadores evaluados es del 29%.
- Indicadores de evaluación de la categoría Componentes de la Tabla 1: seis indicadores de valoración (previamente explicados en el apartado 4.2.2. Variables del índice de desmontabilidad) que determinan el potencial de circularidad de sistemas de fachadas, según la caracterización de los componentes utilizados; su porcentaje de incidencia respecto a un total de 24 indicadores evaluados es del 25%.
- Indicadores de evaluación de la categoría Conexiones de la Tabla 1: cuatro indicadores de valoración (previamente explicados en el apartado 4.2.2. Variables del índice de desmontabilidad) que determinan el potencial de circularidad de sistemas de fachadas, según la caracterización de sus conexiones; su porcentaje de

incidencia respecto a un total de 24 indicadores evaluados es del 17%.

- Indicadores de evaluación de la categoría Viabilidad de la Tabla 1: siete indicadores de valoración (previamente explicados en el apartado 4.2.2. Variables del índice de desmontabilidad) que determinan el potencial de circularidad de sistemas de fachadas, según la viabilidad del desmontaje; su porcentaje de incidencia respecto a un total de 24 indicadores evaluados es del 29%.

4.2.4. Variables del índice de circularidad según Método de autores Cottafava D., Ritzen M. (2021)

Las variables y cálculo del índice de circularidad se abordan en las Fórmula 1 - Fórmula 27 del apartado Anexos.

4.3. Metodología de análisis

4.3.1. Cálculo del índice de reciclabilidad

Para calcular el índice de reciclabilidad de materiales, se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de reciclabilidad} = \left(\frac{\sum \text{Valoraciones de Indicadores de evaluación de la categoría Materiales}}{\text{Total de Indicadores de evaluación de la categoría Materiales}} \right) * \left(\frac{\% \text{ de Reciclabilidad de materiales, según EPD}}{\text{Total de Indicadores de evaluación de la categoría Materiales}} \right)$$

4.3.2. Cálculo del índice de desmontabilidad

Para calcular el índice de desmontabilidad de sistemas de fachadas, se aplican las siguientes fórmulas:

<i>Coefficiente de desmontabilidad según la caracterización de sus componentes</i>	=	$\left(\frac{\sum \text{Valoraciones de Indicadores de evaluación de la categoría Componentes}}{\text{Componentes}} \right) * (\% \text{ de Incidencia})$
<i>Coefficiente de desmontabilidad según la caracterización de sus conexiones</i>	=	$\left(\frac{\sum \text{Valoraciones de Indicadores de evaluación de la categoría Conexiones}}{\text{Conexiones}} \right) * (\% \text{ de Incidencia})$
<i>Coefficiente de desmontabilidad según la viabilidad del desmontaje</i>	=	$\left(\frac{\sum \text{Valoraciones de Indicadores de evaluación de la categoría Viabilidad}}{\text{Viabilidad}} \right) * (\% \text{ de Incidencia})$
<i>Índice de desmontabilidad</i>	=	<i>Sumatoria de coeficientes de desmontabilidad según la caracterización de sus componentes, conexiones y viabilidad del desmontaje</i>

4.3.3. Cálculo del índice de circularidad (Método propio)

Para calcular el índice de circularidad de sistemas de fachadas, a partir del método propio de análisis, se aplican las siguientes fórmulas:

<i>Coefficiente de desmontabilidad según la caracterización de sus materiales</i>	=	$\left(\frac{\sum \text{Valoraciones de Indicadores de evaluación de la categoría Materiales}}{\text{Materiales}} \right) * (\% \text{ de Incidencia})$
<i>Coefficiente de desmontabilidad según la caracterización de sus componentes</i>	=	$\left(\frac{\sum \text{Valoraciones de Indicadores de evaluación de la categoría Componentes}}{\text{Componentes}} \right) * (\% \text{ de Incidencia})$
<i>Coefficiente de desmontabilidad según la caracterización de sus conexiones</i>	=	$\left(\frac{\sum \text{Valoraciones de Indicadores de evaluación de la categoría Conexiones}}{\text{Conexiones}} \right) * (\% \text{ de Incidencia})$
<i>Coefficiente de desmontabilidad según la viabilidad del desmontaje</i>	=	$\left(\frac{\sum \text{Valoraciones de Indicadores de evaluación de la categoría Viabilidad}}{\text{Viabilidad}} \right) * (\% \text{ de Incidencia})$
<i>Índice de circularidad</i>	=	<i>Sumatoria de coeficientes de desmontabilidad según la caracterización de sus materiales, componentes, conexiones y viabilidad del desmontaje</i>

A continuación se muestra la Tabla 1, con la definición del rango de valoración de los índices evaluados, según corresponda cada sistema de fachada.

Tabla 1. Definición del rango de valoraciones de los indicadores para el cálculo de índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de sistemas de fachadas.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CATEGORÍA	N°	Indicador	Mínimo	Bajo	Valoración Medio	Alto	Máximo
			0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	Menor al 10% del peso por unidad de análisis está compuesto por elementos con contenido de reciclado postconsumo	Del 11-30% del peso por unidad de análisis está compuesto por elementos con contenido de reciclado postconsumo	El 31-50% del peso por unidad de análisis está compuesto por elementos con contenido de reciclado postconsumo	El 51-70% del peso por unidad de análisis está compuesto por elementos con contenido de reciclado postconsumo	El 71-90% del peso por unidad de análisis está compuesto por elementos con contenido de reciclado postconsumo
	1B	Utilización de materiales reciclables	Menor al 10% del peso por unidad de análisis está compuesto por materiales con potencial reciclable	Del 11-30% del peso por unidad de análisis está compuesto por materiales con potencial reciclable	El 31-50% del peso por unidad de análisis está compuesto por materiales con potencial reciclable	El 51-70% del peso por unidad de análisis está compuesto por materiales con potencial reciclable	El 71-90% del peso por unidad de análisis está compuesto por materiales con potencial reciclable
	2	Variabilidad de materiales	Mayor a 12 tipos de materiales empleados en la unidad de análisis	Entre 10 y 12 tipos de materiales empleados en la unidad de análisis	Entre 7 y 9 tipos de materiales empleados en la unidad de análisis	Entre 4 y 6 tipos de materiales empleados en la unidad de análisis	Menor a 4 tipos de materiales empleados en la unidad de análisis
	3	Utilización de materiales compuestos	Mayor a 6 la cantidad de materiales compuestos empleados en la unidad de análisis	6 la cantidad de materiales compuestos empleados en la unidad de análisis	4-5 la cantidad de materiales compuestos empleados en la unidad de análisis	2-3 la cantidad de materiales compuestos empleados en la unidad de análisis	Menor a 2 la cantidad de materiales compuestos empleados en la unidad de análisis
	4	Toxicidad de materiales	Mayor al 20% de los tipos de materiales empleados tienen compuestos tóxicos	Entre el 16-20% de los tipos de materiales empleados tienen compuestos tóxicos	Entre el 11-15% de los tipos de materiales empleados tienen compuestos tóxicos	Entre el 5-10% de los tipos de materiales empleados tienen compuestos tóxicos	Menor al 5% de los tipos de materiales empleados tienen compuestos tóxicos
	5	Etiquetado de materiales	Menor al 10% de los materiales dispone de una ecoetiqueta	El 11-30% de los materiales dispone de una ecoetiqueta	El 31-50% de los materiales dispone de una ecoetiqueta	El 51-70% de los materiales dispone de una ecoetiqueta	El 71-90% de los materiales dispone de una ecoetiqueta
6	Tipo de acabado	Acabado húmedo, constituyéndose como una única capa final de material líquido o adhesivo, como pintura o vinilos	Acabado húmedo, con piezas adheridas a la hoja principal por conglomerantes o revocos de composición húmeda, como cerámicas o piedras artificiales	Acabado húmedo, de hoja principal caravista constituida por piezas adheridas por conglomerantes o masas in situ	Acabado en seco, con piezas insertadas a través de un proceso mecánico o elementos de sujeción irreversible o adheridas como clavos	Acabado en seco, con piezas superpuestas resistentes por empuje horizontal o insertadas a través de un proceso mecánico reversible	

CATEGORÍA	N°	Indicador	Valoración				
			Mínimo 0,1	Bajo 0,3	Medio 0,5	Alto 0,7	Máximo 0,9
COMPONENTES	1	Variabilidad de componentes	Mayor a 5 tipos de componentes empleados en la unidad de análisis	5 tipos de componentes empleados en la unidad de análisis	4 tipos de componentes empleados en la unidad de análisis	3 tipos de componentes empleados en la unidad de análisis	Menor a 3 tipos de componentes empleados en la unidad de análisis
	2	Manipulación de los componentes según su tamaño	Tamaño de componentes requiere del uso de equipos especializados y maquinaria pesada para su desmontaje	Tamaño superior al admisible en una manipulación manual, que requiere de un desmontaje con pequeños y medianos equipos	Variabilidad de tamaños, cuya operabilidad requiere de manipulación manual y mecánica	Tamaño practicable y pequeño que permite la manipulación y desmontaje manual pero tardío	Tamaño practicable y pequeño que permite la manipulación y desmontaje manual eficaz
	3	Etiquetado de componentes	Menor al 10% de los componentes cuenta de un etiquetado o marca identificable	El 11-30% de los componentes cuenta de un etiquetado o marca identificable	El 31-50% de los componentes cuenta de un etiquetado o marca identificable	El 51-70% de los componentes cuenta de un etiquetado o marca identificable	El 71-90% de los componentes cuenta de un etiquetado o marca identificable
	4	Utilización de componentes prefabricados	Menor al 10% del peso por unidad de análisis está compuesto por componentes prefabricados	Del 11-30% del peso por unidad de análisis está compuesto por componentes prefabricados	El 31-50% del peso por unidad de análisis está compuesto por componentes prefabricados	El 51-70% del peso por unidad de análisis está compuesto por componentes prefabricados	El 71-90% del peso por unidad de análisis está compuesto por componentes prefabricados
	5	Ligereza de los componentes	Fachada con componentes con peso total mayor a 350Kg/m ²	Fachada con componentes con peso total entre 251-350Kg/m ²	Fachada con componentes con peso total entre 150-250Kg/m ²	Fachada con componentes con peso total entre 50-149Kg/m ²	Fachada con componentes con peso total inferior a 50Kg/m ²
	6	Reposición de componentes	El diseño no contempla el uso de piezas y componentes de fácil obtención en el mercado para reemplazar aquellos defectuosos	-	-	-	El diseño contempla el uso de piezas y componentes de fácil obtención en el mercado para reemplazar aquellos defectuosos
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	Los componentes de la unidad de análisis forman una única capa que ha quedado completamente embebida por conexiones húmedas y acabados lisos irreversibles	Los componentes de la unidad de análisis se conectan a través de conglomerantes o procesos químicos húmedos parcialmente reversibles, pero que deterioran en gran medida el material	Los componentes de la unidad de análisis se conectan a través de elementos con procesos mecánicos de sujeción totalmente irreversibles	Los componentes de la unidad de análisis se conectan a través de elementos con procesos mecánicos de sujeción parcialmente reversibles	Los componentes de la unidad de análisis se conectan a través de elementos con procesos mecánicos de sujeción totalmente reversibles
	2	Composición de la estructura interna	Unión de las capas al 100% mediante revocos, empastes o conglomerantes	Unión combinada de las capas mediante materiales húmedos y elementos rígidos	Unión de las capas mediante elementos soldados	Unión de las capas mediante elementos atornillados o fijados con clavos	Unión de las capas mediante elementos empernados o por piezas superpuestas o insertadas en pórticos
	3	Variabilidad de conectores	Mayor a 6 tipos de conectores empleados en la unidad de análisis	6 tipos de conectores empleados en la unidad de análisis	4-5 tipos de conectores empleados en la unidad de análisis	2-3 tipos de conectores empleados en la unidad de análisis	Menor a 2 tipos de conectores empleados en la unidad de análisis
	4	Utilización de conectores en serie	No existe una distancia específica entre conectores ya no existe un patrón de diseño	Distancia variable entre conectores al utilizar juntas secas y húmedas	Distancia variable entre conectores a lo largo y ancho de la unidad de análisis	Distancia equidistante entre conectores a lo largo o ancho de la unidad de análisis	Distancia equidistante entre conectores a lo largo y ancho de la unidad de análisis

CATEGORÍA	N°	Indicador	Valoración					
			Mínimo 0,1	Bajo 0,3	Medio 0,5	Alto 0,7	Máximo 0,9	
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	No se conservan los documentos de obra e información de procesos BIM que respaldan los sistemas constructivos aplicados para el montaje y desmontaje de la unidad de análisis	-	-	-	-	Se conservan los documentos de obra e información de procesos BIM que respaldan los sistemas constructivos aplicados para el montaje y desmontaje de la unidad de análisis
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	La unidad de análisis responde a un diseño con componentes cuyas medidas no obedecen a ninguna matriz por su acabado liso e indivisible	La unidad de análisis responde a un diseño con componentes cuyas medidas se ajustan in situ a través de recortes, generando desperdicios menores al 30% del área o volumen	La unidad de análisis responde a un diseño con componentes de medidas variables	La unidad de análisis responde a un diseño con componentes de medidas estándares	La unidad de análisis responde a un diseño 100% modular	
	3	Tolerancia frente a correctivos	El diseño es rigidizado y es imposible desarrollar cambios, porque las piezas responden a una única función, posición y adaptación	El diseño permite desarrollar cambios mínimos durante el montaje y desmontaje, que conllevan a la reposición de nuevas piezas	El diseño permite desarrollar parcialmente cambios durante el montaje y desmontaje, sufriendo algunos deterioros físicos en el reajuste de medidas	El diseño permite desarrollar parcialmente cambios durante el montaje y desmontaje	El diseño modulado permite desarrollar cambios durante el montaje y desmontaje de piezas	
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	Desmontaje desde el exterior de la edificación, con maquinaria pesada	Desmontaje desde el exterior de la edificación, con artificios o andamiaje	Desmontaje combinado, desde el interior y exterior de la edificación, con artificios o andamiaje	Desmontaje desde el interior de la edificación, con artificios o andamiaje	Desmontaje manual con herramientas desde el interior de la edificación	
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	Componentes difícilmente desmontables a través de procesos mecánicos, optando por aplicar procesos químicos con un deterioro mayor al 30% de sus piezas	Componentes difícilmente desmontables a través de procesos mecánicos, optando por aplicar procesos químicos con un deterioro menor al 30% de sus piezas	Componentes difícilmente desmontables a través de procesos mecánicos, optando por aplicar procesos químicos con un deterioro menor al 10% de sus piezas	Componentes parcialmente desmontables y reutilizables en otros edificios a través de procesos mecánicos	Componentes 100% desmontables, intercambiables o adaptables en otros partes de ese u otro edificio, a través de procesos mecánicos	
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	Desmontaje 90% equipos y 10% manual	Desmontaje 70% equipos y 30% manual	Desmontaje 50% manual y 50% equipos	Desmontaje 70% manual y 30% equipos	Desmontaje 100% manual y practicable	
	7	Ejecución del desmontaje	El desmontaje es secuencial e implica la totalidad de la unidad de análisis, optando por procesos de demolición	Desmontaje secuencial, en el que es recurrente retirar inicialmente unas piezas para proceder con el retiro de otras de una misma capa constructiva	Desmontaje secuencial, en el que es necesario retirar determinados conectores para liberar dos o más piezas en paralelo de una misma capa constructiva	Desmontaje en paralelo, es posible retirar simultáneamente varias piezas de una misma capa constructiva	Desmontaje en paralelo, cada componente es una unidad independiente que puede desinstalarse sin necesidad de retirar otras piezas anidadas al mismo conector o junta	

5. RESULTADOS

La metodología de investigación abordada permite dar continuidad con la aplicación de todos los valores recuperados de los siguientes apartados:

- Anexos
 - ✓ Fichas de pesos de sistemas de fachadas
 - ✓ Fichas de cuantificación de características cualitativas de sistemas de fachadas
 - ✓ Fórmulas de cálculo del índice de circularidad, según el método de autores Cottafava D. y Ritzen M.
- Descripción de sistemas de fachadas y materiales

De forma que el compendio de estos procesos colaterales permiten especificar un coeficiente promedio para cada una de las cuatro categorías de indicadores que, según el porcentaje de incidencias, concluirán en la obtención de tres índices, referentes a:

- Índice de reciclabilidad
- Índice de desmontabilidad
- Índice de circularidad

A esto, se le añade un índice de circularidad más, explicado y resuelto en el anexo de fórmulas, cuya importancia análoga dentro de esta matriz será la resultante obtenida en los diferentes sistemas de fachadas, según sus kilogramos de residuos irre recuperables, su intensidad de uso y los pesos de diseño.

A partir de la tabla de resultados, al finalizar cada una de las matrices (Matriz 1-Matriz 27), se acompaña un gráfico radial con las cuatro variables de análisis y su valoración promedio incidente en el proceso de circularidad y desmontabilidad del sistema de fachada. La unidad de medida de esta gráfica se expresa en coeficientes, cuya peso asignado en todas las categorías, reflejará la formación de un romboide para el caso del índice de circularidad y, en el caso del índice de desmontabilidad, con incidencia en tres categorías, generará dos líneas continuas con un ángulo interior obtuso.

Para todos los casos presentados, la forma romboide proyectada por el índice de circularidad estará próxima al centro de la gráfica radial. Lo que significa que el potencial de circularidad de sistemas de fachadas será siempre menor al índice de desmontabilidad, dada la incidencia del 29% del coeficiente de reciclabilidad en la circularidad del sistema; por lo tanto, si su contenido de reciclaje constatado en las declaraciones ambientales del producto EPD es ínfimo, su repercusión será consecuente a eso.

Así mismo, al haber explicado este precedente, se da apertura a la demostración de los resultados que se abordarán a través de comparativas entre fachadas del mismo subtipo con dos o tres configuraciones de materiales.

5.1. Fachada maciza con acabado exterior caravista

Se analizan tres gráficos diferentes con los resultados obtenidos en temas de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad según ambos métodos aplicados, para tres tipos de fachadas macizas con acabado exterior caravista.

- Gráfico 1 de reciclabilidad: se analizan tres configuraciones de materiales: la primera compuesta por una hoja principal e interior de ladrillos cerámicos (1A), la segunda por bloques de hormigón (1B) y una última configuración más industrializada, compuesta por paneles prefabricados térmicos (1C).

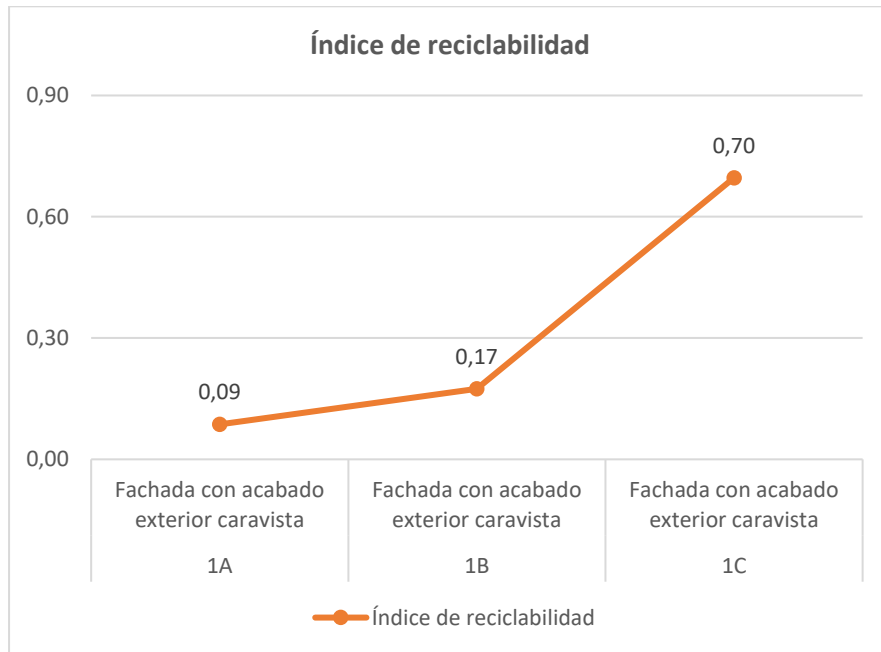


Gráfico 1. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior caravista.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Dado el orden de estas configuraciones, se visualizan un índice creciente de reciclabilidad desde el sistema de fachadas con materiales más tradicionales hasta los sistemas más prefabricados y viables para este proceso de fin de vida útil circular.

La variable que principalmente incide en estos índices es el porcentaje de reciclabilidad de los materiales según las EPD. Por lo tanto, la variable 1C con paneles prefabricados es la que mejor potencial presenta por su contenido de reciclabilidad del 95,51%.

- Gráfico 2 de desmontabilidad: se consideran los pesos promedios en las categorías de componentes, conexiones y viabilidad, excluyendo las valoraciones de materiales, porque la desmontabilidad debe ser viable de forma eficaz y eficiente, independiente de la caracterización del material o de su contenido de reciclado.

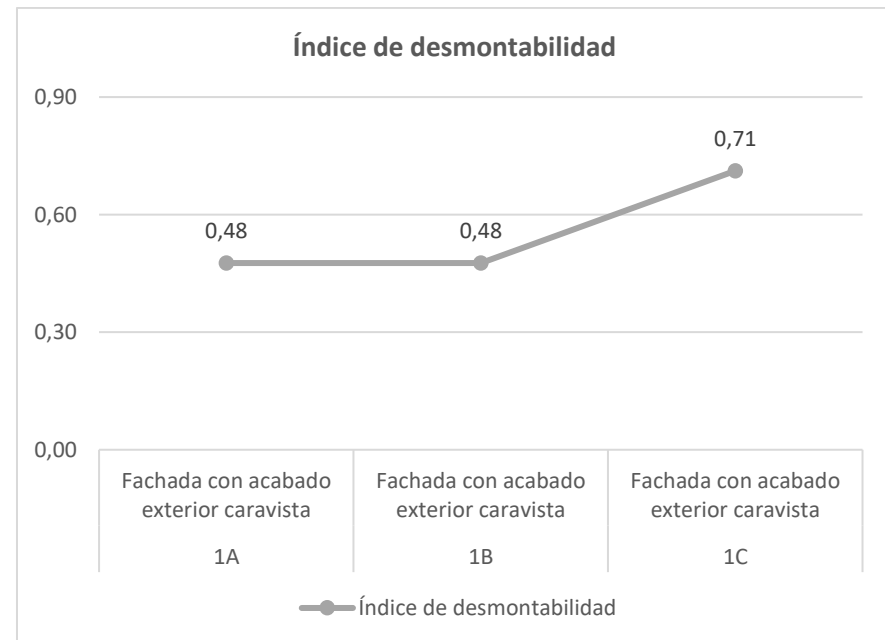


Gráfico 2. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior caravista.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

De forma que, para los tres casos de fachadas macizas con acabado exterior caravista, se visualizan coeficientes más elevados que en la reciclabilidad; por lo que, para los dos primeros subtipos, el coeficiente se mantiene en 0,48 y para la fachada de componentes prefabricados, es de 0,71.

- Gráfico 3 de circularidad: en los tres casos, el porcentaje de incidencia del contenido de reciclabilidad que se constata en las EPD, logran disminuir los índices de circularidad en un 25% y 19%, para las fachadas macizas de ladrillos cerámicos y de bloques de hormigón respectivamente.

Sin embargo, al realizar una comparativa entre los índices de circularidad de metodologías propia y la de autores, no se define una tendencia aritmética de disminución para los tres casos según la metodología análoga, ya que sus coeficientes se encuentran por debajo de la media de los obtenidos en la valoración de 27 indicadores de circularidad; la gráfica muestra un decrecimiento del potencial circular, según la metodología de Cottafava D. et al. de forma exponencial.

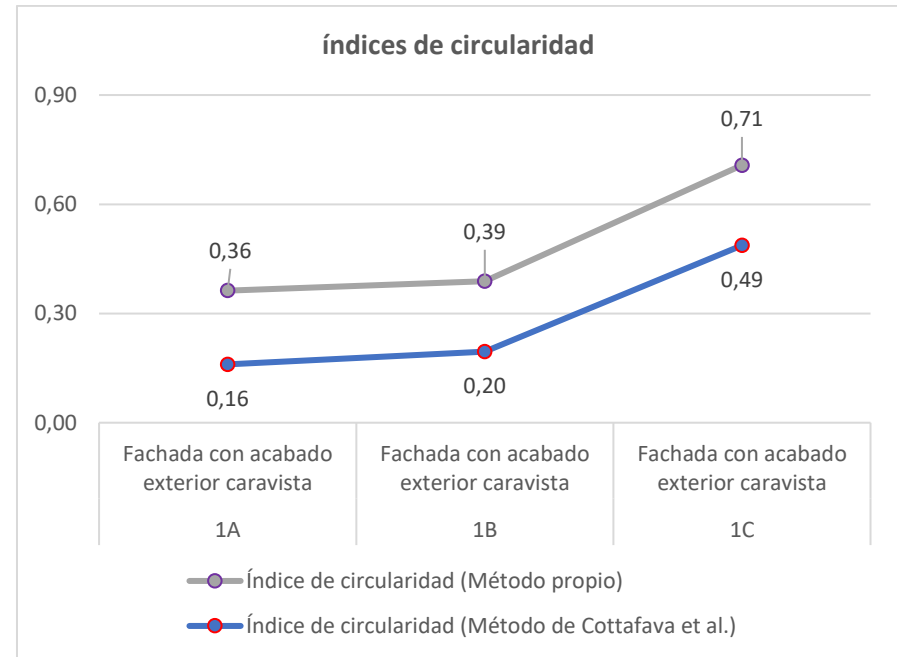


Gráfico 3. Índices de circularidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior caravista.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 1. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 1A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	1A		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	Con acabado exterior caravista		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Ladrillo cerámico perforado		
H.I.:	Ladrillo cerámico hueco		
R.E.:	-		
A.:	Poliestireno expandido		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	383,74	N° componentes:	4
N° materiales:	7	% reciclabilidad según EPD:	18,36%

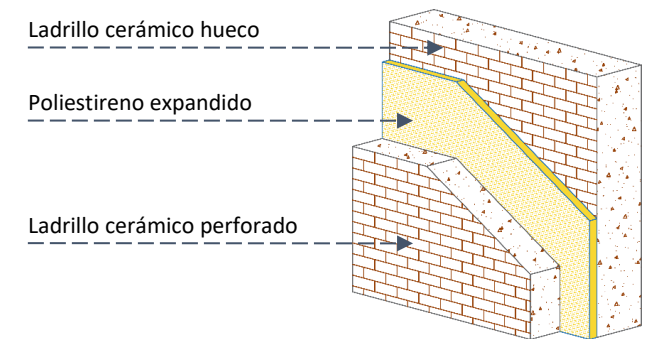


Figura 35. Perspectiva de la fachada 1A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,3
	2	Variabilidad de materiales	0,5
	3	Utilización de materiales compuestos	0,5
	4	Toxicidad de materiales	0,5
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,5
	1	Variabilidad de componentes	0,5
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,7
	3	Etiquetado de componentes	0,3
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,1
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,3
	2	Composición de la estructura interna	0,3
	3	Variabilidad de conectores	0,7
	4	Utilización de conectores en serie	0,3
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,5
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,3
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,5
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,1
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,5

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	18,36%	-	-	-	18,36%
Σ Valoraciones	0,47	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,09	-	-	-	0,09

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,50	0,40	0,50	
Índice de desmontabilidad	-	0,18	0,09	0,21	0,48

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,09	0,50	0,40	0,50	
Índice de Circularidad (método propio)	0,03	0,13	0,07	0,15	0,36

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,09	0,48	0,36	0,16

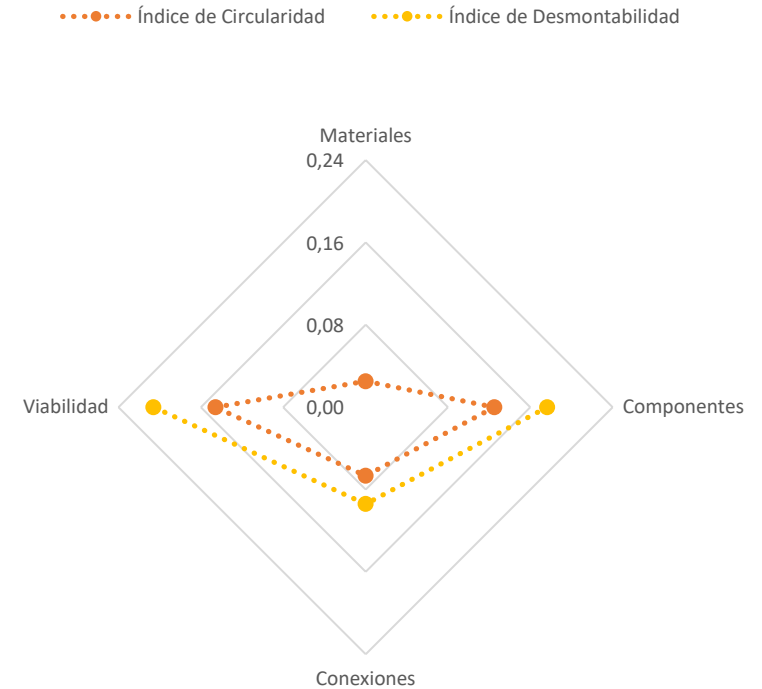


Gráfico 4. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 1A.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 2. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 1B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	1B		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	Con acabado exterior caravista		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Bloque de hormigón de áridos densos		
H.I.:	Bloque de hormigón hueco		
R.E.:	-		
A.:	Poliestireno expandido		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	397,18	N° componentes:	4
N° materiales:	7	% reciclabilidad según EPD:	34,86%

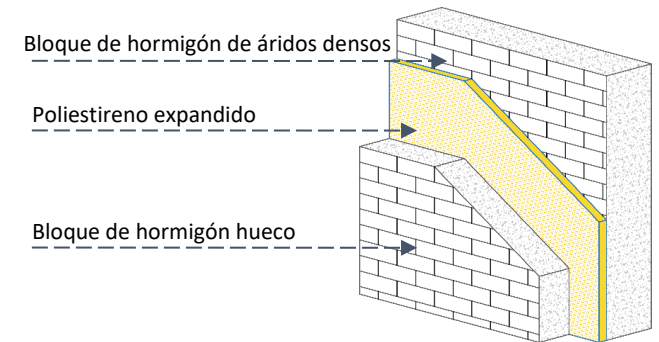


Figura 36. Perspectiva de la fachada 1B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,5
	2	Variabilidad de materiales	0,5
	3	Utilización de materiales compuestos	0,5
	4	Toxicidad de materiales	0,5
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,5
	1	Variabilidad de componentes	0,5
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,7
	3	Etiquetado de componentes	0,3
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,1
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,3
	2	Composición de la estructura interna	0,3
	3	Variabilidad de conectores	0,7
	4	Utilización de conectores en serie	0,3
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,5
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,3
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,5
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,1
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,5

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	34,86%	-	-	-	34,86%
Σ Valoraciones	0,50	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,17	-	-	-	0,17

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,50	0,40	0,50	
Índice de desmontabilidad	-	0,18	0,09	0,21	0,48

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,17	0,50	0,40	0,50	
Índice de Circularidad (método propio)	0,05	0,13	0,07	0,15	0,39

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,17	0,48	0,39	0,20

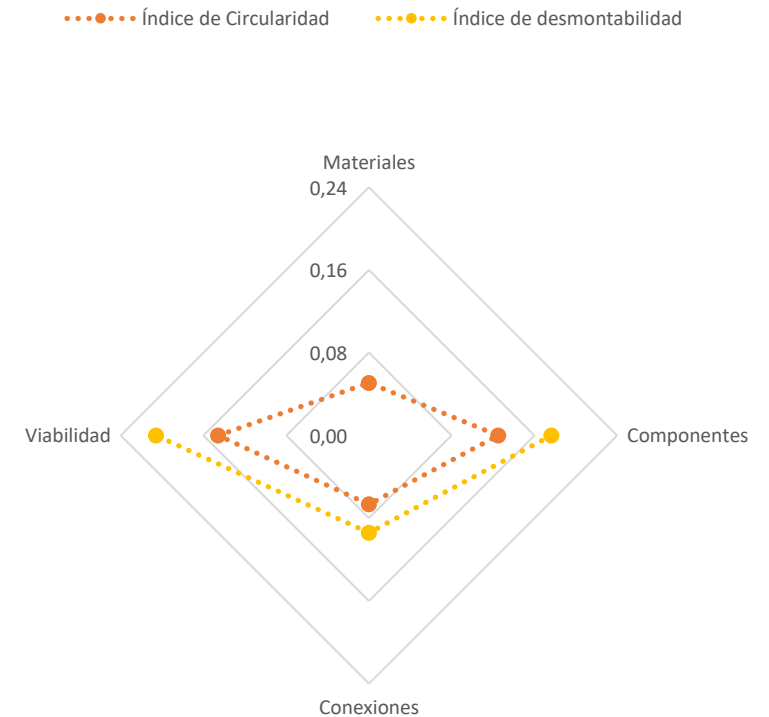


Gráfico 5. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 1B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 3. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 1C.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	1C		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	Con acabado exterior caravista		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Panel prefabricado térmico		
H.I.:	-		
R.E.:	-		
A.:	-		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	333,35	N° componentes:	2
N° materiales:	4	% reciclabilidad según EPD:	95,57%

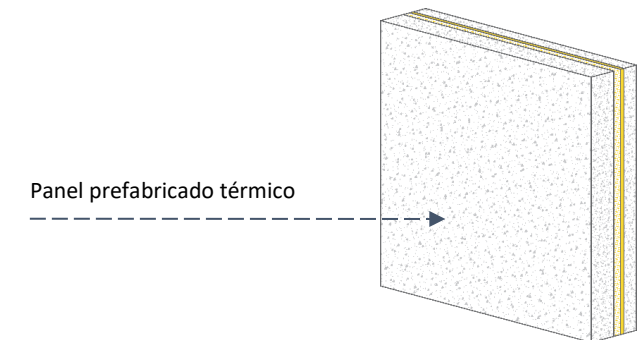


Figura 37. Perspectiva de la fachada 1C.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,9
	2	Variabilidad de materiales	0,7
	3	Utilización de materiales compuestos	0,7
	4	Toxicidad de materiales	0,9
	5	Etiquetado de materiales	0,9
	6	Tipo de acabado	0,9
COMPONENTES	1	Variabilidad de componentes	0,9
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,3
	3	Etiquetado de componentes	0,9
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,9
	5	Ligereza de los componentes	0,3
	6	Reposición de componentes	0,9

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,9
	2	Composición de la estructura interna	0,7
	3	Variabilidad de conectores	0,9
	4	Utilización de conectores en serie	0,9
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,9
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,9
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontaje	0,1
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,9
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,1
	7	Ejecución del desmontaje	0,7

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	95,57%	-	-	-	95,57%
Σ Valoraciones	0,73	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,70	-	-	-	0,70

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,70	0,85	0,64	
Índice de desmontabilidad	-	0,25	0,20	0,26	0,71

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,70	0,70	0,85	0,64	
Índice de Circularidad (método propio)	0,20	0,18	0,14	0,19	0,71

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,70	0,71	0,71	0,49

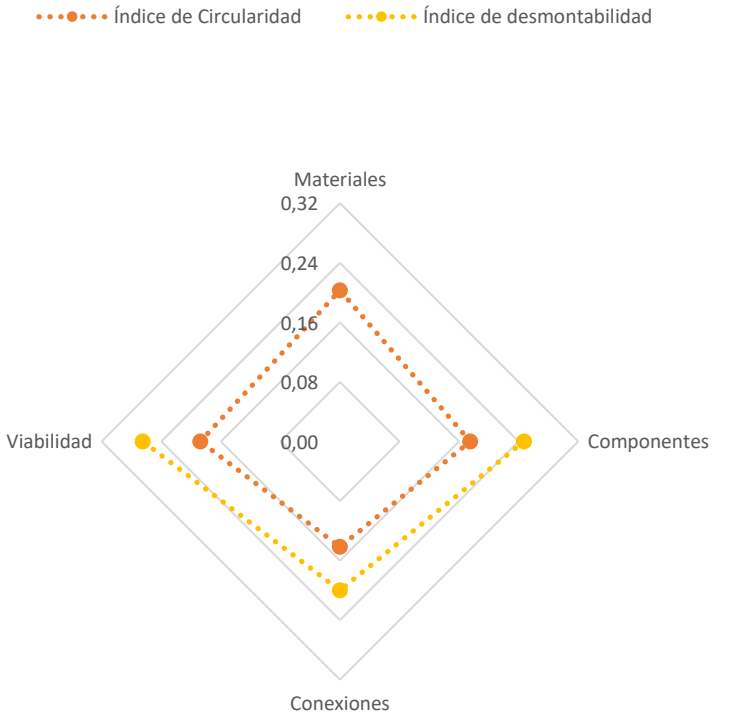


Gráfico 6. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 1C. Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.2. Fachada maciza con acabado exterior continuo

La complejidad de un sistema de fachada durante su reciclabilidad y desmontabilidad tiende a ser cada vez mayor, cuando su acabado exterior limita la visualización de sus capas constructivas. De manera que, se desconoce el proceso de fin de vida circular, ya que no refleja una distinción de sus componentes, lo que provocaría el riesgo de deteriorar o contaminar sus piezas por revestimientos húmedos y, planteándose la posibilidad de generar menos desperdicios al demoler un sistema que desmontarlo.

Es por ello que, las fachadas macizas con acabado exterior continuo resultan tener coeficientes más bajos de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad respecto de las fachadas caravista, a pesar de ser compositivamente iguales pero con revestimientos diferentes. Por ello, se muestran los coeficientes obtenidos a partir de tres gráficas.

- Gráfico 7 de reciclabilidad: claramente la incidencia de un acabado exterior húmedo, liso e indivisible contrarresta el potencial de reciclado en estas fábricas en un 30 y 33% respecto del caso anterior. Es así como, los revestimientos de pintura y empaste de yeso en fachadas macizas de ladrillos, bloques de hormigón y paneles prefabricados generan coeficientes de desmontabilidad de 0,06-0,12 y 0,47; respectivamente.

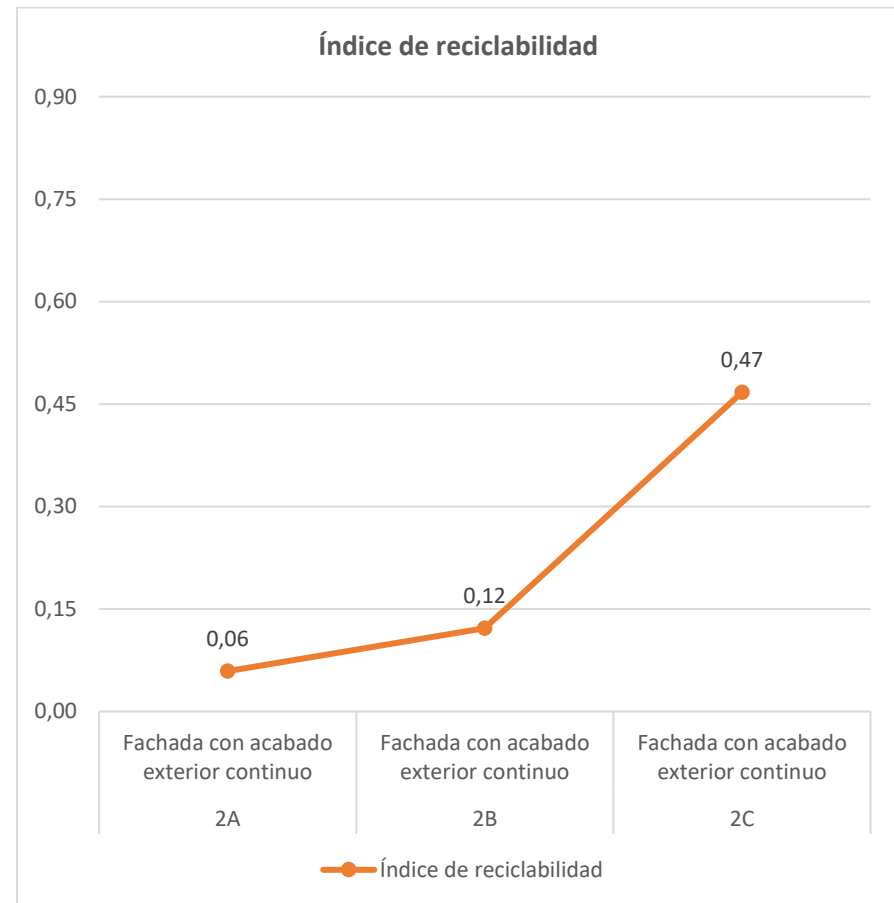


Gráfico 7. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior continuo.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Gráfico 8 de desmontabilidad: en cuanto a temas de desmontabilidad, los coeficientes muestran un constante crecimiento en sistemas de fachadas prefabricadas, sin embargo, el tipo de acabado desvaloriza este proceso de fin de vida útil circular en un 20 y 28%, respecto de las fachadas de acabado caravista.

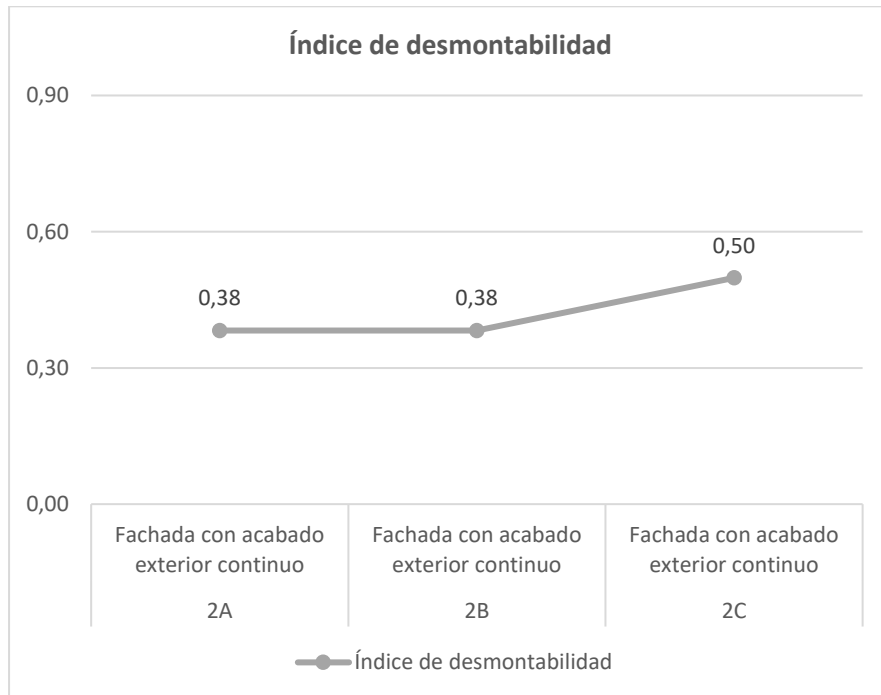


Gráfico 8. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior continuo.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Gráfico 9 de circularidad: por último, la circularidad en fachadas con acabado continuo disminuye respecto de las fachadas caravista en un 19%, 21% y 37% bajo la metodología propia de cálculo.

Por lo tanto, planteando comparativas entre los resultados del índice de circularidad bajo el método propio como el de los autores, los coeficientes van desde el 0,29 al 0,49 y del 0,14 al 0,36; respectivamente, de forma creciente desde sistemas de fachadas tradicionales hasta los sistemas prefabricados, con una disminución porcentual de coeficientes entre ambas metodologías del 48% hasta el 26%.

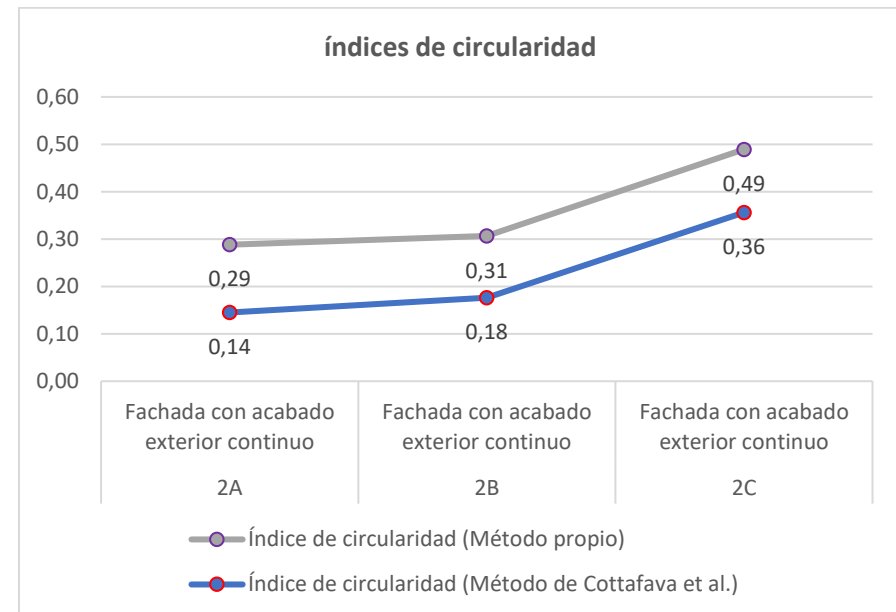


Gráfico 9. Índices de circularidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior continuo.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 4. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 2A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	2A		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	Con acabado exterior continuo		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Ladrillo cerámico perforado		
H.I.:	Ladrillo cerámico hueco		
R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura		
A.:	Poliestireno expandido		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	391,42	N° componentes:	5
N° materiales:	9	% reciclabilidad según EPD:	18,00%

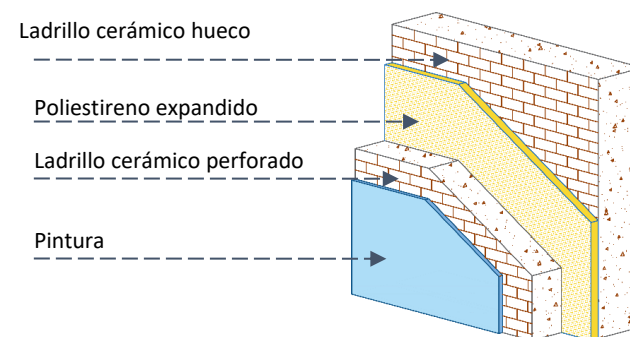


Figura 38. Perspectiva de la fachada 2A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,3
	2	Variabilidad de materiales	0,5
	3	Utilización de materiales compuestos	0,3
	4	Toxicidad de materiales	0,1
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,1
	1	Variabilidad de componentes	0,3
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,7
	3	Etiquetado de componentes	0,1
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,1
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,1
	2	Composición de la estructura interna	0,3
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,1
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,1
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,3
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,5
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,1
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,3

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	18,00%	-	-	-	18,00%
Σ Valoraciones	0,33	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,06	-	-	-	0,06

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,43	0,25	0,41	
Índice de desmontabilidad	-	0,15	0,06	0,17	0,38

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,06	0,43	0,25	0,41	
Índice de Circularidad (método propio)	0,02	0,11	0,04	0,12	0,29

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,06	0,38	0,29	0,14

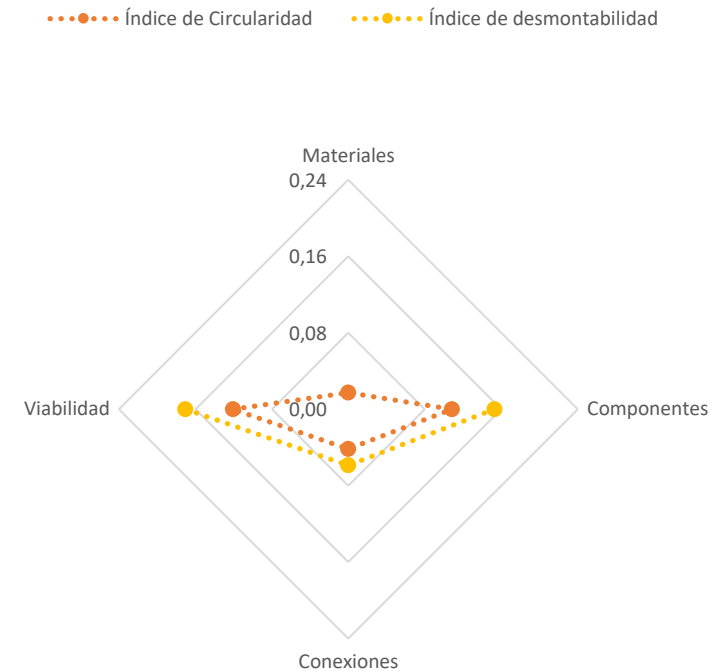


Gráfico 10. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 2A.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 5. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 2B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	2B		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	Con acabado exterior continuo		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Bloque de hormigón de áridos densos		
H.I.:	Bloque de hormigón hueco		
R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura		
A.:	Poliestireno expandido		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	404,86	N° componentes:	5
N° materiales:	9	% reciclabilidad según EPD:	34,20%

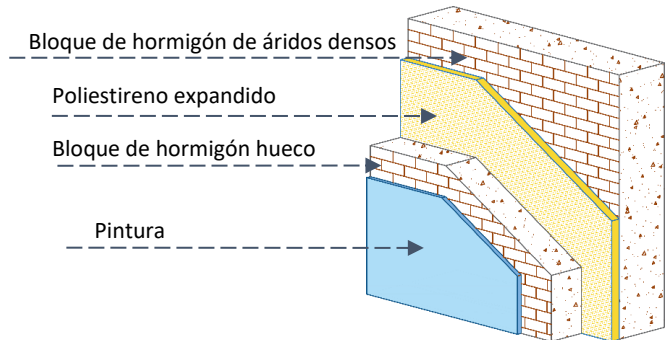


Figura 39. Perspectiva de la fachada 2B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,5
	2	Variabilidad de materiales	0,5
	3	Utilización de materiales compuestos	0,3
	4	Toxicidad de materiales	0,1
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,1
	1	Variabilidad de componentes	0,3
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,7
	3	Etiquetado de componentes	0,1
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,1
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,1
	2	Composición de la estructura interna	0,3
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,1
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,1
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,3
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,5
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,1
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,3

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	34,20%	-	-	-	34,20%
Σ Valoraciones	0,36	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,12	-	-	-	0,12

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,43	0,25	0,41	
Índice de desmontabilidad	-	0,15	0,06	0,17	0,38

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,12	0,43	0,25	0,41	
Índice de Circularidad (método propio)	0,04	0,11	0,04	0,12	0,31

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,12	0,38	0,31	0,18

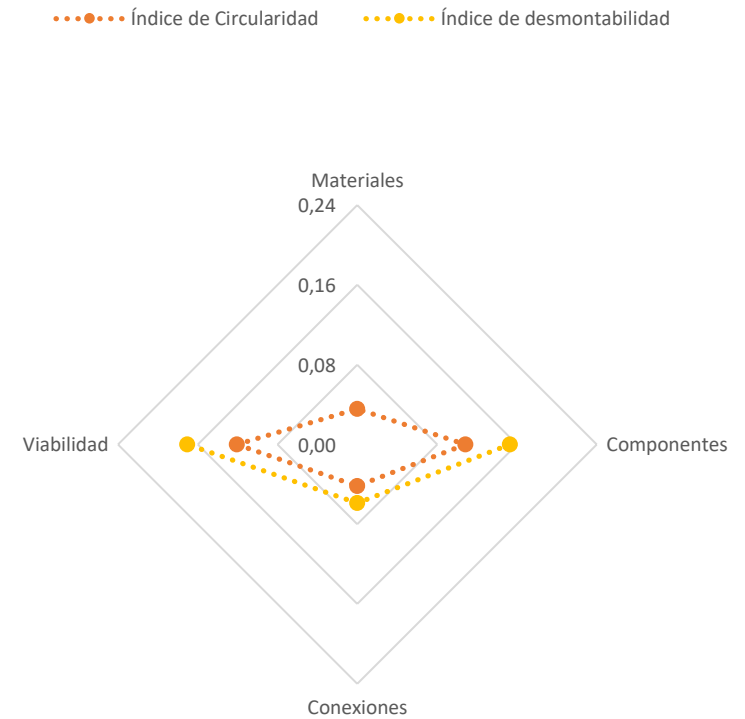


Gráfico 11. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 2B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 6. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 2C.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	2C		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	Con acabado exterior continuo		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Panel prefabricado térmico		
H.I.:	-		
R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura		
A.:	-		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	341,02	N° componentes:	3
N° materiales:	6	% reciclabilidad según EPD:	93,42%

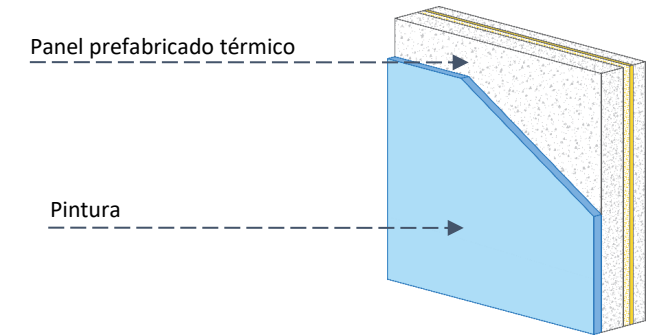


Figura 40. Perspectiva de la fachada 2C.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,9
	2	Variabilidad de materiales	0,7
	3	Utilización de materiales compuestos	0,5
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,1
	1	Variabilidad de componentes	0,7
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,3
	3	Etiquetado de componentes	1
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,3
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,1
	2	Composición de la estructura interna	0,3
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,3
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,9
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,5
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,1
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,9
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,1
	7	Ejecución del desmontaje	0,7

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	93,42%	-	-	-	93,42%
Σ Valoraciones	0,50	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,47	-	-	-	0,47

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,53	0,30	0,59	
Índice de desmontabilidad	-	0,19	0,07	0,24	0,50

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,47	0,53	0,30	0,59	
Índice de Circularidad (método propio)	0,14	0,13	0,05	0,17	0,49

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,47	0,50	0,49	0,36

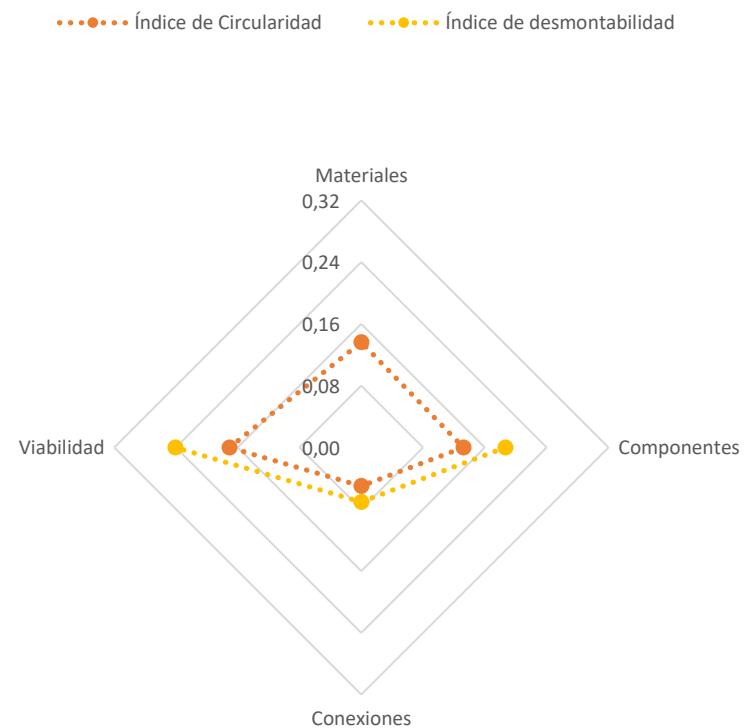


Gráfico 12. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 2C.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.3. Fachada maciza con acabado exterior discontinuo

A diferencia de las fachadas de acabados lisos e indivisibles, las piezas cerámicas como revestimientos exteriores, resultan tener un mejor comportamiento durante la instalación y sustitución de elementos en caso de daño o deterioro. Por lo tanto, constructivamente se cataloga como un sistema con mayor potencial de circularidad que en sistemas, en los que se aplica pintura.

Después de haber analizado los resultados de tres subtipos, se puede concretar que los índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad en fachadas con acabado exterior discontinuo son mayores que en las fachadas con acabados continuos y, menor que las fachadas caravista; no obstante sus hojas principal e interior, y aislamientos utilizan los mismos materiales en cada subtipo y configuración de orden A, B y C.

En breve, se especifican los resultados de los coeficientes obtenidos en las fábricas citadas en este apartado.

- Gráfico 13 de reciclabilidad: los resultados en cuanto al potencial de reciclaje se refiere, presentan un aumento de los coeficientes, respecto de las fachadas con revestimientos continuos. Tanto para las fachadas con revestimientos en azulejos cerámicos, como las de lamas de fibrocemento, sus coeficientes se sitúan entre el 0,07 – 0,14 y 0,53 aplicados para los sistemas con hojas principales en ladrillo, bloque de hormigón y panel prefabricado, respectivamente. Conforme al subtipo de fachada descrito en el apartado previo, presenta un aumento de sus índices en un 13%, 16% y 17%.

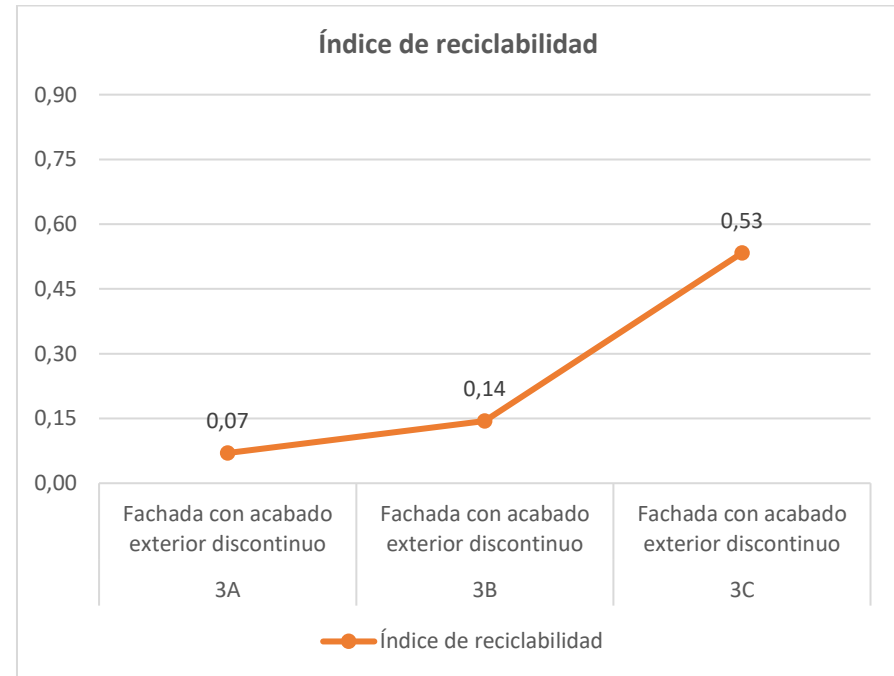


Gráfico 13. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior discontinuo.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Gráfico 14 de desmontabilidad: los resultados del potencial de desmantelamiento se sitúan en coeficientes dentro de la media del 0,46 y 0,49 para los sistemas de fachadas con materiales tradicionales y prefabricados, lo que se traduce en un índice aproximado al 50% de factibilidad de desmantelar una fachada de estas características frente a un sistema que sea 100% desmontable.

A diferencia de las fachadas de configuración 2A, 2B y 2C, existe un incremento del 21 y 2% de sus coeficientes por la eficacia y efectividad en el retiro de sus piezas cerámicas y de fibrocemento, respectivamente.

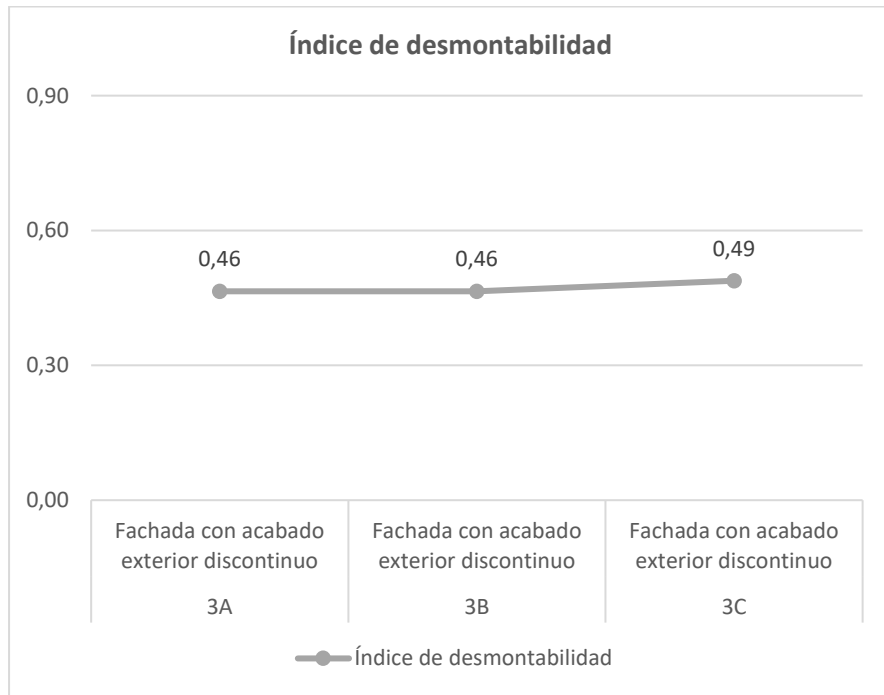


Gráfico 14. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior discontinuo.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Gráfico 15 de circularidad: el fin de vida circular en sistemas de fachadas con revestimientos discontinuos, se expresa en coeficientes de metodología de cálculo propia de 0,35 – 0,37 y 0,50

para la configuración de materiales en hojas principales de ladrillo, bloque de hormigón y panel prefabricado. Sin embargo, particularmente los sistemas de fachadas macizas presentan niveles bajos de circularidad respecto a los otros subtipos de fábricas.

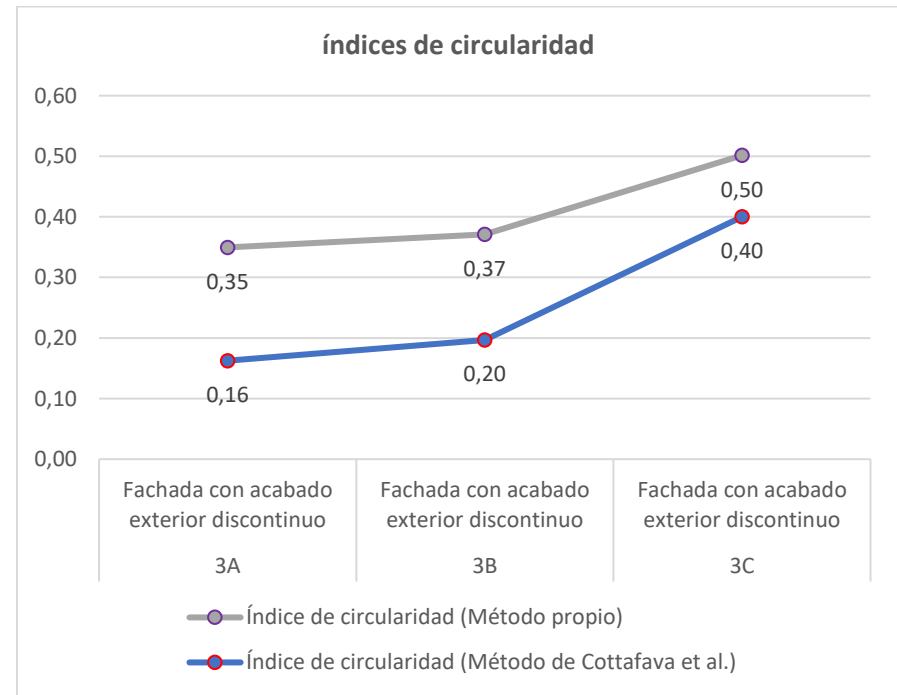


Gráfico 15. Índices de circularidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior discontinuo.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 7. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 3A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	3A		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	Con acabado exterior discontinuo		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Ladrillo cerámico perforado		
H.I.:	Ladrillo cerámico hueco		
R.E.:	Azulejos cerámicos de pared		
A.:	Poliestireno expandido		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	417,34	N° componentes:	5
N° materiales:	9	% reciclabilidad según EPD:	16,88%

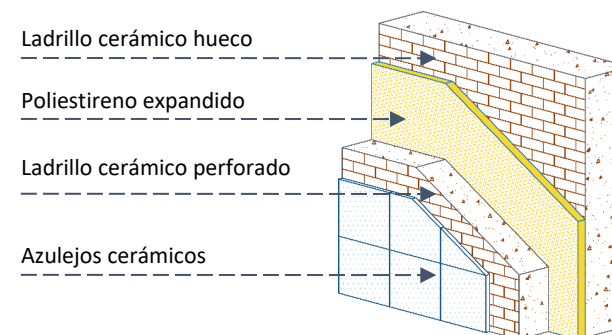


Figura 41. Perspectiva de la fachada 3A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,3
	2	Variabilidad de materiales	0,5
	3	Utilización de materiales compuestos	0,5
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,3
	1	Variabilidad de componentes	0,3
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,7
	3	Etiquetado de componentes	0,3
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,1
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,3
	2	Composición de la estructura interna	0,3
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,3
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,3
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,5
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,7
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,3
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,3

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	16,88%	-	-	-	16,88%
Σ Valoraciones	0,41	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,07	-	-	-	0,07

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,47	0,35	0,53	
Índice de desmontabilidad	-	0,16	0,08	0,22	0,46

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,07	0,47	0,35	0,53	
Índice de Circularidad (método propio)	0,02	0,12	0,06	0,15	0,35

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,07	0,46	0,35	0,16

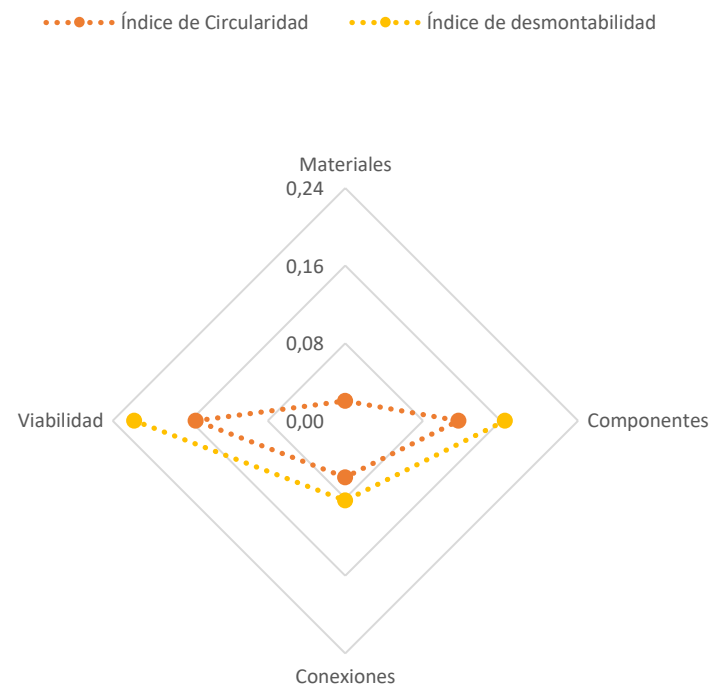


Gráfico 16. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 3A. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 8. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 3B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	3B		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	Con acabado exterior discontinuo		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Bloque de hormigón de áridos densos		
H.I.:	Bloque de hormigón hueco		
R.E.:	Lamas de fibrocemento		
A.:	Poliestireno expandido		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	426,28	N° componentes:	5
N° materiales:	9	% reciclabilidad según EPD:	32,48%

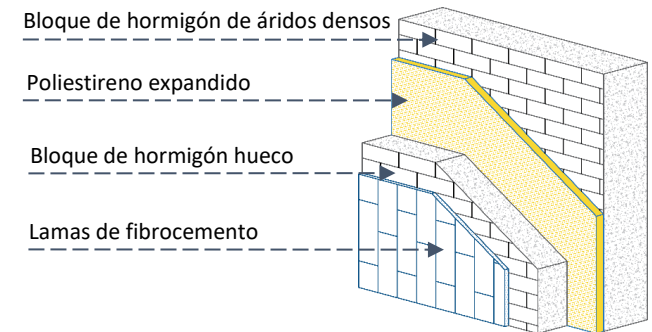


Figura 42. Perspectiva de la fachada 3B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,5
	2	Variabilidad de materiales	0,5
	3	Utilización de materiales compuestos	0,5
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,9
	6	Tipo de acabado	0,3
COMPONENTES	1	Variabilidad de componentes	0,3
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,7
	3	Etiquetado de componentes	0,3
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,1
	6	Reposición de componentes	0,9

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,3
	2	Composición de la estructura interna	0,3
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,3
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,3
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,5
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,7
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,3
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,3

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	32,48%	-	-	-	34,48%
Σ Valoraciones	0,44	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,14	-	-	-	0,14

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,47	0,35	0,53	
Índice de desmontabilidad	-	0,16	0,08	0,22	0,46

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,14	0,47	0,35	0,53	
Índice de Circularidad (método propio)	0,04	0,12	0,06	0,15	0,37

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,14	0,46	0,37	0,20

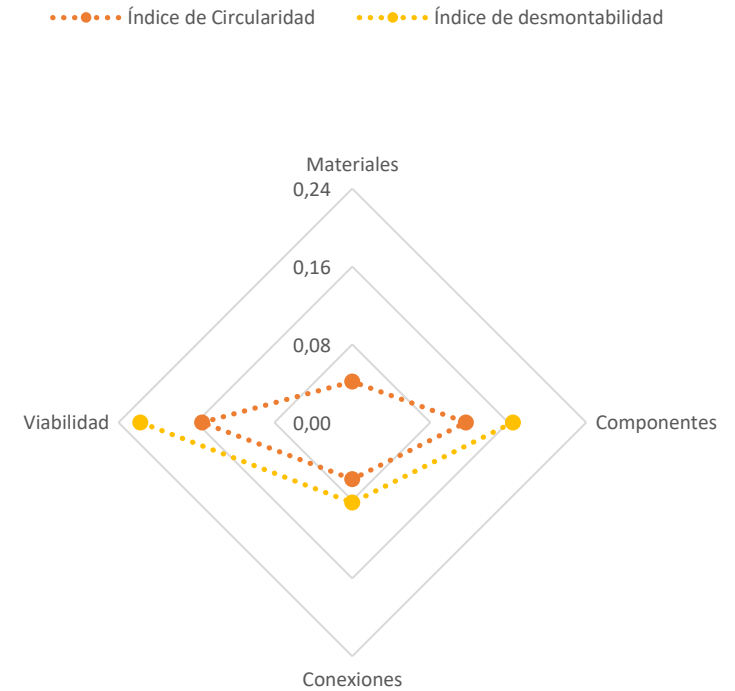


Gráfico 17. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 3B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 9. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 3C.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	3C		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	Con acabado exterior discontinuo		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Panel prefabricado térmico		
H.I.:	-		
R.E.:	Azulejos cerámicos de pared		
A.:	-		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	366,95	N° componentes:	3
N° materiales:	6	% reciclabilidad según EPD:	86,82%

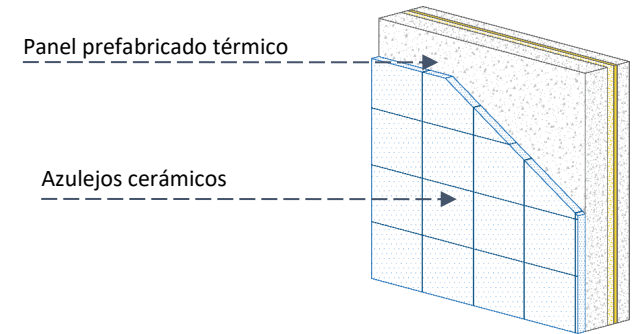


Figura 43. Perspectiva de la fachada 3C.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,9
	2	Variabilidad de materiales	0,7
	3	Utilización de materiales compuestos	0,5
	4	Toxicidad de materiales	0,9
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,3
	1	Variabilidad de componentes	0,7
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,3
	3	Etiquetado de componentes	0,5
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,1
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,3
	2	Composición de la estructura interna	0,3
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,3
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,9
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,5
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,1
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,9
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,1
	7	Ejecución del desmontaje	0,5

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	86,82%	-	-	-	86,82%
Σ Valoraciones	0,61	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,53	-	-	-	0,53

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,50	0,35	0,56	
Índice de desmontabilidad	-	0,18	0,08	0,23	0,49

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,53	0,50	0,35	0,56	
Índice de Circularidad (método propio)	0,16	0,13	0,06	0,16	0,50

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,53	0,49	0,50	0,40

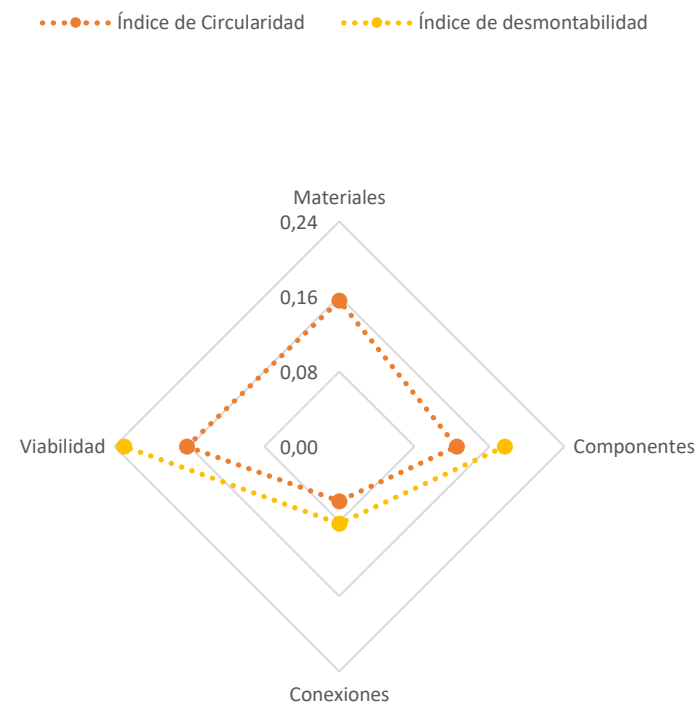


Gráfico 18. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 3C.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.4. Fachada maciza tipo SATE con acabado exterior continuo y discontinuo

Culminada la explicación de las fachadas macizas con diferentes configuraciones de materiales y acabados exteriores, se presentan estos tipos de sistemas característicos por su gran respuesta al aislamiento térmico que otorgan a las edificaciones.

Particularmente, a pesar de tener importantes ventajas y una significativa disminución del peso por m², en relación con sistemas de fachadas macizas, su potencial hacia un futuro desmantelamiento es la más baja de los 27 subtipos, refiriéndose a las fachadas SATE con acabado exterior continuo.

Para el caso de las fachadas SATE con acabado exterior discontinuo, se obtienen valores de circularidad similares a los calculados en las fachadas macizas caravista con igual tipo de acabado, con determinadas diferencias en sus contenidos de reciclabilidad pero que, aun así, son los más bajos de todo el estudio realizado, posterior a las fachadas macizas con acabado continuo liso. A continuación se analizan la gráficas.

- Gráfico 19 de reciclabilidad: todas las fachadas tipo SATE presentan los índices de reciclabilidad más bajos de todos los demostradores aplicados, cuyo principal factor en estos coeficientes menores a 0,1 es el bajo contenido de reciclabilidad de sus materiales, en torno al 1,37% y 1,38%, sustentados en las EPD.

Respecto a la configuración de materiales de cuatro tipos de fachadas, correspondientes a las hojas principales de ladrillo cerámico y bloque de hormigón, con acabados en pintura y piezas cerámicas para cada tipo de hoja, sus coeficientes de reciclabilidad se encuentran dentro de las valoraciones de 0,004 y 0,005.

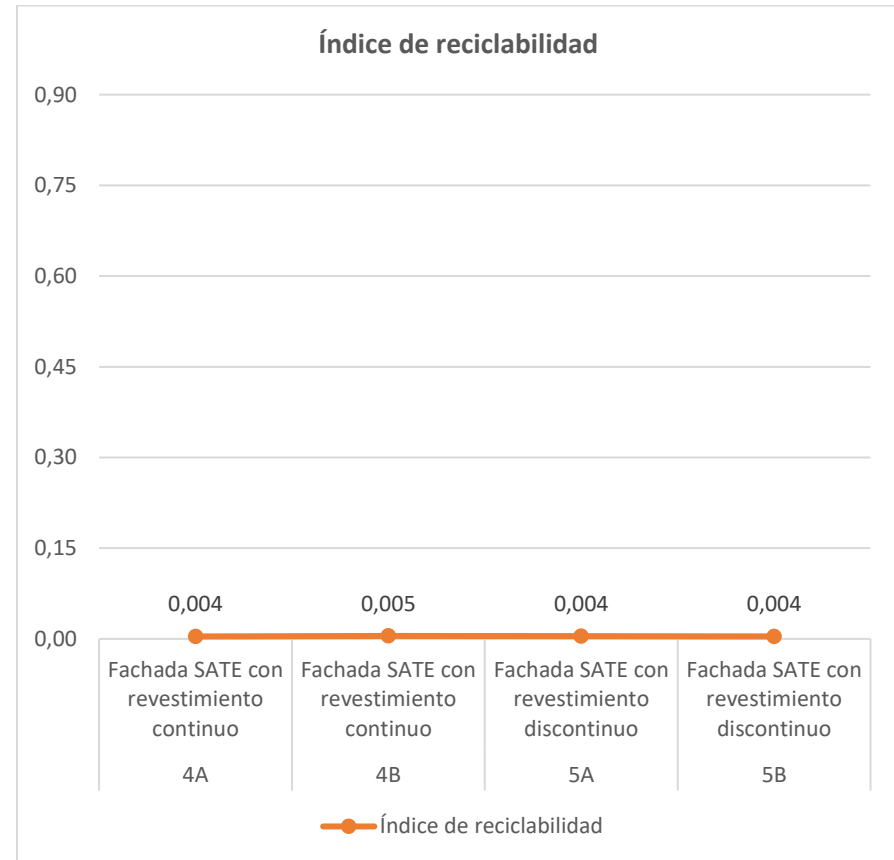


Gráfico 19. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas macizas SATE con acabado exterior continuo y discontinuo.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Gráfico 20 de desmontabilidad: para los subtipos de fachadas con revestimientos continuos, su potencial de desmontabilidad es de 0,37 y para las fábricas con revestimientos discontinuos es de 0,50; es decir, 4 centésimas por encima que las fachadas macizas de materiales tradicionales, de acabado idéntico.

La tendencia de disminución en este índice no ha sido constante entre las fachadas macizas y SATE de acabado discontinuo, debido a su composición interna y a la menor efectividad de desmontar dos hojas constructivas en las fábricas macizas respecto a una sola capa de material con conglomerante, de menor peso por m² que conforman las fachadas SATE.

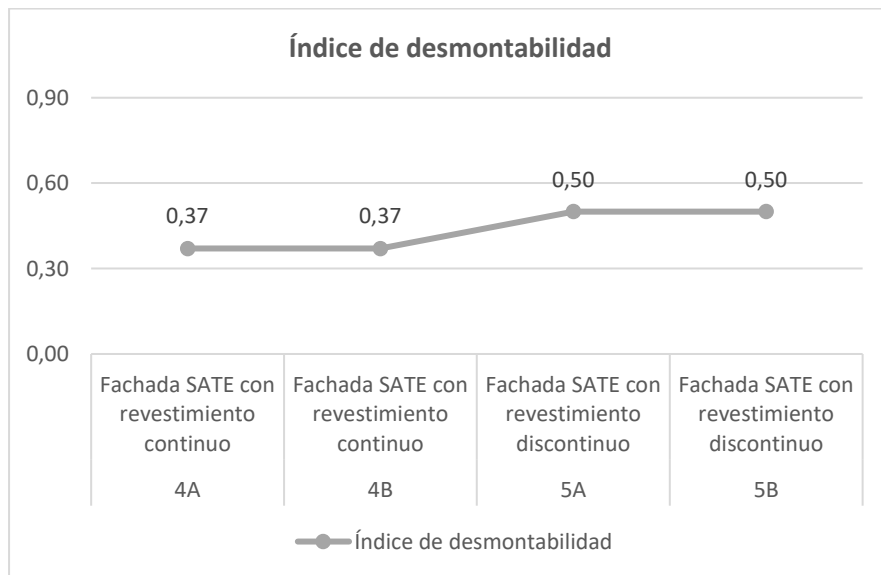


Gráfico 20. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas macizas SATE con acabado exterior continuo y discontinuo.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Gráfico 21 de circularidad: si los índices de reciclabilidad y desmontabilidad son los más bajos del estudio planteado, es consecuente que los índices de circularidad también lo sean. Por lo que, coeficientes de 0,26 y 0,36 para fachadas SATE de revestimiento continuo y discontinuo son los correspondientes a estos tipos de fábricas, según la metodología propia de valoración. Para la metodología de Cottafava D. et al., los coeficientes de este subtipo son los más bajos de todo el estudio, que respecto a la metodología propia disminuyen en un 61% y 66%.

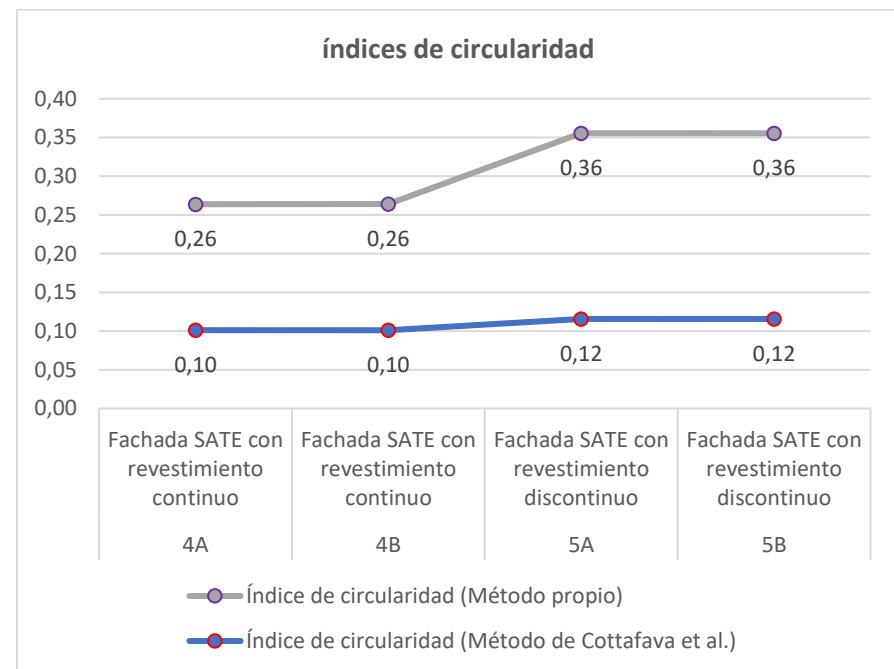


Gráfico 21. Índices de circularidad en sistemas de fachadas macizas SATE con acabado exterior continuo y discontinuo.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 10. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza SATE, código 4A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	4A		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	SATE con revestimiento continuo		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Ladrillo denso perforado		
H.I.:	-		
R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura		
A.:	Lana de Roca		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	239,99	N° componentes:	4
N° materiales:	10	% reciclabilidad según EPD:	1,56%

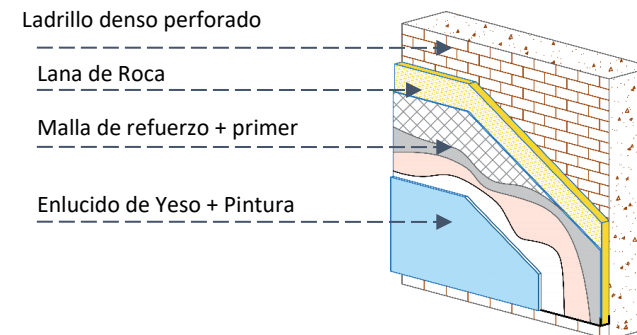


Figura 44. Perspectiva de la fachada 4A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,1
	2	Variabilidad de materiales	0,3
	3	Utilización de materiales compuestos	0,1
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,9
	6	Tipo de acabado	0,1
COMPONENTES	1	Variabilidad de componentes	0,5
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,7
	3	Etiquetado de componentes	0,1
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,5
	6	Reposición de componentes	0,1

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,1
	2	Composición de la estructura interna	0,1
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,3
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,1
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,1
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,7
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,1
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,3

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	1,56%	-	-	-	1,56%
Σ Valoraciones	0,27	-	-	-	-
Índice de reciclabilidad	0,004	-	-	-	0,004

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,40	0,25	0,41	-
Índice de desmontabilidad	-	0,14	0,06	0,17	0,37

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,004	0,40	0,25	0,41	-
Índice de Circularidad (método propio)	0,001	0,10	0,04	0,12	0,26

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,004	0,37	0,26	0,10

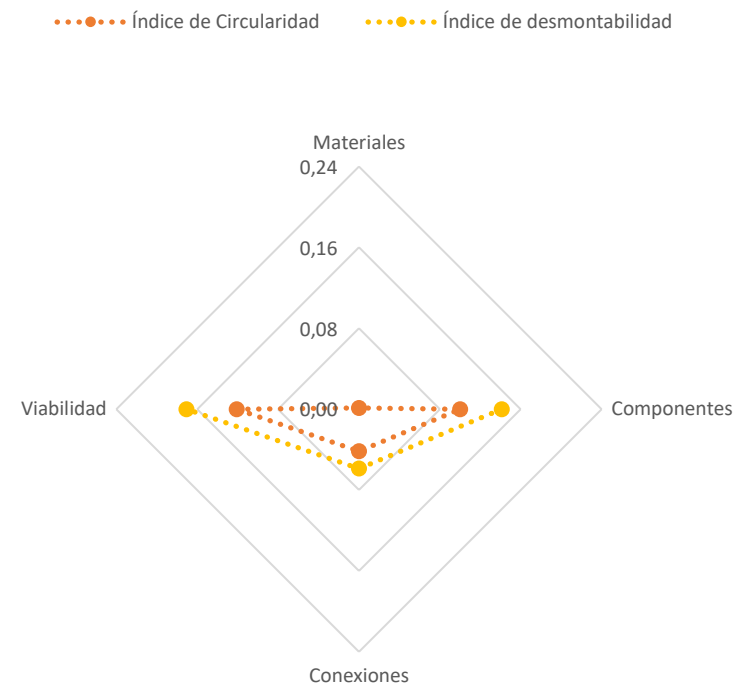


Gráfico 22. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 4A. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 11. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza SATE, código 4B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	4B		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	SATE con revestimiento continuo		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Bloque de hormigón hueco		
H.I.:	-		
R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura		
A.:	Lana de Roca		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	207,05	N° componentes:	4
N° materiales:	10	% reciclabilidad según EPD:	1,81%

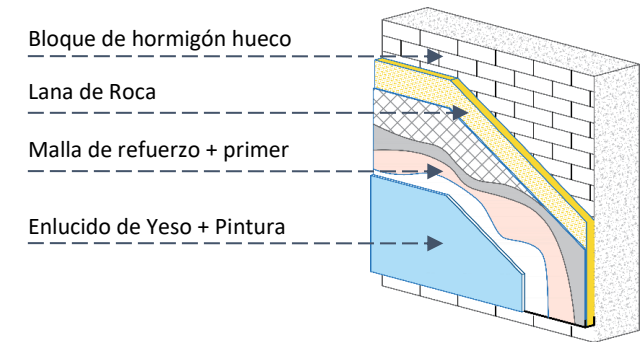


Figura 45. Perspectiva de la fachada 4B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,1
	2	Variabilidad de materiales	0,3
	3	Utilización de materiales compuestos	0,1
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,9
	6	Tipo de acabado	0,1
COMPONENTES	1	Variabilidad de componentes	0,5
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,7
	3	Etiquetado de componentes	0,1
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,5
	6	Reposición de componentes	0,1

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,1
	2	Composición de la estructura interna	0,1
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,3
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,1
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,1
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,7
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,1
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,3

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	1,81%	-	-	-	1,81%
Σ Valoraciones	0,27	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,005	-	-	-	0,05

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,40	0,25	0,41	
Índice de desmontabilidad	-	0,14	0,06	0,17	0,37

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,005	0,40	0,25	0,41	
Índice de Circularidad (método propio)	0,001	0,10	0,04	0,12	0,26

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,05	0,37	0,26	0,10

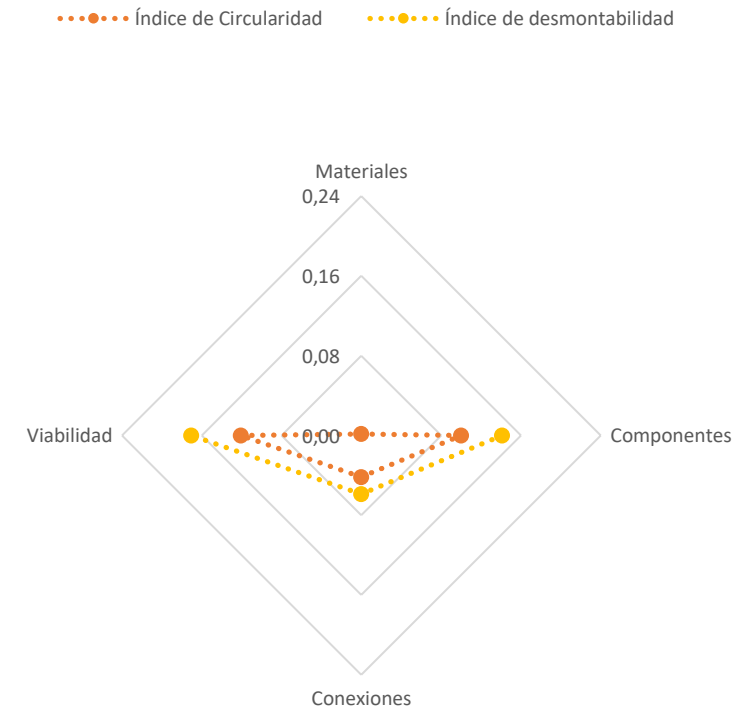


Gráfico 23. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 4B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 12. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza SATE, código 5A.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	5A		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	SATE con revestimiento discontinuo		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Ladrillo denso perforado		
H.I.:	-		
R.E.:	Baldosas cerámicas		
A.:	Lana de Roca		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	257,56	N° componentes:	4
N° materiales:	11	% reciclabilidad según EPD:	1,45%

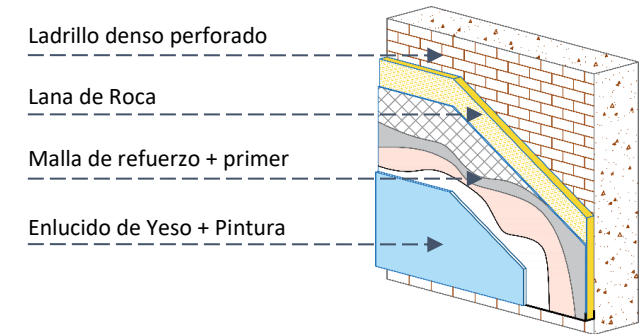


Figura 46. Perspectiva de la fachada 5A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,1
	2	Variabilidad de materiales	0,3
	3	Utilización de materiales compuestos	0,1
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,3
	1	Variabilidad de componentes	0,5
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,7
	3	Etiquetado de componentes	0,3
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,3
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,3
	2	Composición de la estructura interna	0,3
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,3
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,3
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,5
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,7
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,3
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,5

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	1,45%	-	-	-	1,45%
Σ Valoraciones	0,30	-	-	-	-
Índice de reciclabilidad	0,004	-	-	-	0,004

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,53	0,35	0,56	-
Índice de desmontabilidad	-	0,19	0,08	0,23	0,50

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,004	0,53	0,35	0,56	-
Índice de Circularidad (método propio)	0,001	0,13	0,06	0,16	0,36

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,004	0,50	0,36	0,12

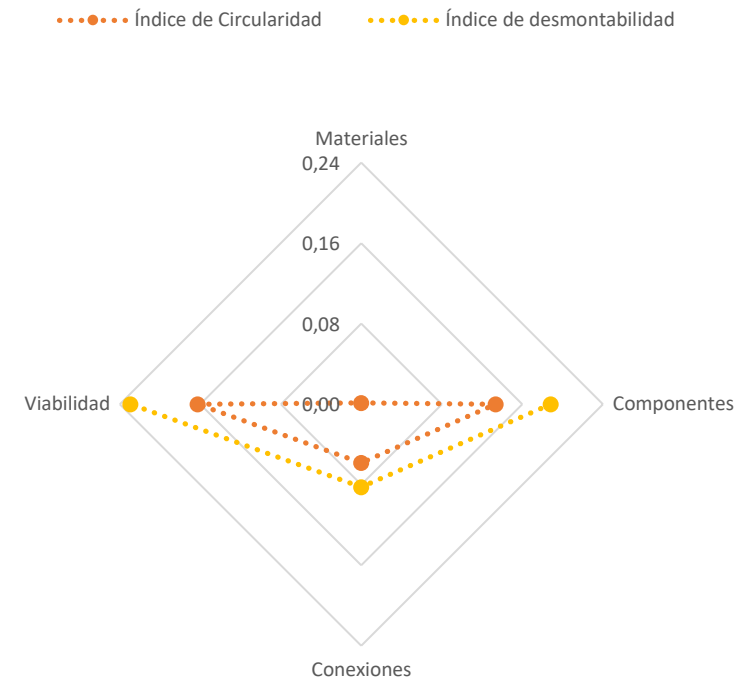


Gráfico 24. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 5A. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 13. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza SATE, código 5B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	5B		
Tipo de Fábrica:	Maciza		
Subtipo:	SATE con revestimiento discontinuo		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Bloque de hormigón hueco		
H.I.:	-		
R.E.:	Listones de ladrillo		
A.:	Lana de Roca		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	273,41	N° componentes:	4
N° materiales:	9	% reciclabilidad según EPD:	1,37%

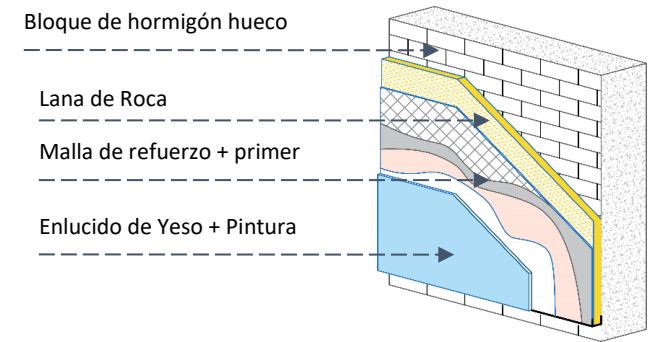


Figura 47. Perspectiva de la fachada 5B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,1
	2	Variabilidad de materiales	0,3
	3	Utilización de materiales compuestos	0,1
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,3
	1	Variabilidad de componentes	0,5
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,7
	3	Etiquetado de componentes	0,3
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,3
	6	Reposición de componentes	0,9

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,3
	2	Composición de la estructura interna	0,3
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,3
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,3
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,5
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,7
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,3
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,5

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	1,37%	-	-	-	1,37%
Σ Valoraciones	0,30	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,004	-	-	-	0,004

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,53	0,35	0,56	
Índice de desmontabilidad	-	0,19	0,08	0,23	0,50

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,004	0,53	0,35	0,56	
Índice de Circularidad (método propio)	0,001	0,13	0,06	0,16	0,36

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,004	0,50	0,36	0,12

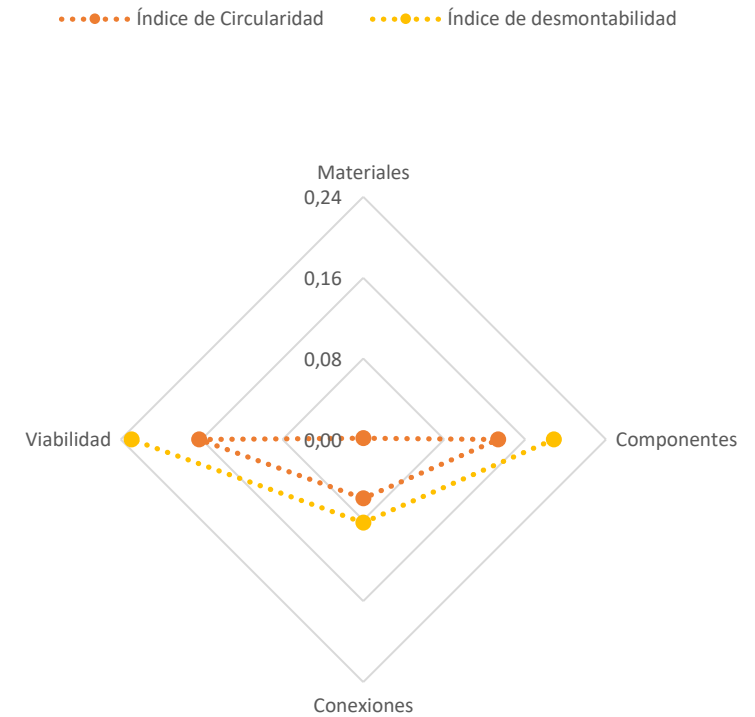


Gráfico 25. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 5B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.5. Fachadas dobles

El gran grupo de sistemas de fachadas dobles está constituido por tres subtipos de fábricas, refiriéndose a fachadas ventiladas, ligeras y de doble piel. Cada uno de estos subtipos es analizado bajo tres configuraciones de materiales que, en su totalidad, los resultados de las gráficas mostrarán los índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de nueve fábricas.

Las fachadas dobles se caracterizan por mantener una piel interior que aísla térmicamente la edificación y una segunda capa exterior que sirve de barrera ante los agentes climáticos del sitio y que, normalmente, es translúcida o permite la visualización parcial del paisaje desde el interior. Entre ambas capas constructivas, es importante la existencia de una cámara de aire de hasta 60 centímetros de ancho. La capa exterior puede estar formada por vidrio, chapas o lamas metálicas. A continuación, se muestran los coeficientes respectivos para cada uno de los nueve sistemas de fachadas dobles.

- Gráfico 26 de reciclabilidad: la reciclabilidad de materiales en los subtipos de fachadas ventiladas, ligeras y de doble piel es de bajo nivel, ya que las especificaciones de sus declaraciones ambientales no consideran dentro del cálculo este módulo de circularidad. En efecto, cuando las EPD no han considerado este proceso, se le asigna un valor nulo o cero al contenido de reciclaje de determinados materiales. Es por ello que, estos índices giran en torno a 0,03 hasta 0,17, a excepción del sistema de fachada ventilada formada por una hoja principal de panel prefabricado térmico, cuyo coeficiente de reciclabilidad es de 0,55 y cuyo contenido de reciclaje es del 93,84%.

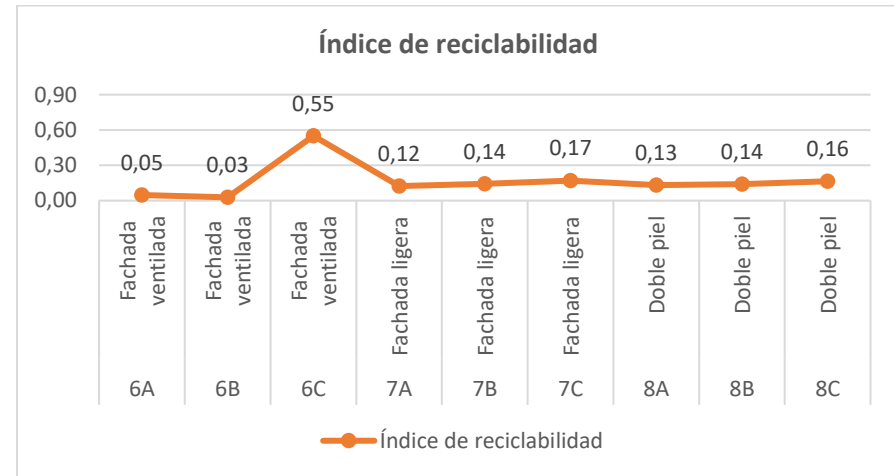


Gráfico 26. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas dobles.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Gráfico 27 de desmontabilidad: los estándares de desmontabilidad de sistemas de fachadas ventilada y de doble piel muestran índices entre 0,59 y 0,66; valores que resultan ser 12% más bajos que los proyectados en las fachadas ligeras, con índices de 0,75 y 0,76.

La diferencia principal que fluctúa entre los tres subtipos de fachadas dobles es su peso que, para el caso de las fachadas ligeras, sus niveles se encuentran entre 39,49 y 53,77 kg/m², respecto de la fachada ventilada de hoja principal en panel prefabricado con 349,66 kg/m² en su peso. Así mismo, las fachadas ventiladas y ligeras requieren de menos materiales y componentes que las fachadas de doble piel, por lo que, en conclusión, entre menos especializada sea la fachada, mejores conductas de desmontabilidad tendrá.

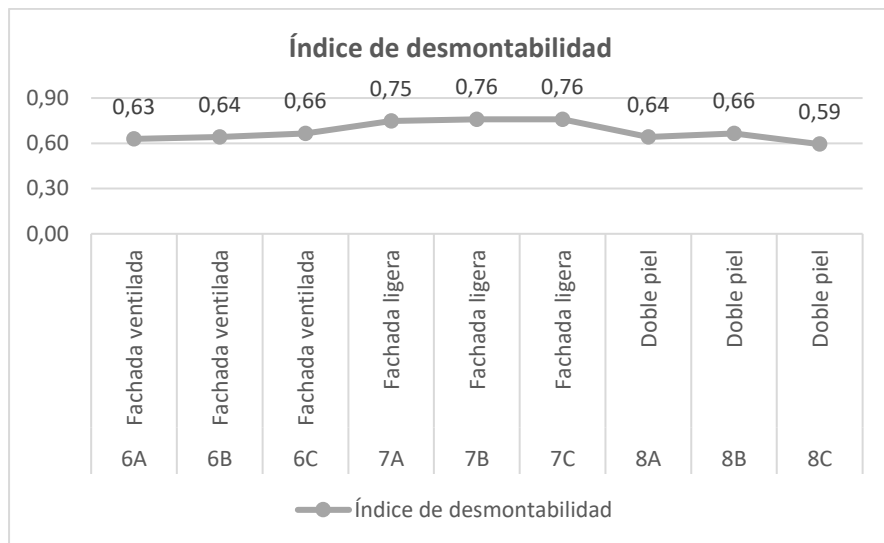


Gráfico 27. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas dobles.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Gráfico 28 de circularidad: por último, en los coeficientes de circularidad se presentan los siguientes resultados. Para los tres casos de sistemas de fachadas ventiladas, sus índices son similares en las dos primeras configuraciones de materiales con hojas principales en ladrillo (6A) y bloque de hormigón (6B), con un coeficiente de 0,46 para ambos y, el cual aumenta en un 37% cuando la hoja principal es de panel prefabricado (6C), de índice 0,63.

En el caso de las fachadas ligeras, sus coeficientes son de 0,57 – 0,58 y 0,57 para las tres configuraciones de materiales en sus revestimientos de placas de cemento (7A), baldosas cerámicas (7B) y paneles de aluminio compuesto (7C), con contenidos de reciclaje según las EPD desde 23,37% hasta 32,38%.

Por último, en las fachadas de doble piel con revestimientos en vidrio templado (8A), panel microperforado (8B) y vidrio templado con revestimiento de yeso y vidrio en su hoja interior (8C), sus índices de circularidad son de 0,52 – 0,51 y 0,47 respectivamente, con contenidos de reciclaje según las EPD de 25,10% hasta 34,96%.

Los índices de circularidad obtenidos por la metodología de Cottafava son variables y menores en todos sus casos de estudio.

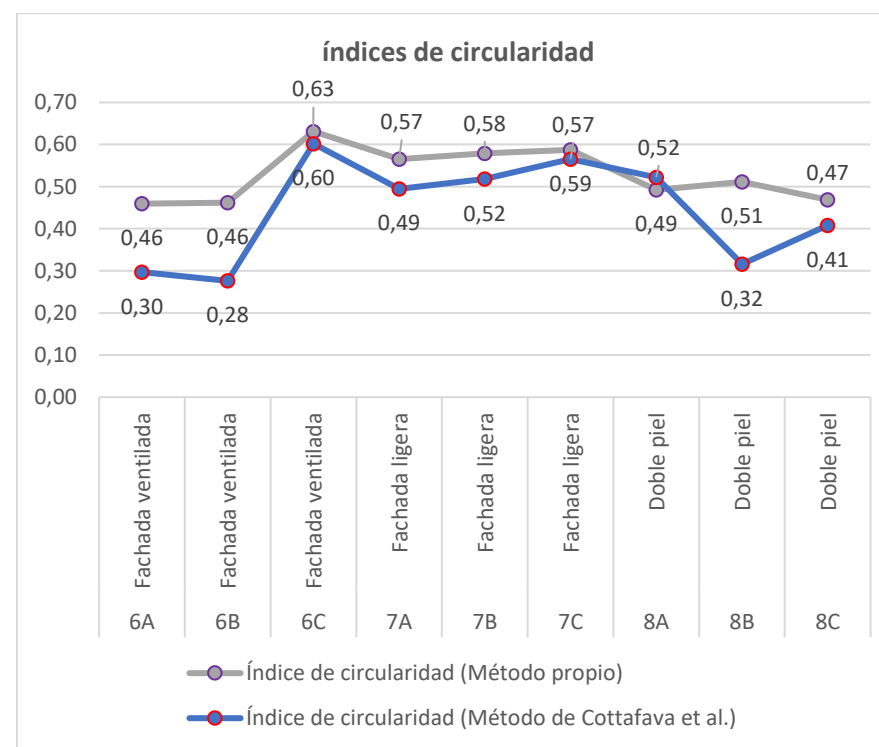


Gráfico 28. Índices de circularidad en sistemas de fachadas dobles.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 14. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble ventilada, código 6A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	6A		
Tipo de Fábrica:	Doble		
Subtipo:	Fachada ventilada (sistema macho-hembra)		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Ladrillo denso perforado		
H.I.:	-		
R.E.:	Insulated Steel Panel		
A.:	-		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	211,12	N° componentes:	4
N° materiales:	6	% reciclabilidad según EPD:	9,94%

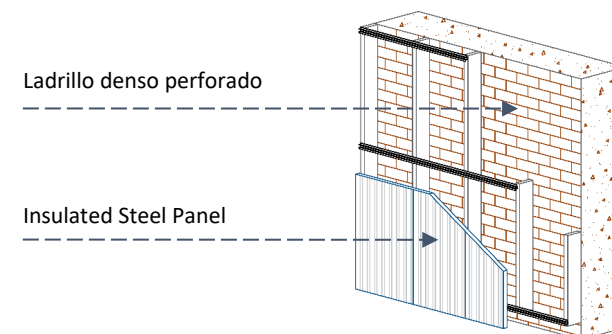


Figura 48. Perspectiva de la fachada 6A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,1
	2	Variabilidad de materiales	0,7
	3	Utilización de materiales compuestos	0,7
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,7
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,7
	1	Variabilidad de componentes	0,5
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,5
	3	Etiquetado de componentes	0,7
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,5
	6	Reposición de componentes	0,9

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,7
	2	Composición de la estructura interna	0,3
	3	Variabilidad de conectores	0,7
	4	Utilización de conectores en serie	0,7
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,5
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,7
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,5
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,7
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,7

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	9,94%	-	-	-	9,94%
Σ Valoraciones	0,47	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,05	-	-	-	0,05

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,60	0,60	0,67	
Índice de desmontabilidad	-	0,21	0,14	0,28	0,63

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,05	0,60	0,60	0,67	
Índice de Circularidad (método propio)	0,01	0,15	0,10	0,20	0,46

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,05	0,63	0,46	0,30

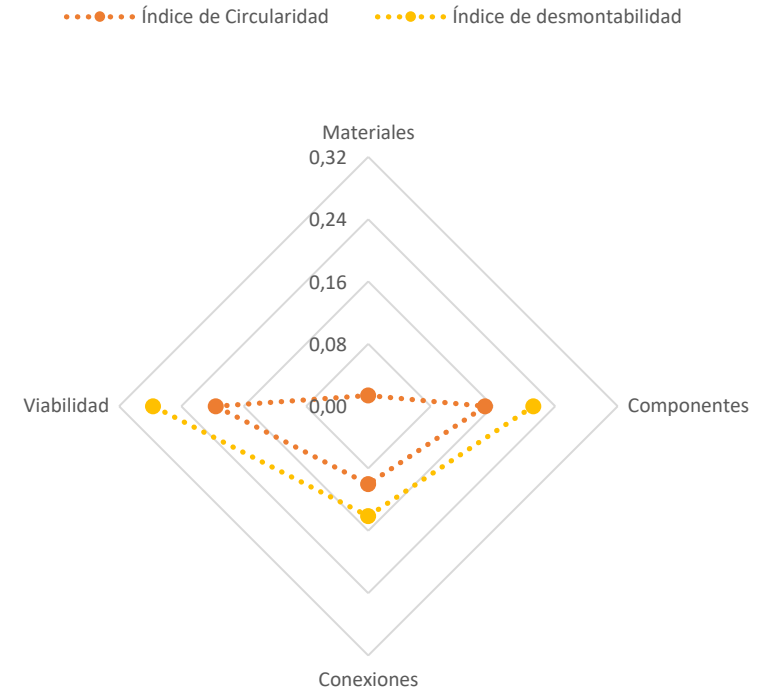


Gráfico 29. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 6A. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 15. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble ventilada, código 6B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	6B		
Tipo de Fábrica:	Doble		
Subtipo:	Fachada ventilada (sistema macho-hembra)		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Bloque de hormigón hueco		
H.I.:	-		
R.E.:	Pieza cerámica		
A.:	-		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	186,80	N° componentes:	5
N° materiales:	8	% reciclabilidad según EPD:	5,57%

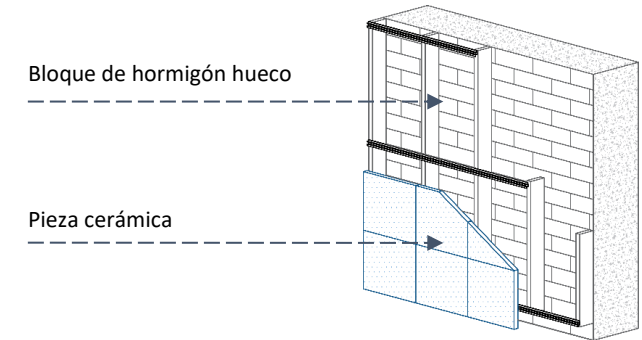


Figura 49. Perspectiva de la fachada 6B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,1
	2	Variabilidad de materiales	0,5
	3	Utilización de materiales compuestos	0,7
	4	Toxicidad de materiales	0,5
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,7
	1	Variabilidad de componentes	0,3
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,5
	3	Etiquetado de componentes	0,7
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,9
	5	Ligereza de los componentes	0,5
	6	Reposición de componentes	0,9

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,7
	2	Composición de la estructura interna	0,3
	3	Variabilidad de conectores	0,7
	4	Utilización de conectores en serie	0,7
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,5
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,7
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,5
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,7
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,7

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	5,57%	-	-	-	5,57%
Σ Valoraciones	0,50	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,03	-	-	-	0,03

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,63	0,60	0,67	
Índice de desmontabilidad	-	0,22	0,14	0,28	0,64

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,03	0,63	0,60	0,67	
Índice de Circularidad (método propio)	0,01	0,16	0,10	0,20	0,46

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,03	0,64	0,46	0,28

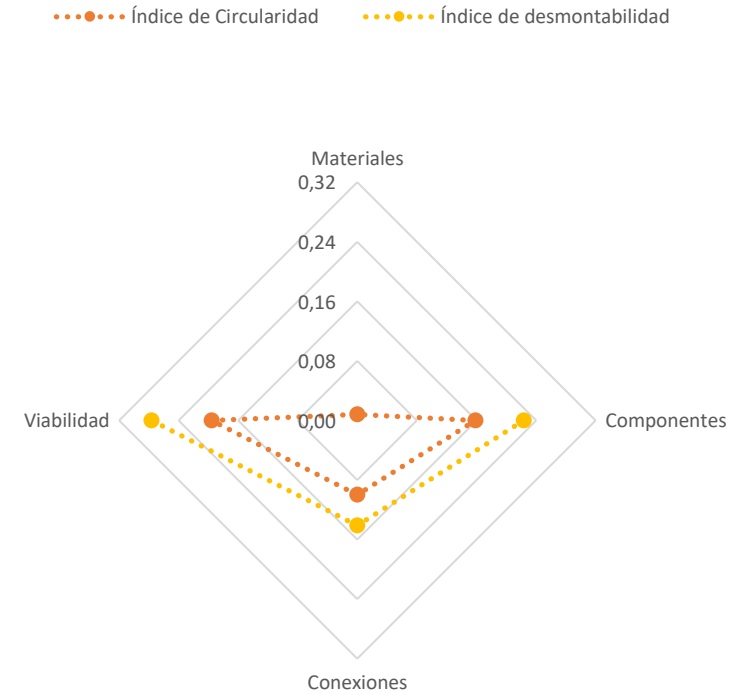


Gráfico 30. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 6B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 16. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble ventilada, código 6C.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	6C		
Tipo de Fábrica:	Doble		
Subtipo:	Fachada ventilada (sistema macho-hembra)		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Panel prefabricado térmico		
H.I.:	-		
R.E.:	Panel de aluminio compuesto		
A.:	-		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	349,66	N° componentes:	4
N° materiales:	6	% reciclabilidad según EPD:	93,84%

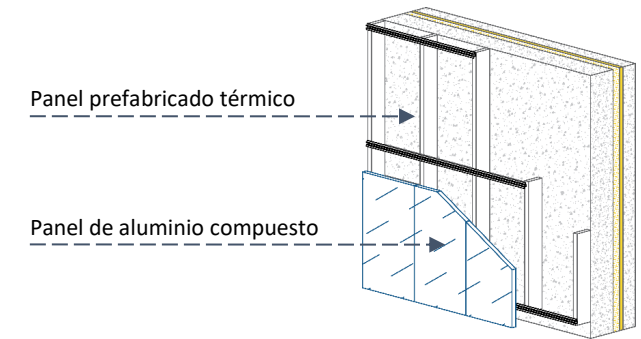


Figura 50. Perspectiva de la fachada 6C.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,9
	2	Variabilidad de materiales	0,7
	3	Utilización de materiales compuestos	0,7
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,5
	6	Tipo de acabado	0,9
COMPONENTES	1	Variabilidad de componentes	0,5
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,3
	3	Etiquetado de componentes	0,9
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,3
	6	Reposición de componentes	0,9

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,9
	2	Composición de la estructura interna	0,7
	3	Variabilidad de conectores	0,7
	4	Utilización de conectores en serie	0,9
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,9
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,9
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,1
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,9
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,1
	7	Ejecución del desmontaje	0,9

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	93,84%	-	-	-	93,84%
Σ Valoraciones	0,59	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,55	-	-	-	0,55

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,57	0,80	0,67	
Índice de desmontabilidad	-	0,20	0,19	0,28	0,66

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,55	0,57	0,80	0,67	
Índice de Circularidad (método propio)	0,16	0,14	0,13	0,20	0,63

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,55	0,66	0,63	0,60

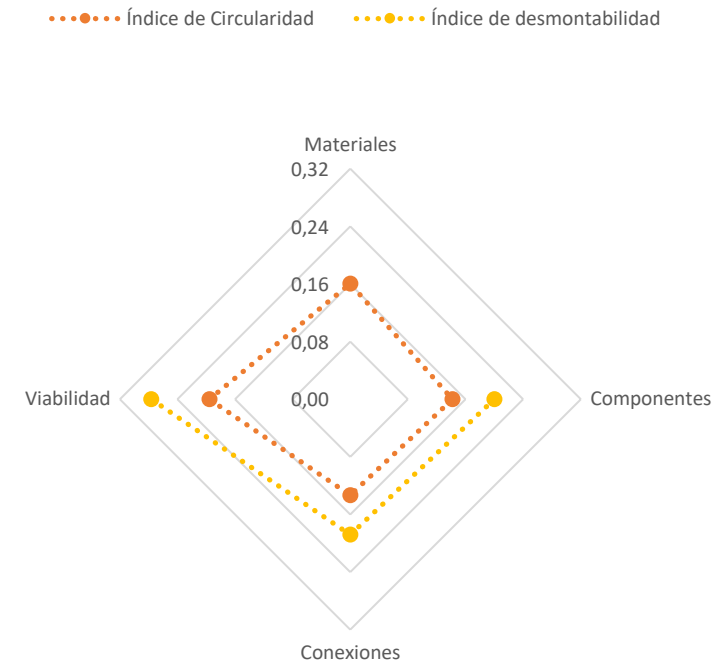


Gráfico 31. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 6C.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 17. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble ligera, código 7A.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	7A		
Tipo de Fábrica:	Doble		
Subtipo:	Fachada ligera		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Perfil metálico		
H.I.:	Placa de Yeso		
R.E.:	Placas de cemento		
A.:	Lana de Roca		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	53,77	N° componentes:	4
N° materiales:	6	% reciclabilidad según EPD:	23,37%

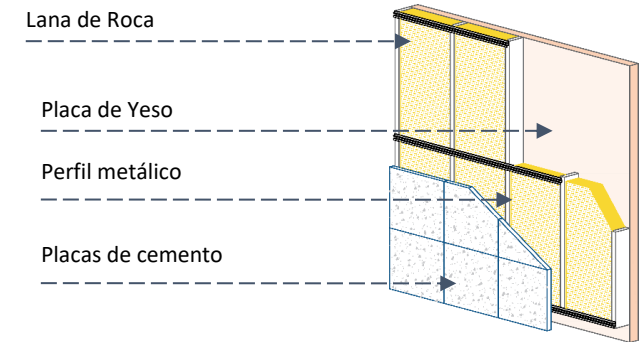


Figura 51. Perspectiva de la fachada 7A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,3
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,3
	2	Variabilidad de materiales	0,7
	3	Utilización de materiales compuestos	0,7
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,7
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,7
	1	Variabilidad de componentes	0,5
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,9
	3	Etiquetado de componentes	0,9
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,7
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,9
	2	Composición de la estructura interna	0,7
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,9
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,7
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,9
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,9
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,5
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,9
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,7

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	23,37%	-	-	-	23,37%
Σ Valoraciones	0,53	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,12	-	-	-	0,12

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,73	0,75	0,76	
Índice de desmontabilidad	-	0,26	0,18	0,31	0,75

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,12	0,73	0,75	0,76	
Índice de Circularidad (método propio)	0,04	0,18	0,13	0,22	0,57

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,12	0,75	0,57	0,49

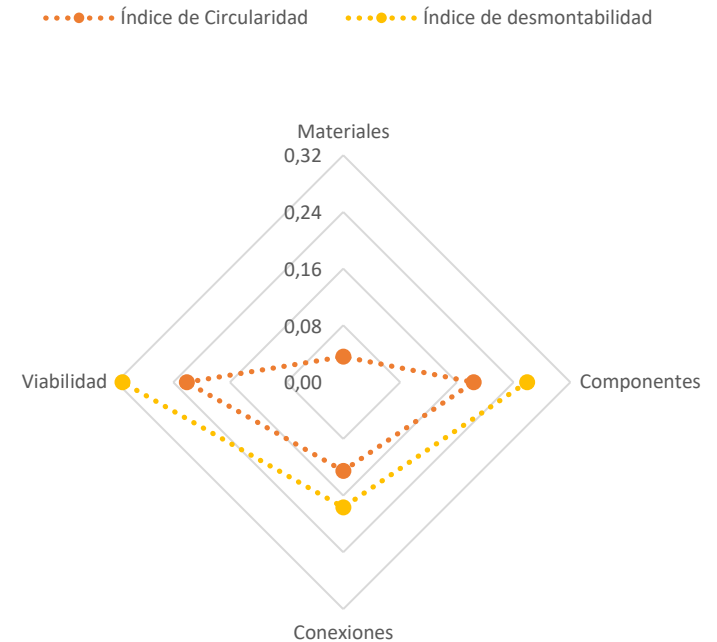


Gráfico 32. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 7A.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 18. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble ligera, código 7B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	7B		
Tipo de Fábrica:	Doble		
Subtipo:	Fachada ligera		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Perfil metálico		
H.I.:	Placa de Yeso		
R.E.:	Baldosa cerámica		
A.:	Lana de Roca		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	46,44	N° componentes:	4
N° materiales:	6	% reciclabilidad según EPD:	27,06%

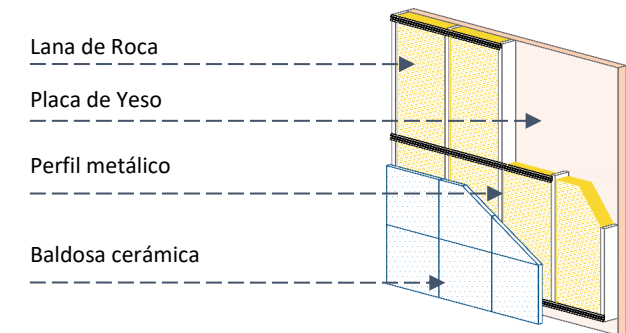


Figura 52. Perspectiva de la fachada 7B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,3
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,3
	2	Variabilidad de materiales	0,7
	3	Utilización de materiales compuestos	0,7
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,7
	6	Tipo de acabado	0,7
COMPONENTES	1	Variabilidad de componentes	0,5
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,9
	3	Etiquetado de componentes	0,9
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,9
	6	Reposición de componentes	0,9

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,9
	2	Composición de la estructura interna	0,7
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,9
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,7
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,9
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,9
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,5
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,9
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,7

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	27,06%	-	-	-	27,06%
Σ Valoraciones	0,53	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,14	-	-	-	0,14

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,77	0,75	0,76	
Índice de desmontabilidad	-	0,27	0,18	0,31	0,76

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,14	0,77	0,75	0,76	
Índice de Circularidad (método propio)	0,04	0,19	0,13	0,22	0,58

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,14	0,76	0,58	0,52

..... Índice de Circularidad Índice de desmontabilidad

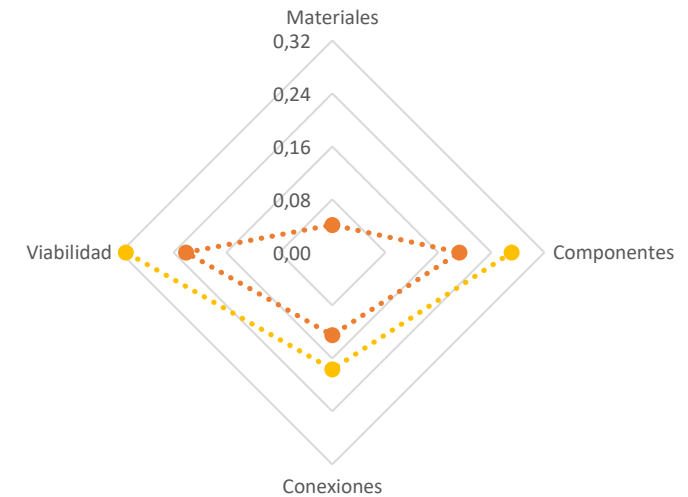


Gráfico 33. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 7B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 19. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble ligera, código 7C.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	7C		
Tipo de Fábrica:	Doble		
Subtipo:	Fachada ligera		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Perfil metálico		
H.I.:	Placa de Yeso		
R.E.:	Panel de aluminio compuesto		
A.:	Lana de Roca		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	39,49	N° componentes:	4
N° materiales:	6	% reciclabilidad según EPD:	32,38%

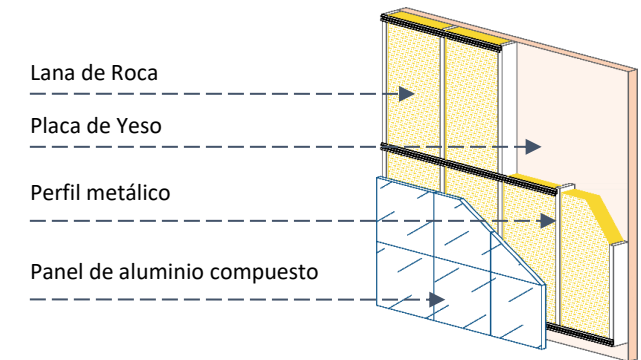


Figura 53. Perspectiva de la fachada 7C.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,3
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,5
	2	Variabilidad de materiales	0,7
	3	Utilización de materiales compuestos	0,5
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,7
	6	Tipo de acabado	0,7
COMPONENTES	1	Variabilidad de componentes	0,5
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,9
	3	Etiquetado de componentes	0,9
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,9
	6	Reposición de componentes	0,9

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,9
	2	Composición de la estructura interna	0,7
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,9
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,7
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,9
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,9
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,5
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,9
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,7

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	32,38%	-	-	-	32,38%
Σ Valoraciones	0,53	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,17	-	-	-	0,17

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,77	0,75	0,76	
Índice de desmontabilidad	-	0,27	0,18	0,31	0,76

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,17	0,77	0,75	0,76	
Índice de Circularidad (método propio)	0,05	0,19	0,13	0,22	0,59

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,17	0,76	0,59	0,57

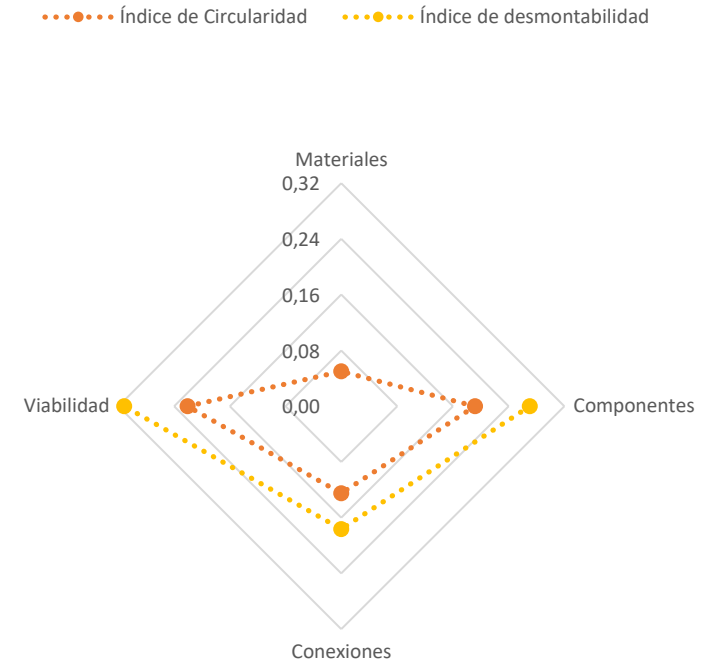


Gráfico 34. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 7C.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 20. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble piel, código 8A.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	8A		
Tipo de Fábrica:	Doble		
Subtipo:	Fachada doble piel		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Vidrio doble		
H.I.:	-		
R.E.:	Vidrio templado		
A.:	-		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	108,43	N° componentes:	5
N° materiales:	9	% reciclabilidad según EPD:	29,53%

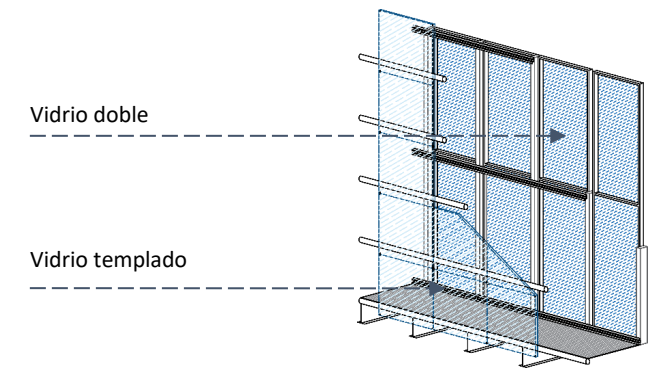


Figura 54. Perspectiva de la fachada 8A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,3
	2	Variabilidad de materiales	0,5
	3	Utilización de materiales compuestos	0,5
	4	Toxicidad de materiales	0,5
	5	Etiquetado de materiales	0,5
	6	Tipo de acabado	0,7
COMPONENTES	1	Variabilidad de componentes	0,3
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,5
	3	Etiquetado de componentes	0,9
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,9
	5	Ligereza de los componentes	0,7
	6	Reposición de componentes	0,9

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,7
	2	Composición de la estructura interna	0,7
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,7
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,7
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,3
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,5
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,5
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,5
	7	Ejecución del desmontaje	0,7

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	29,53%	-	-	-	29,53%
Σ Valoraciones	0,44	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,13	-	-	-	0,13

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,70	0,65	0,59	
Índice de desmontabilidad	-	0,25	0,15	0,24	0,64

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,13	0,70	0,65	0,59	
Índice de Circularidad (método propio)	0,04	0,18	0,11	0,17	0,49

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,13	0,64	0,49	0,52

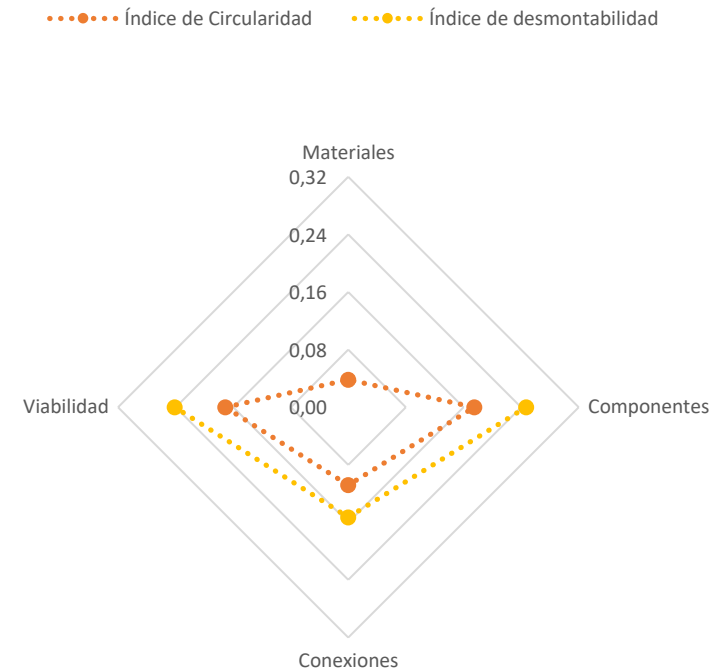


Gráfico 35. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 8A. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 21. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble piel, código 8B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	8B		
Tipo de Fábrica:	Doble		
Subtipo:	Fachada doble piel		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Vidrio doble		
H.I.:	-		
R.E.:	Panel microperforado		
A.:	-		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	72,57	N° componentes:	5
N° materiales:	8	% reciclabilidad según EPD:	25,10%

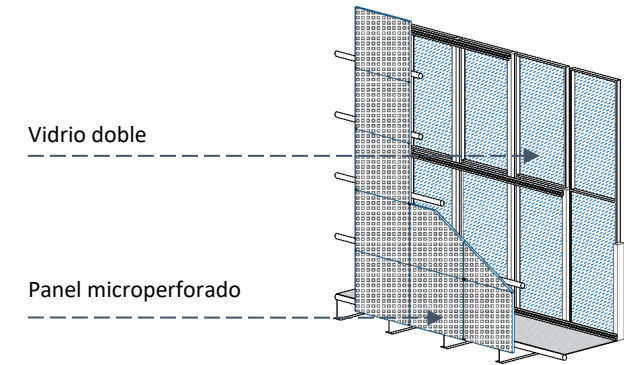


Figura 55. Perspectiva de la fachada 8B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,3
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,3
	2	Variabilidad de materiales	0,5
	3	Utilización de materiales compuestos	0,7
	4	Toxicidad de materiales	0,9
	5	Etiquetado de materiales	0,5
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,7
	1	Variabilidad de componentes	0,3
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,5
	3	Etiquetado de componentes	0,7
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,9
	5	Ligereza de los componentes	0,7
	6	Reposición de componentes	0,9

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,5
	2	Composición de la estructura interna	0,5
	3	Variabilidad de conectores	0,7
	4	Utilización de conectores en serie	0,9
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,9
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,5
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,5
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,5
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,5
	7	Ejecución del desmontaje	0,9

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	25,10%	-	-	-	25,10%
Σ Valoraciones	0,56	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,14	-	-	-	0,14

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,67	0,65	0,67	
Índice de desmontabilidad	-	0,24	0,15	0,28	0,66

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,14	0,67	0,65	0,67	
Índice de Circularidad (método propio)	0,04	0,17	0,11	0,20	0,51

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,14	0,66	0,51	0,32

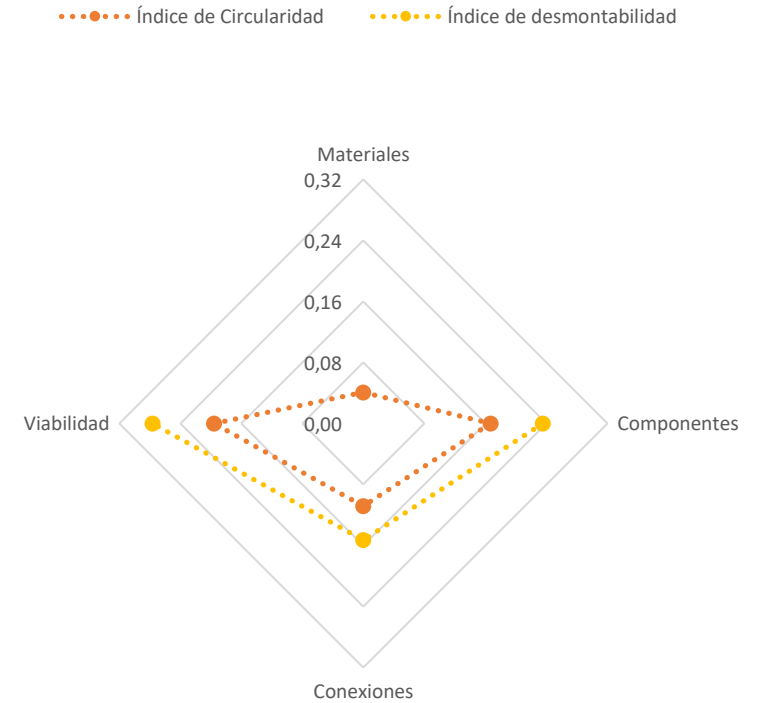


Gráfico 36. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 8B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 22. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble piel, código 8C.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	8C		
Tipo de Fábrica:	Doble		
Subtipo:	Fachada doble piel		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Panel de Yeso + vidrio		
H.I.:	-		
R.E.:	Vidrio templado		
A.:	Lana de roca		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	98,92	N° componentes:	6
N° materiales:	11	% reciclabilidad según EPD:	34,96%

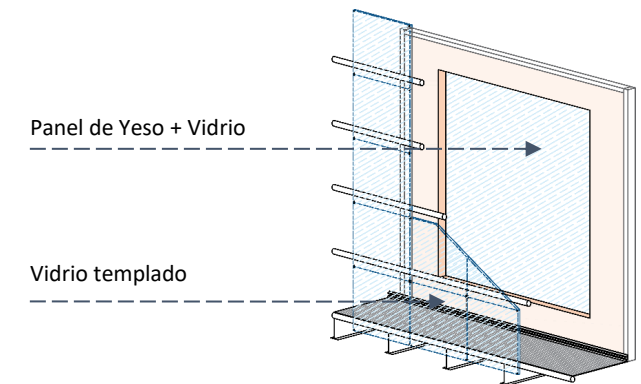


Figura 56. Perspectiva de la fachada 8C.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,3
	2	Variabilidad de materiales	0,3
	3	Utilización de materiales compuestos	0,5
	4	Toxicidad de materiales	0,7
	5	Etiquetado de materiales	0,7
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,7
	1	Variabilidad de componentes	0,1
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,5
	3	Etiquetado de componentes	0,5
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,9
	5	Ligereza de los componentes	0,7
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,7
	2	Composición de la estructura interna	0,7
	3	Variabilidad de conectores	0,5
	4	Utilización de conectores en serie	0,5
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,5
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,5
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,5
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,7
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,5
	7	Ejecución del desmontaje	0,5

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	34,96%	-	-	-	34,96%
Σ Valoraciones	0,47	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,16	-	-	-	0,16

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,60	0,60	0,59	
Índice de desmontabilidad	-	0,21	0,14	0,24	0,59

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,16	0,60	0,60	0,59	
Índice de Circularidad (método propio)	0,05	0,15	0,10	0,17	0,47

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,16	0,59	0,47	0,41

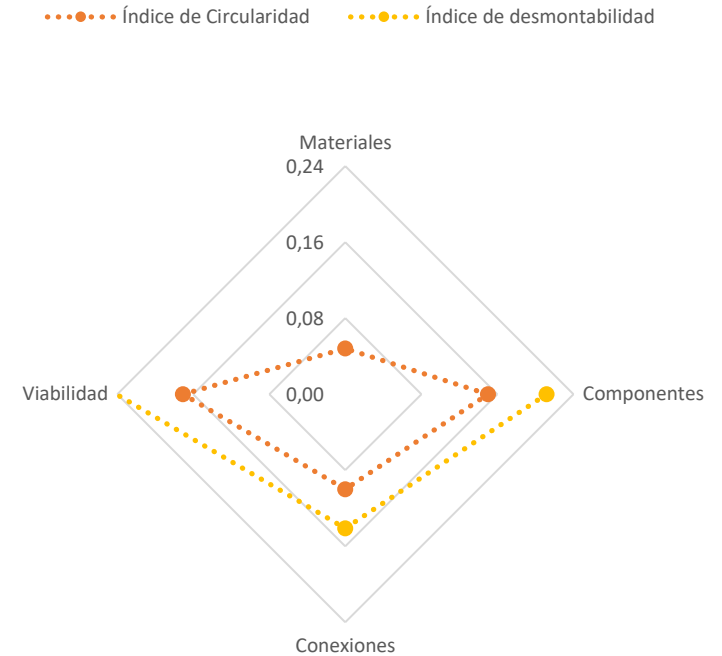


Gráfico 37. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 8C.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.6. Fachada con estructura de esqueleto

Se presentan dos sistemas de fachada Wood Frame, con materiales de revestimiento en tablero de madera (9A) y lamas de fibrocemento (9B), con una composición de sus capas interiores igual para ambos casos.

Estos sistemas de fábricas populares en las ciudades norteamericanas y en países nórdicos, son principalmente utilizados por su condición de ligereza constructiva y eficaz instalación de su estructura. Es un hecho que, la madera estructural tiene un buen comportamiento en el reciclaje durante su fin de vida útil, sin embargo mayor incidencia de masas tendrán los revestimientos exteriores en la unidad de análisis planteada. Además de la preponderancia de masas, el bajo contenido de reciclado o el no contemplar este proceso en la etapa 4 del análisis del ciclo de vida expuestos en las EPD, repercutirá en su proyección de reciclaje. Es importante mencionar la carencia de sustento que caracteriza a estos procesos circulares dentro de las declaraciones ambientales, porque lo consideran como módulo no declarado (MND) y, en efecto, será nulo o cero el % de reciclaje de materiales que no se constata en estos documentos técnicos, desvalorizando inclusive el índice de circularidad final para ambas metodologías.

En consecuencia a esta particularidad de los materiales utilizados en los sistemas Wood Frame, su índice de reciclabilidad es bajo a pesar de que la madera como material primario, es una buena fuente de reciclabilidad.

Posterior a este precedente se explican las gráficas encontradas.

- Gráfico 38 de reciclabilidad: los contenidos de reciclaje según las EPD de la madera y las lamas de fibrocemento, como materiales de revestimiento, es del 43,53% y 0% respectivamente; en

consecuencia, el contenido de reciclaje en 1m² de fachada Wood Frame, (incluidas las especificaciones de los demás materiales) es de 32,48% y 18,29%, según cada configuración de acabado exterior. Es así como, sus índices de reciclabilidad resultantes son 0,15 y 0,09 respectivamente.

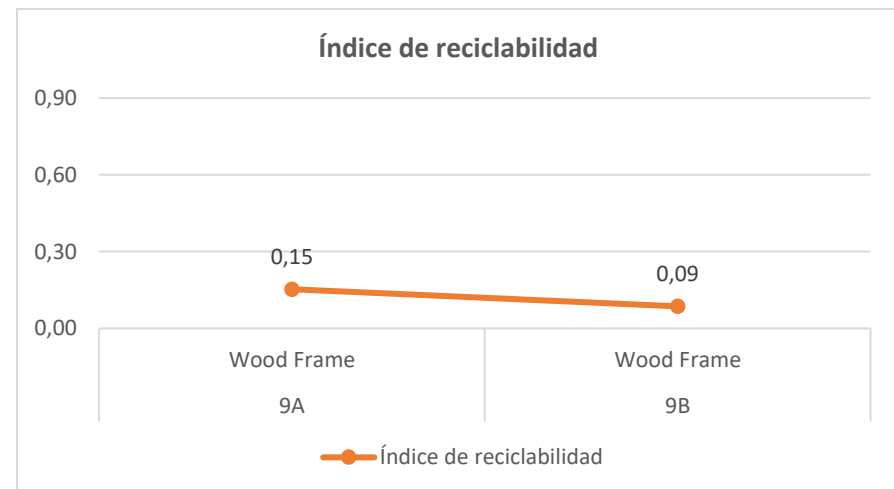


Gráfico 38. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas con estructura de esqueleto.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Gráfico 39 de desmontabilidad: los sistemas Wood Frame son altamente requeridos por su fácil y rápida instalación, por ende, su potencial desmontable se encuentra acorde a esta premisa. Los valores de 0,65 y 0,64 corresponden a los índices de desmontabilidad de los sistemas de fachada con estructura de

esqueleto de configuración de materiales 9A y 9B, similares a los obtenidos en las fábricas autoportantes y a las fachadas ventiladas.



Gráfico 39. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas con estructura de esqueleto.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Gráfico 40 de circularidad: para culminar con el cálculo de los índices, se presentan las diferencias entre los coeficientes de circularidad a partir de las dos metodologías aplicadas. En base a los cálculos de metodología propia, los índices de circularidad son 0,51 y 0,48 que, al seguir con la tendencia decreciente de la metodología de Cottafava D. et al. en los demostradores previos, su disminución

es del 54% y 47% en los sistemas Wood Frame con revestimientos exteriores en madera y fibrocemento, respectivamente. Los coeficientes obtenidos en esta última metodología son de 0,28 y 0,23.

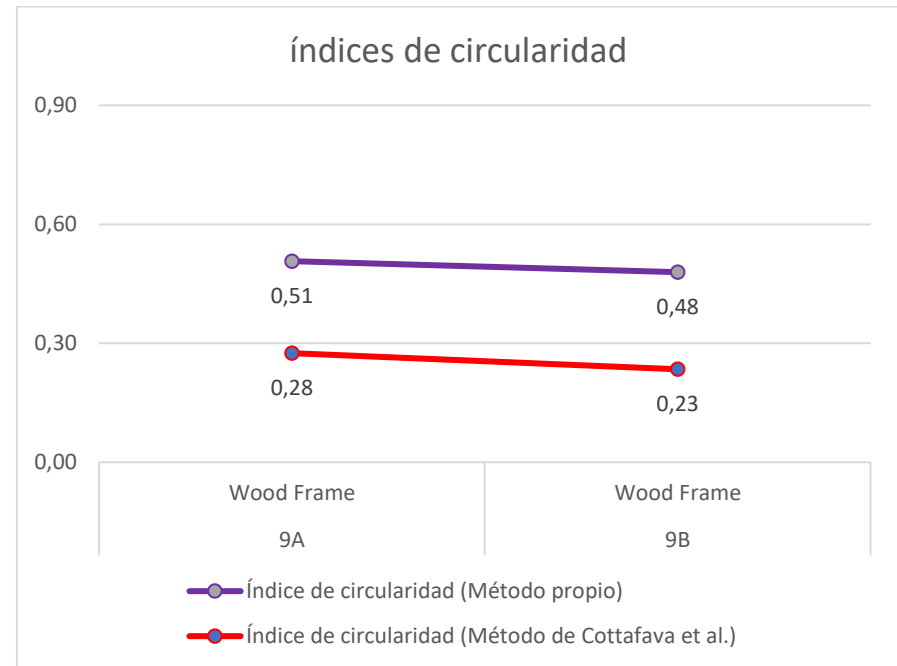


Gráfico 40. Índices de circularidad en sistemas de fachadas con estructura de esqueleto.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 23. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada con estructura de esqueleto, código 9A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	9A		
Tipo de Fábrica:	Con estructura de esqueleto		
Subtipo:	Wood Frame		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Entramado de madera		
H.I.:	Placa de Yeso		
R.E.:	Tablero de madera		
A.:	Fibra de vidrio		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	49,07	N° componentes:	6
N° materiales:	6	% reciclabilidad según EPD:	32,48%

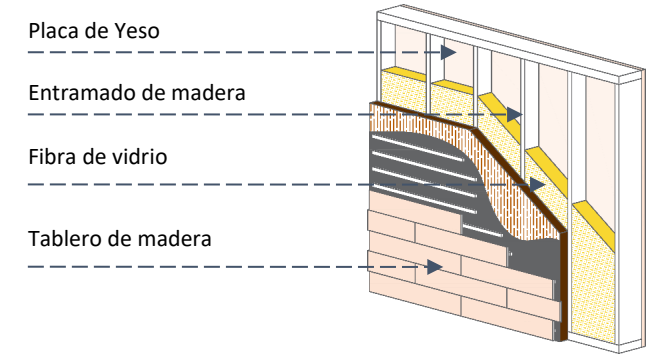


Figura 57. Perspectiva de la fachada 9A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,3
	2	Variabilidad de materiales	0,7
	3	Utilización de materiales compuestos	0,5
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,7
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,7
	1	Variabilidad de componentes	0,1
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,9
	3	Etiquetado de componentes	0,3
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,9
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,5
	2	Composición de la estructura interna	0,7
	3	Variabilidad de conectores	0,9
	4	Utilización de conectores en serie	0,5
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,7
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,3
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,7
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,7
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,9
	7	Ejecución del desmontaje	0,7

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	32,48%	-	-	-	32,48%
Σ Valoraciones	0,47	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,15	-	-	-	0,15

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,60	0,65	0,70	
Índice de desmontabilidad	-	0,21	0,15	0,29	0,65

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,15	0,60	0,65	0,70	
Índice de Circularidad (método propio)	0,04	0,15	0,11	0,20	0,51

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,15	0,65	0,51	0,28

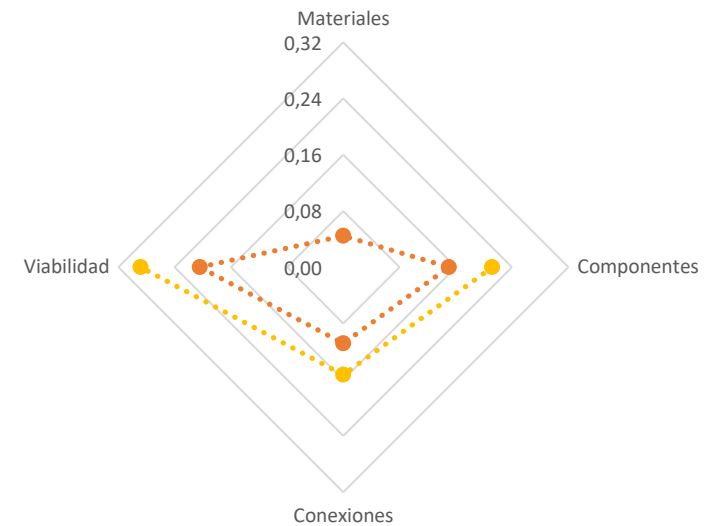


Gráfico 41. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 9A.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 24. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada con estructura de esqueleto, código 9B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	9B		
Tipo de Fábrica:	Con estructura de esqueleto		
Subtipo:	Wood Frame		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Entramado de madera		
H.I.:	Placa de Yeso		
R.E.:	Lamas de fibrocemento		
A.:	Fibra de vidrio		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	53,23	N° componentes:	6
N° materiales:	6	% reciclabilidad según EPD:	18,29%

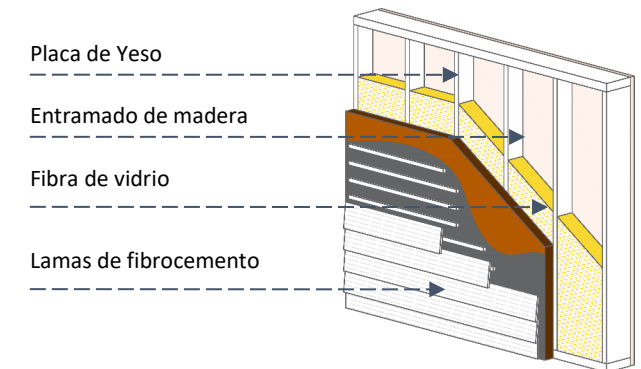


Figura 58. Perspectiva de la fachada 9B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,3
	2	Variabilidad de materiales	0,7
	3	Utilización de materiales compuestos	0,5
	4	Toxicidad de materiales	0,3
	5	Etiquetado de materiales	0,7
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,7
	1	Variabilidad de componentes	0,1
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,9
	3	Etiquetado de componentes	0,3
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,5
	5	Ligereza de los componentes	0,9
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,5
	2	Composición de la estructura interna	0,7
	3	Variabilidad de conectores	0,7
	4	Utilización de conectores en serie	0,5
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,7
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,3
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,7
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,7
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,9
	7	Ejecución del desmontaje	0,7

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	18,29%	-	-	-	28,29%
Σ Valoraciones	0,47	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,09	-	-	-	0,09

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,60	0,60	0,70	
Índice de desmontabilidad	-	0,21	0,14	0,29	0,64

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,09	0,60	0,60	0,70	
Índice de Circularidad (método propio)	0,03	0,15	0,10	0,20	0,48

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,09	0,64	0,48	0,23

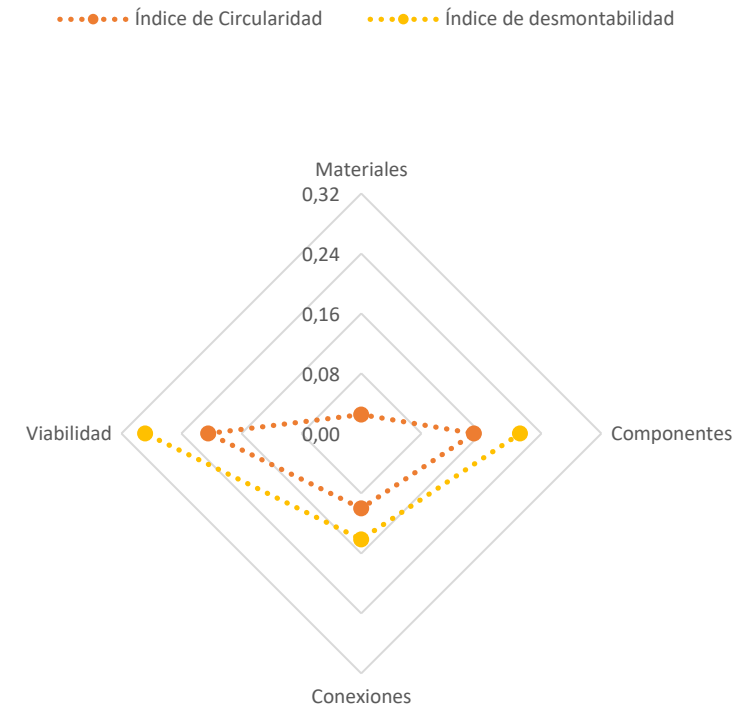


Gráfico 42. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 9B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

5.7. Fachadas autoportantes

Para culminar con el estudio de cuatro grandes grupos de fachadas, las cuales corresponden a macizas, dobles, con estructura de esqueleto y autoportantes, se procede a la explicación de los índices obtenidos en este último tipo, correspondientes a tres subtipos de fábricas aplicadas a esta clasificación.

Las fachadas autoportantes se caracterizan por tener autonomía estructural de su hoja principal, que se encuentra separada de la estructura general de la edificación. Dado su carácter independiente de sujeción, este sistema de fachada crea su propio sistema de arriostramiento entre los materiales opacos y transparentes, de forma que su composición constructiva es autoportante y ajena a cualquier otra carga estructural vertical que incida en la obra general.

Por lo tanto, su autonomía depende del tipo de conexión que se aplique a sus piezas y la forma en la que estas se arriostren a su perímetro interior. Es así como, este tipo de fábrica sea en formato Poste y Viga o tipo Muro Cortina, responden efectivamente a los procesos de desmontabilidad y reciclabilidad de componentes que, inclusive, muestran los coeficientes más altos de los 27 casos presentados. En el siguiente apartado, se explicarán las gráficas comparativas entre fachadas autoportantes que se obtuvieron en los tres índices en cuestión.

- Gráfico 43 de reciclabilidad: según las configuraciones de materiales en las fachadas tipo Poste y Viga de hoja principal metálica (10A) y de hormigón (10B), y del muro cortina (11), se obtienen resultados favorables en sus coeficientes, ya que su contenido de reciclaje en las EPD es del 73%, 87% y 95% respectivamente. En consecuencia, sus índices se encuentran en 0,64 – 0,56 y 0,75 que, junto a la fachada maciza de panel prefabricado con acabado caravista (1C)

forman parte de los sistemas de fachadas en poseer el potencial de reciclado más alto.

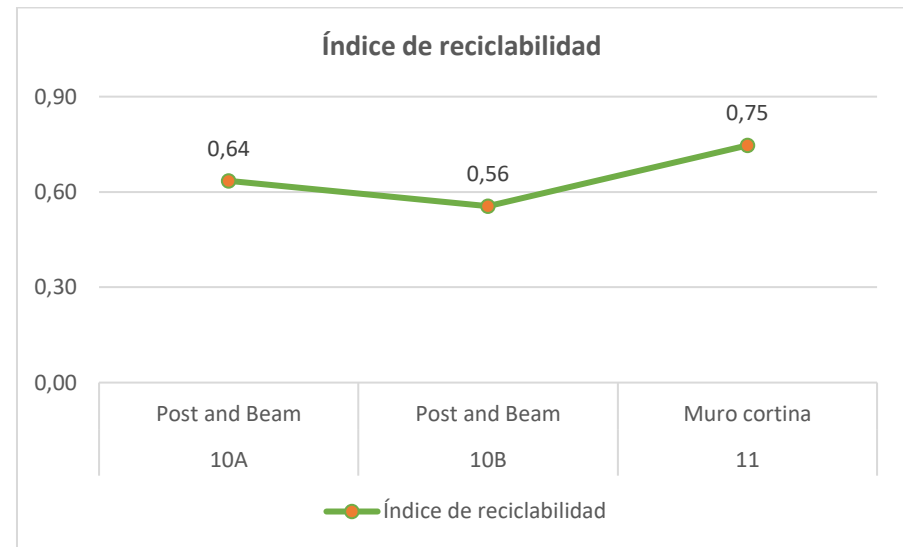


Gráfico 43. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas autoportantes.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Gráfico 44 de desmontabilidad: el muro cortina es el sistema de fachada singular en este proceso de desmantelamiento edificatorio, con un índice de 0,85; por encima de los coeficientes de 0,63 y 0,66 para los sistemas de fachada Poste y viga de hoja principal metálica y de hormigón que, por tener un alto contenido de componentes prefabricados, su incidencia es directamente proporcional a su potencial de desmontabilidad, similar a los presentados en las fachadas de doble piel, ventiladas y con estructura de esqueleto.

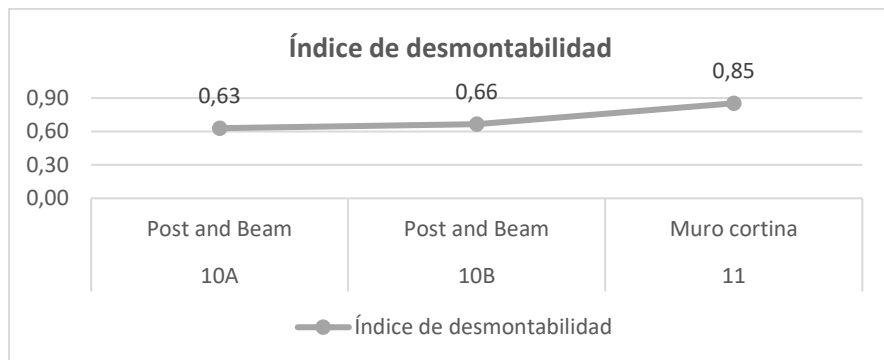


Gráfico 44. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas autoportantes.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

- Gráfico 45 de circularidad: particularmente en las fachadas autoportantes, existen resultados con tendencias opuestas a las reflejadas en los sistemas de fachadas previos. Según el método de cálculo de Cottafava D. et al., los coeficientes de circularidad en los sistemas de poste y viga son de 0,68 y 0,82 para configuraciones de hoja principal metálica y de hormigón, en contraposición a los presentados por metodología propia correspondientes a 0,63 para ambas configuraciones, es decir, corresponden a índices de circularidad menores a los presentados por metodología de cálculo análoga, a pesar de haber mostrado una tendencia opuesta en todos los sistemas anteriormente explicados.

La principal variación se distingue en el sistema de fachada poste y viga de hormigón, cuyo peso de diseño por uniones emperradas, de acceso inmediato, de objetos modulares y cerrada por un lado es el máximo obtenido y, directamente proporcional al índice de circularidad del producto planteado por los autores. De forma que, los pesos de diseño resultan ser las principales variables para el aumento de los coeficientes obtenidos, sin que la masa de material

virgen y de residuos incida a gran escala en el resultado de este sistema de fachada.

Así como estos pesos de diseño pueden incrementar los valores de circularidad de materiales, también pueden disminuirlos en casos como el sistema de poste y viga con hoja principal metálica, donde el tipo de uniones son soldadas y de procesos parcialmente reversibles de desmontabilidad, a pesar de presentar la misma característica constructiva que la de hoja principal de hormigón. He allí la principal causa de variabilidad en la circularidad de estos casos de estudio.

Para el caso de muro cortina, sus índices de 0,82 y 0,81 son constantes en ambas metodologías, lo que representa el mejor sistema de fachada en tener un fin de vida circular de mayor efectividad y mínima generación de residuos.

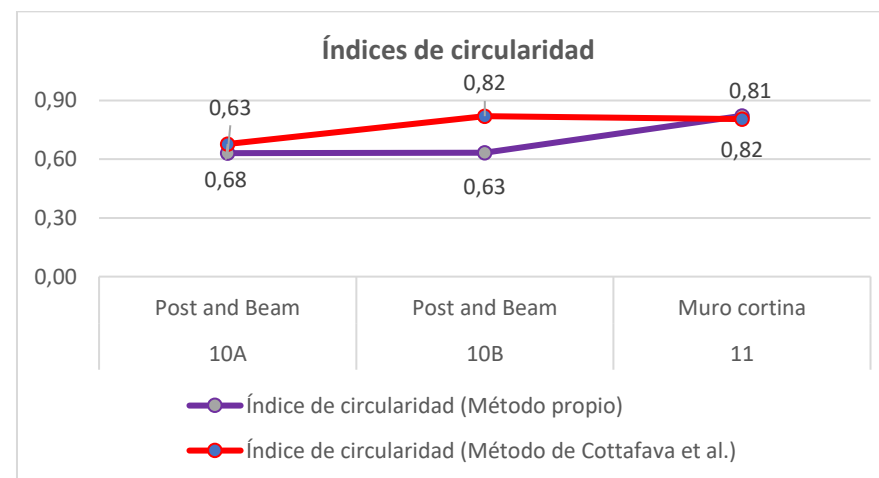


Gráfico 45. Índices de circularidad en sistemas de fachadas autoportantes.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 25. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada autoportante, código 10A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	10A		
Tipo de Fábrica:	Autoportante brutalista		
Subtipo:	Post and beam		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Estructura metálica + vidrio		
H.I.:	-		
R.E.:	Chapa metálica		
A.:	-		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	93,78	N° componentes:	3
N° materiales:	4	% reciclabilidad según EPD:	87,16%

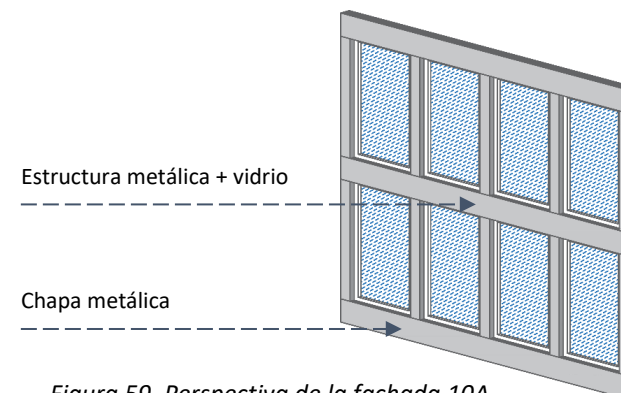


Figura 59. Perspectiva de la fachada 10A.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,3
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,9
	2	Variabilidad de materiales	0,7
	3	Utilización de materiales compuestos	0,7
	4	Toxicidad de materiales	0,9
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,7
	1	Variabilidad de componentes	0,7
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,1
	3	Etiquetado de componentes	0,7
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,9
	5	Ligereza de los componentes	0,7
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,5
	2	Composición de la estructura interna	0,5
	3	Variabilidad de conectores	0,7
	4	Utilización de conectores en serie	0,9
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,7
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,7
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,1
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,5
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,3
	7	Ejecución del desmontaje	0,9

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	87,16%	-	-	-	87,16%
Σ Valoraciones	0,73	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,64	-	-	-	0,64

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,67	0,65	0,59	
Índice de desmontabilidad	-	0,24	0,15	0,24	0,63

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,64	0,67	0,65	0,59	
Índice de Circularidad (método propio)	0,19	0,17	0,11	0,17	0,63

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,64	0,63	0,63	0,68

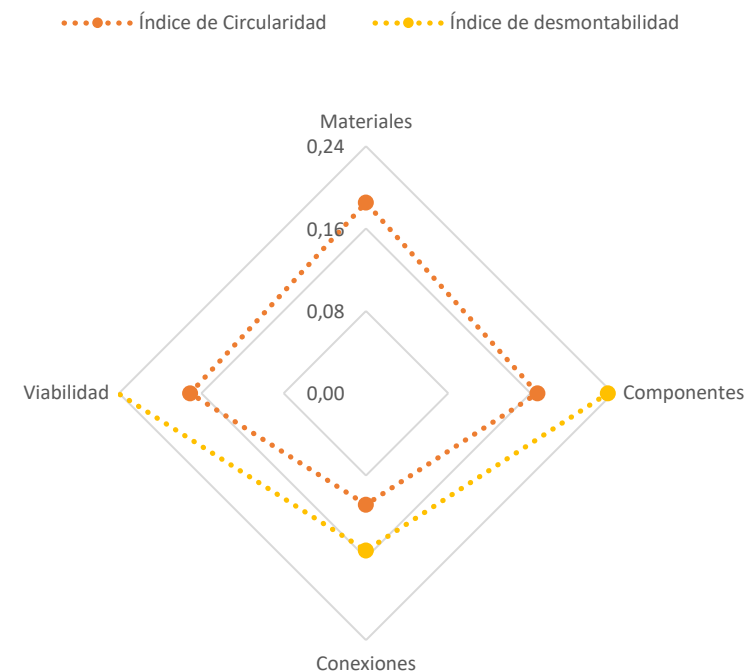


Gráfico 46. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 10A.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 26. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada autoportante, código 10B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	10B		
Tipo de Fábrica:	Autoportante brutalista		
Subtipo:	Post and beam		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Hormigón prefabricado + vidrio		
H.I.:	-		
R.E.:	-		
A.:	-		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	172,47	N° componentes:	2
N° materiales:	2	% reciclabilidad según EPD:	73,33%

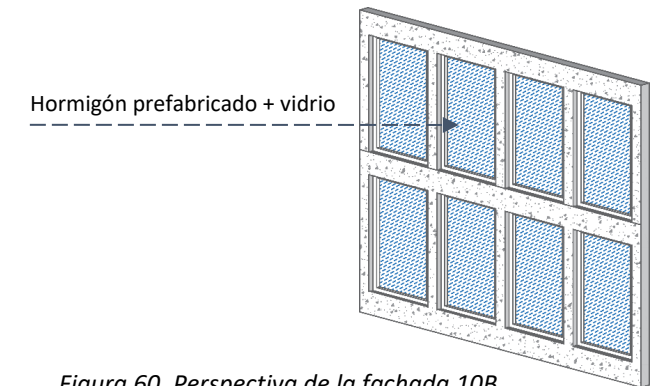


Figura 60. Perspectiva de la fachada 10B.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,9
	2	Variabilidad de materiales	0,9
	3	Utilización de materiales compuestos	0,7
	4	Toxicidad de materiales	0,9
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,9
	1	Variabilidad de componentes	0,9
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,1
	3	Etiquetado de componentes	0,3
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,9
	5	Ligereza de los componentes	0,5
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,5
	2	Composición de la estructura interna	0,9
	3	Variabilidad de conectores	0,9
	4	Utilización de conectores en serie	0,9
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,9
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,9
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,1
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,5
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,3
	7	Ejecución del desmontaje	0,9

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	73,33%	-	-	-	73,33%
Σ Valoraciones	0,76	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,56	-	-	-	0,56

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,60	0,80	0,64	
Índice de desmontabilidad	-	0,21	0,19	0,26	0,66

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,56	0,60	0,80	0,64	
Índice de Circularidad (método propio)	0,16	0,15	0,13	0,19	0,63

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,56	0,66	0,63	0,82

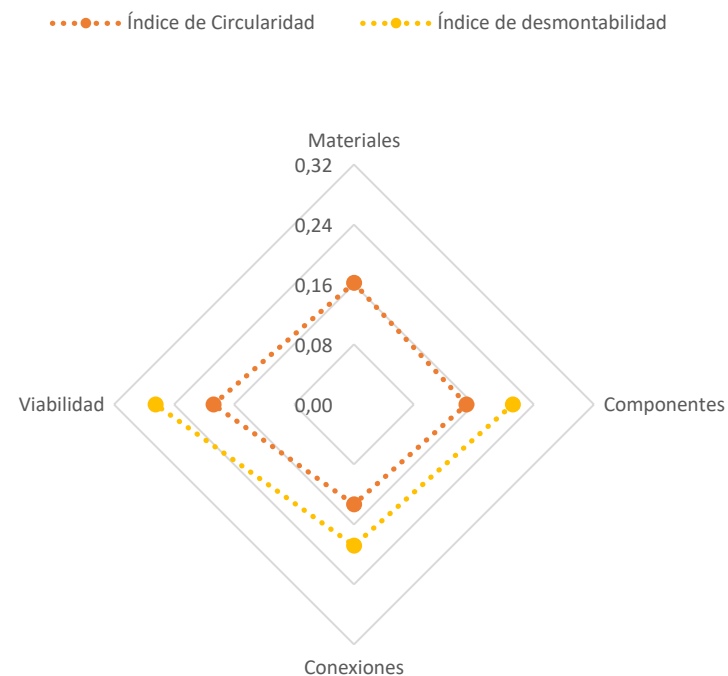


Gráfico 47. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 10B.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

Matriz 27. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Muro cortina, código 11.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA			
Código:	11		
Tipo de Fábrica:	Autoportante		
Subtipo:	Muro cortina		
Unidad de medida (m ²):	1,00		
H.P.:	Vidrio doble		
H.I.:	-		
R.E.:	-		
A.:	-		
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA			
Peso kg/m ² :	30,84	N° componentes:	1
N° materiales:	2	% reciclabilidad según EPD:	95,00%

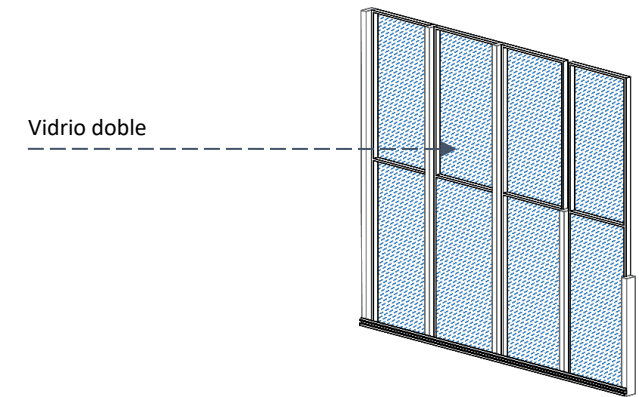


Figura 61. Perspectiva de la fachada 11.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Categoría	N°	Indicador	Valoración
MATERIALES	1A	Utilización de materiales reciclados postconsumo	0,1
	1B	Utilización de materiales reciclables	0,9
	2	Variabilidad de materiales	0,9
	3	Utilización de materiales compuestos	0,9
	4	Toxicidad de materiales	0,9
	5	Etiquetado de materiales	0,9
COMPONENTES	6	Tipo de acabado	0,9
	1	Variabilidad de componentes	0,9
	2	Manipulación de los componentes según tamaño	0,7
	3	Etiquetado de componentes	0,9
	4	Utilización de componentes prefabricados	0,9
	5	Ligereza de los componentes	0,9
6	Reposición de componentes	0,9	

Categoría	N°	Indicador	Valoración
CONEXIONES	1	Tipo de conexión	0,9
	2	Composición de la estructura interna	0,7
	3	Variabilidad de conectores	0,9
	4	Utilización de conectores en serie	0,9
VIABILIDAD	1	Información del diseño constructivo	0,9
	2	Utilización y correspondencia métrica del diseño modular	0,9
	3	Tolerancia frente a correctivos	0,9
	4	Accesibilidad del medio o contexto de desmontabilidad	0,7
	5	Eficiencia del proceso de desmontabilidad	0,9
	6	Especialidad de la tecnología de desmontaje	0,7
	7	Ejecución del desmontaje	0,9

RESULTADOS					
Categoría	Materiales	Componentes	Conexiones	Viabilidad	Total
% Reciclabilidad según EPD	95,00%	-	-	-	95,00%
Σ Valoraciones	0,79	-	-	-	
Índice de reciclabilidad	0,75	-	-	-	0,75

% Incidencia	-	35%	24%	41%	100%
Σ Valoraciones	-	0,87	0,85	0,84	
Índice de desmontabilidad	-	0,31	0,20	0,35	0,85

% Incidencia	29%	25%	17%	29%	100%
Σ Valoraciones	0,75	0,87	0,85	0,84	
Índice de Circularidad (método propio)	0,22	0,22	0,14	0,25	0,82

Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de Circularidad (Método propio)	Índice de Circularidad (Método Cottafava et al.)
0,75	0,85	0,82	0,81

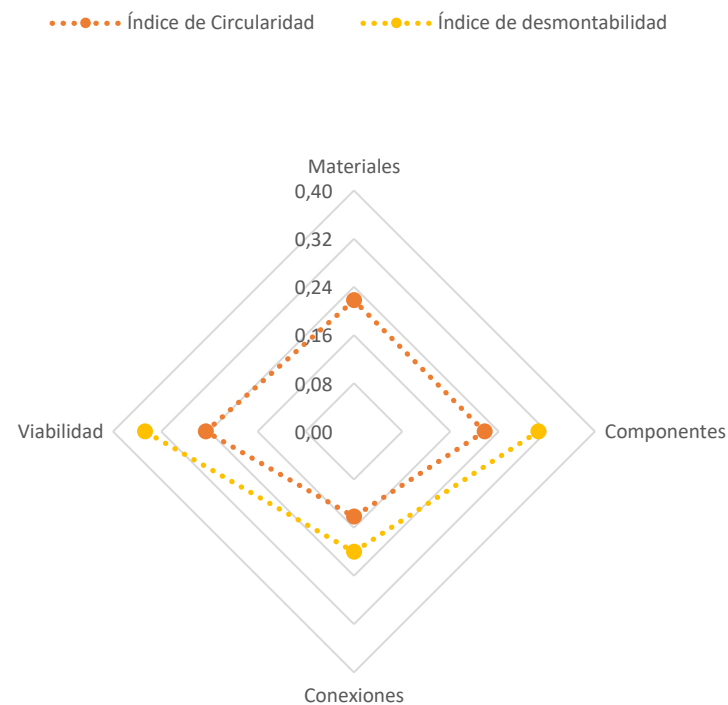


Gráfico 48. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 11. Fuente: Elaboración propia, 2021.

6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En este estudio de índices de circularidad en sistemas de fachadas con configuraciones de materiales diversos, resulta productivo generar análisis comparativos entre la variedad de coeficientes que se han calculado de estos demostradores y tener mayor riqueza en la generación de conclusiones sobre el tema de investigación en cuestión.

De forma que, es recurrente presentar una matriz de los valores obtenidos, en la que inicialmente se muestran los nombres y configuraciones de materiales de las fábricas y, posteriormente se vinculan 6 categorías de resultados respecto a lo siguiente:

- Peso en kg/m^2
- % de reciclabilidad según EPD
- Índices de reciclabilidad
- Índice de desmontabilidad
- Índice de circularidad (Método propio)
- Índice de circularidad (Método de Cottafava D. et al.)

Los valores obtenidos se han configurado según escalas de colores, cuales tonalidades con valores luminosos más próximos al blanco, se asignarán para aquellos pesos, porcentajes o coeficientes más bajos de todo la tabla, a diferencia de las tonalidades más intensas con valores luminosos próximos al negro, que se atribuirán a los pesos, porcentajes o coeficientes más altos de las fábricas en análisis.

Dentro de este apartado, se analizarán las dos primeras columnas de resultados correspondientes a los pesos y % de reciclabilidad según las

declaraciones ambientales del producto EPD de los materiales utilizados para estos sistemas. Para el caso de los diversos índices, éstos serán expuestos y analizados en los próximos tres apartados de este Capítulo 6. Análisis comparativo de los resultados obtenidos.

- Peso en kg/m^2 de fachada: columna de celdas con tonalidad roja. De los 27 sistemas considerados en esta investigación, los pesos obtenidos giran en torno a los $30,84 \text{ kg/m}^2$, como cuantía más baja (Muro cortina), hasta los $426,28 \text{ kg/m}^2$ asignado a la fachada de mayor peso (Fachada maciza con acabado exterior discontinuo de lamas de fibrocemento).

La jerarquización de fachadas, según la relación entre el peso por unidad de análisis, difiere según la cantidad mayor o menor de materiales, componentes y la densidad.

Respecto a la cantidad de materiales que componen una fábrica, se acota que las fachadas autoportantes tipo poste y viga, así como el muro cortina y la fachada maciza caravista de panel prefabricado requieren de una cantidad mínima de materiales, cuya cuantía es de cuatro, dos y cuatro, respectivamente; cabe mencionar que para estos casos se trabaja en su totalidad con materiales o unidades prefabricadas que mantienen un bajo nivel de complejidad en cuanto a sus conexiones y la baja sobrecarga del sistema por la disminución de las diferentes tipologías de materiales. En contraposición, las fachadas más especializadas según la variabilidad de materiales son las tipo SATE y las fachadas de doble piel, cuya composición de capas alberga hasta diez y once materiales por unidad de análisis.

La cantidad de componentes está relacionada al número de capas constructivas que conforman los sistemas de fachadas por lo tanto, su cuantía es directamente proporcional al número mayor o menor de materiales. Dentro de las capas constructivas se han considerado la hoja principal, hoja interior, aislamiento térmico, cámara de aire, revestimiento interior, revestimiento exterior y en segundo orden, también se contemplan capas como estructuras anexas a la principal del edificio pero que forman parte de la autoportabilidad de la fachada, o aislamientos añadidos a una hoja interior compuesta por varios materiales.

Otra variable que incide en el peso en kilogramos por m² de fachada es la densidad de los materiales que, por su alta cuantía forman parte de este grupo el hormigón, el acero, el cemento y las unidades prefabricadas compuestas por estos materiales. El vidrio también tiene una alta densidad, inclusive mayor que la del cemento portland, pero al ser un material de 20 – 44 o 55 mm de espesor, su peso respecto a toda la unidad de análisis es bajo.

Por lo tanto, si se ordenan crecientemente las fachadas por peso tenemos en primer lugar las fachadas tipo muro cortina y las de doble piel, después las fachadas autoportantes tipo poste y viga, las fachadas tipo SATE y, por último, las fachadas macizas caravista, con revestimiento continuo y discontinuo.

- % de Reciclabilidad según EPD: estos porcentajes, como variables dependientes para poder calcular los índices de reciclabilidad establecidos en los sistemas de fábricas, difieren según las diversas configuraciones de sus materiales y especificaciones constatadas en las declaraciones ambientales del producto EPD. Particularmente, los paneles prefabricados en hormigón, el vidrio, la madera y el acero son los materiales con EPD que mejor % de reciclabilidad tienen.

A continuación, se presenta esta matriz comparativa de resultados y, en el siguiente apartado, se introduce el análisis comparativo entre las tres tipologías de índices calculados.

Matriz 28. Matriz comparativa con los coeficientes de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad en 1m² de 27 sistemas de fachadas analizados.

Código	Tipo de Fábrica	Subtipo	H.P.	R.E.	A.	C.	Peso Kg/m ²	% Reciclabilidad según EPD	Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de circularidad (Método propio)	Índice de circularidad (Método de Cottafava et al.)		
1A	Fachada maciza	Fachada acabado caravista	con exterior	Ladrillo cerámico perforado	-		Poliestireno expandido	-	383,74	18,36%	0,09	0,48	0,36	0,16
1B	Fachada maciza	Fachada acabado caravista	con exterior	Bloque de hormigón de áridos densos	-		Poliestireno expandido	-	397,18	34,86%	0,17	0,48	0,39	0,20
1C	Fachada maciza	Fachada acabado caravista	con exterior	Panel prefabricado térmico	-		-	SI	333,35	95,57%	0,70	0,71	0,71	0,49
2A	Fachada maciza	Fachada acabado continuo	con exterior	Ladrillo cerámico perforado	Enlucido de Yeso + Pintura		Poliestireno expandido	-	391,42	18,00%	0,06	0,38	0,29	0,14
2B	Fachada maciza	Fachada acabado continuo	con exterior	Bloque de hormigón de áridos densos	Enlucido de Yeso + Pintura		Poliestireno expandido	-	404,86	34,20%	0,12	0,38	0,31	0,18
2C	Fachada maciza	Fachada acabado continuo	con exterior	Panel prefabricado térmico	Enlucido de Yeso + Pintura		-	SI	341,02	93,42%	0,47	0,50	0,49	0,36
3A	Fachada maciza	Fachada acabado discontinuo	con exterior	Ladrillo cerámico perforado	Azulejos cerámicos pared		Poliestireno expandido	-	417,34	16,88%	0,07	0,46	0,35	0,16

Código	Tipo de Fábrica	Subtipo	H.P.	R.E.	A.	C.	Peso Kg/m ²	% Reciclabilidad según EPD	Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de circularidad (Método propio)	Índice de circularidad (Método de Cottafava et al.)	
3B	Fachada maciza	Fachada con acabado exterior discontinuo	Bloque de hormigón áridos densos	Lamas de fibrocemento	Poliestireno expandido	-	426,28	32,48%	0,14	0,46	0,37	0,20	
3C	Fachada maciza	Fachada con acabado exterior discontinuo	Panel prefabricado térmico	Azulejos cerámicos pared	-	SI	366,95	86,82%	0,53	0,49	0,50	0,40	
4A	Fachada maciza	Fachada SATE con revestimiento continuo	Ladrillo denso perforado	Enlucido de Yeso +Pintura	Lana de Roca	-	239,99	1,56%	0,004	0,37	0,26	0,10	
4B	Fachada maciza	Fachada SATE con revestimiento continuo	Bloque Hormigón Hueco	Enlucido de Yeso +Pintura	Lana de Roca	-	207,05	1,81%	0,005	0,37	0,26	0,10	
5A	Fachada maciza	Fachada SATE con revestimiento discontinuo	Ladrillo cerámico macizo	Baldosas cerámicas	Lana de Roca	-	257,56	1,45%	0,004	0,50	0,36	0,12	
5B	Fachada maciza	Fachada SATE con revestimiento discontinuo	Bloque de hormigón áridos densos	Listones ladrillo	Lana de Roca	-	273,41	1,37%	0,004	0,50	0,36	0,12	
6A	Fachada Doble	Fachada ventilada	Ladrillo denso perforado	Insulated Panels	Steel	Lana de roca	SI	211,12	9,94%	0,05	0,63	0,46	0,30

Código	Tipo de Fábrica	Subtipo	H.P.	R.E.	A.	C.	Peso Kg/m ²	% Reciclabilidad según EPD	Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de circularidad (Método propio)	Índice de circularidad (Método de Cottafava et al.)
6B	Fachada Doble	Fachada ventilada	Bloque hormigón celular	de Baldosa cerámica	Lana de roca	SI	186,80	5,57%	0,03	0,64	0,46	0,28
6C	Fachada Doble	Fachada ventilada	Panel prefabricado térmico	Panel aluminio compuesto	-	SI	349,66	93,84%	0,55	0,66	0,63	0,60
7A	Fachada Doble	Fachada ligera	Perfil metálico	Placas cemento	de Lana de Roca	SI	53,77	23,37%	0,12	0,75	0,57	0,49
7B	Fachada Doble	Fachada ligera	Perfil metálico	Baldosa cerámica	Lana de Roca	SI	46,44	27,06%	0,14	0,76	0,58	0,52
7C	Fachada Doble	Perfil ligera	Perfil metálico	Panel aluminio compuesto	de Lana de Roca	SI	39,49	32,38%	0,17	0,76	0,59	0,57
8A	Fachada Doble	Doble piel	Vidrio doble	Vidrio templado	-	SI	108,43	29,53%	0,13	0,64	0,49	0,52
8B	Fachada Doble	Doble piel	Vidrio doble	Panel microperforado	-	SI	72,57	25,10%	0,14	0,66	0,51	0,32

Código	Tipo de Fábrica	Subtipo	H.P.	R.E.	A.	C.	Peso Kg/m ²	% Reciclabilidad según EPD	Índice de reciclabilidad	Índice de desmontabilidad	Índice de circularidad (Método propio)	Índice de circularidad (Método de Cottafava et al.)
8C	Fachada Doble	Doble piel	Panel de Yeso + vidrio	Vidrio templado	-	SI	98,92	34,96%	0,16	0,59	0,47	0,41
9A	Fachada estructura esqueleto	con de Wood Frame	Entramado madera	de Tablero madera	de Fibra vidrio	de -	49,07	32,48%	0,15	0,65	0,51	0,28
9B	Fachada estructura esqueleto	con de Wood Frame	Entramado madera	de Lamas fibrocemento	de Fibra vidrio	de -	53,23	18,29%	0,09	0,64	0,48	0,23
10A	Fachada autoportante brutalista	Post and Beam	Estructura metálica + vidrio	Chapa metálica	-	-	93,78	87,16%	0,64	0,63	0,63	0,68
10B	Fachada autoportante brutalista	Post and Beam	Hormigón prefabricado vidrio	+ -	-	-	172,47	73,33%	0,56	0,66	0,63	0,82
11	Fachada autoportante	Muro cortina	Vidrio doble	-	-	-	30,84	95,00%	0,75	0,85	0,82	0,81

6.1. Índice de reciclabilidad y Peso en kg/m²

El análisis comparativo inicia con la demostración de los 27 índices de reciclabilidad que poseen las fachadas en estudio, cuya categoría a considerar en las matrices expuestas del capítulo 5. Resultados, es la de *Materiales*.

Estos coeficientes presentan diferentes valoraciones a razón de las especificaciones de los materiales en las EPD, en cuales documentos pueden considerarse o no los kilogramos de reciclaje por unidad de medida, como módulo declarado en el análisis del ciclo de vida del material. En caso de no registrar el contenido de esta variable, su valoración final se verá afectada ante la carencia de sustento técnico. Por ello, es vital diferenciar aquellas ecoetiquetas que declaran este módulo y tener una mayor proximidad a la realidad deconstructiva de nuestro medio. Cabe mencionar que, estas EPD son elaboradas por empresas europeas que respaldan la cantidad de impactos ambientales en estos documentos, por lo tanto, la base de datos instaurada en este estudio se sustenta en las normas ISO.

En breve, se explican las particularidades de estos sistemas y sus índices de reciclabilidad.

- El peso de una fachada no incide directamente en los contenidos de reciclaje; más bien depende del **tipo de material** y su **proporción** mayor o menor dentro de las capas constructivas.
- El Gráfico 49 muestra altas cantidades de masa en los primeros seis subtipos de fábricas, correspondientes a las macizas de diferentes acabados (1, 2 y 3 de configuraciones A, B y C), fachadas tipo SATE (4A, 4B, 5A y 5B) y ventiladas (6A, 6B y 6C). Por su parte, los índices de reciclabilidad en estos sistemas se encuentran por debajo del

coeficiente 0,17 y por encima de 0,005, a excepción de los diferentes subtipos de fachadas macizas y ventiladas con **hoja principal de panel prefabricado** (con contenido de alta reciclabilidad), solución industrializada que incrementa su potencial en 0,70 (fachada caravista), 0,47 (fachada maciza con revestimiento continuo), 0,53 (fachada maciza con revestimiento discontinuo) y 0,55 (fachada ventilada).

- A partir del 7mo y 9no subtipo de fachada analizado, el peso se encuentra en niveles por debajo de los **100 kg/m²**, a diferencia de los subtipos descritos en el anterior ítem, cuyo peso circunda entre los 200 y 450 kg/m². Sin embargo, a pesar de observar un notable decrecimiento de su masa, lo cual beneficia a la respuesta estructural de la edificación en general, los índices de reciclabilidad se encuentran entre 0,17 y 0,09; dentro de este grupo están las **fachadas ligera** (7A, 7B y 7C), **de doble piel** (8A, 8B y 8C) y **con estructura de esqueleto** (9A y 9B). El material en su estructura y revestimiento genera estas diferencias de potencial reciclable, como el vidrio, acero, aluminio y madera.
- Por último, las fachadas autoportantes brutalistas (10A y 10B) y muro cortina (11), constituidas por unidades prefabricadas, alcanzan índices de reciclabilidad de 0,64 (sistema de poste y viga metálico); 0,56 (sistema de poste y viga de concreto) y **0,75 (muro cortina)**. Son las mejores configuraciones de fachadas respecto a esta variable, dentro de las 27 analizadas.
- Los sistemas de fachadas que **menor potencial de reciclaje** tienen son las de **tipo SATE**, en todas sus configuraciones de materiales con coeficientes de 0,004 y 0,005.

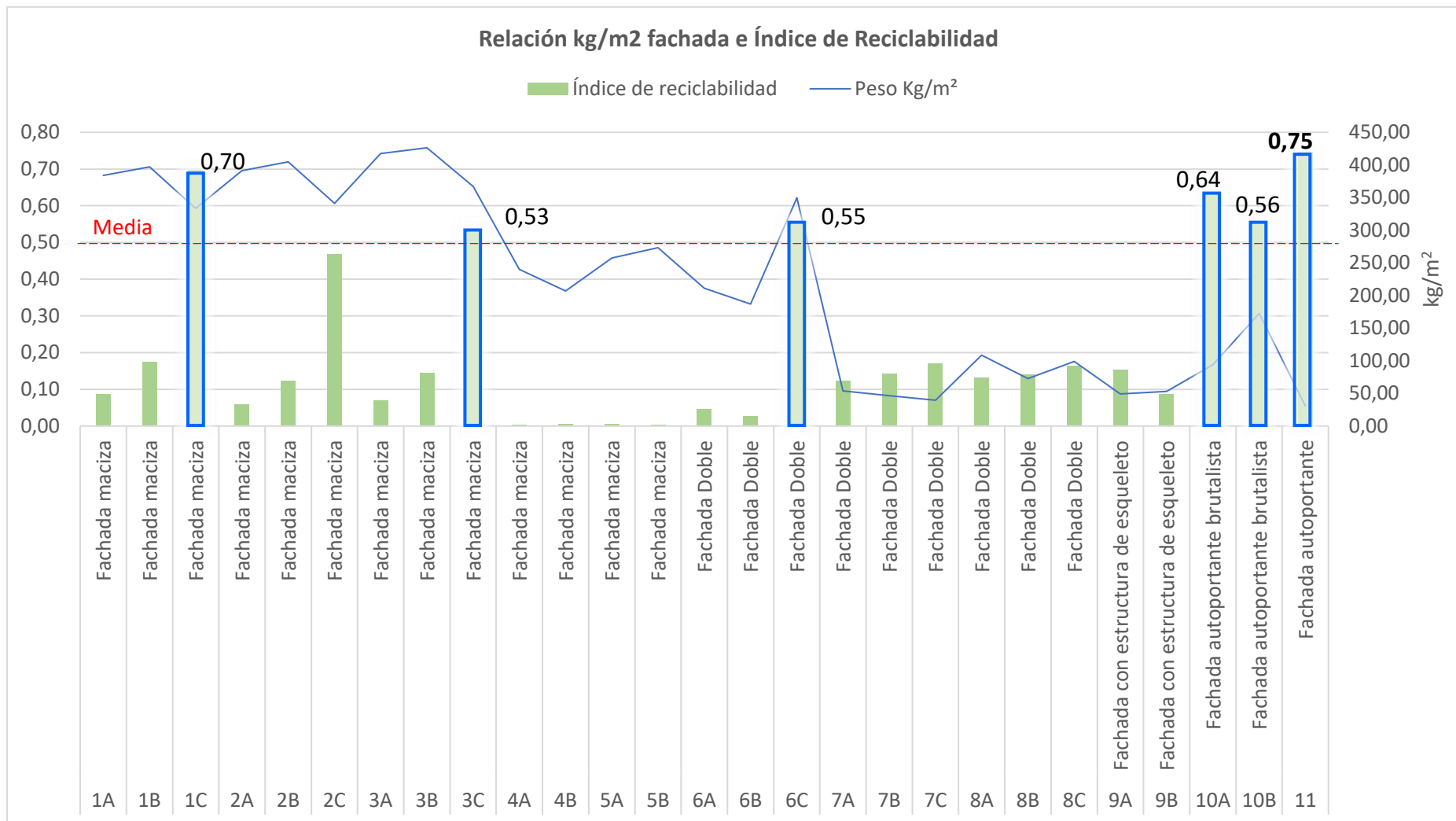


Gráfico 49. Relación kg/m² e índice de Reciclabilidad de los 27 sistemas de fachadas analizados.
 Fuente: Elaboración propia, 2021.

6.2. Índice de desmontabilidad y Peso en kg/m²

Estas son las principales semejanzas y diferencias entre los sistemas de fachadas, según sus índices de desmontabilidad mostrados en el Gráfico 50.

- Los **coeficientes de desmontabilidad más bajos** son los correspondientes a 0,37 y 0,38 en los sistemas de fachada SATE (4A y 4B) y fachada maciza (2A y 2B), ambos con **revestimientos exteriores continuos**.
- Al analizar el mismo sistema de fachada SATE (5A y 5B) pero con revestimiento exterior discontinuo o formado por piezas adheridas a la capa de acabado, como listones de ladrillo o azulejos cerámicos, los coeficientes aumentan a 0,50 (índice medio de desmontabilidad).
- Los sistemas de **fachadas macizas con acabados caravista y discontinuo** (1A, 1B, 3A y 3B) **presentan una ligera mejoría en su potencial de desmontabilidad**, con coeficientes de 0,48 y 0,46 respectivamente, es decir, se evidencia un aumento del 26% y 21% a la misma tipología de fachada maciza pero con acabados diferentes.
- En las **configuraciones de fachadas macizas** con hojas principales en paneles prefabricados (2C y 3C), **de acabados exteriores continuos y discontinuos**, no existe un aumento significativo de su índice de desmontabilidad, al tener conocimiento de que estos tipos de sistemas industrializados presentan mejores técnicas de uniones de

piezas y capas constructivas; esta resultante se origina por la intervención de sus pieles exteriores con materiales que contaminan las superficies y **podrían ocasionar más desperdicios que piezas intactas**. En el caso de la **fábrica maciza caravista de paneles prefabricados** (1C), es el único sistema de fachada que alcanza un **alto índice de desmontabilidad** de 0,71.

- Los sistemas de fachadas dobles (6-8 con configuración de materiales A, B y C), con estructura de esqueleto (9A y 9B) y autoportantes (10A, 10B y 11) se caracterizan por ser **fábricas de uniones y acabados en “seco”**, porque su respuesta ante procesos de desmontabilidad será lo suficientemente alta como para disgregar eficientemente sus capas constructivas, con la menor cantidad de residuos irrecuperables. Los índices de estos tipos de elementos están por encima del coeficiente de 0,59.
- En relación con los tres tipos de fábricas mencionadas en el fragmento anterior, las **fachadas ligeras** (7A, 7B y 7C) y el **muro cortina** (11) son los sistemas que **mejor respuesta de desmantelamiento** tienen, con índices promedio de 0,75 y 0,85 respectivamente. Particularmente, estas unidades presentan altos niveles de fin de vida circular y con pesos inferiores a los 50 kg/m². Así mismo, el tipo de uniones emperradas y la reversibilidad en caso de cambios o reparación antes daños, caracterizan esta variables de estudio.

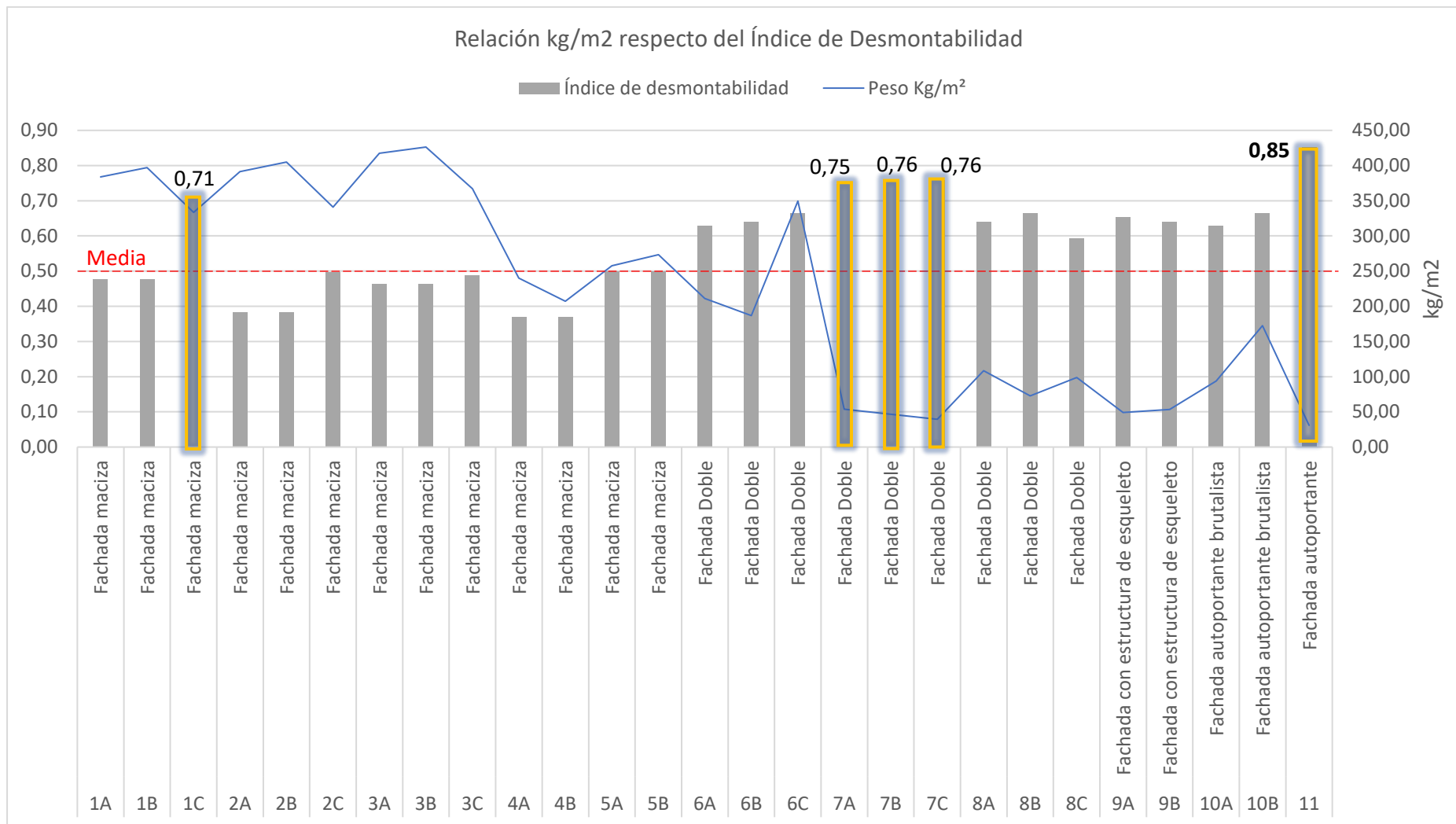


Gráfico 50. Relación kg/m² e índice de Desmontabilidad de los 27 sistemas de fachadas analizados.
 Fuente: Elaboración propia, 2021.

6.3. Índices de circularidad, según metodologías aplicadas

Para culminar con el estudio y análisis del tema propuesto para esta tesina, se exponen las analogías entre metodologías de cálculo del índice de circularidad de los diferentes sistemas de fachada.

- Intervienen un total de 27 indicadores de evaluación en cuatro categorías de estudio.
- El porcentaje de incidencia de la categoría Materiales es del 29%, en contraposición a un 71% de incidencia de las categorías que intervienen en el índice de desmontabilidad.
- Los índices de circularidad, obtenidos bajo metodología propia, serán siempre menores a los índices de desmontabilidad.
- Durante los tres primeros tipos de fábricas, la trayectoria de crecimiento se vuelve constante; es decir, para las configuraciones de materiales en fachadas macizas caravista, con acabado exterior continuo y discontinuo, de hojas principales de ladrillo (1A, 2A, 3A) y bloque de hormigón (1B, 2B, 3B), los coeficientes son de 0,36 - 0,29 - 0,35 y 0,39 - 0,31 - 0,37 respectivamente que, al continuar con esta trayectoria del índice de circularidad de los tres tipos de sistemas con materiales tradicionales hacia los sistemas con hojas principales en paneles prefabricados, los índices repuntan al alcanzar valores de 0,71 – 0,49 - 0,50.

Como también se ponen en valor los índices de circularidad de la metodología de autores Cottafava D. et al., se observa en estos nueve primeros sistemas de fachadas macizas, un decrecimiento de los índices pero su trayectoria se conserva paralela y más próxima al centro, respecto a los valores obtenidos en la metodología propia. Por lo que, para los sistemas de fachada maciza de materiales

tradicionales, los índices de 0,16 hasta 0,20 decrecen en un **42% hasta 56%** y, para los mismos tipos de sistemas pero con materiales industrializados, los índices de circularidad de 0,36 hasta 0,49 decrecen en un 20% hasta 31%, respecto de la metodología antes expuesta.

- Consecuente a los índices de reciclabilidad y desmontabilidad, también se presentan los índices más bajos de circularidad en sistemas de **fachadas SATE** (4A, 4B, 5A, 5B), que se encuentran dentro del rango de 0,26 – 0,36 según el cálculo planteado por metodología propia, en relación con un rango de circularidad de 0,10 – 0,12 calculado por metodología análoga, lo que se traduce en los decrecimientos más prominentes entre metodologías, con porcentajes de disminución del **62% y 67%**.
- A medida que la trayectoria del índice de circularidad de metodología propia pasa de fachadas macizas a fachadas dobles (6-8 con configuración de materiales A-B-C), se diferencian coeficientes próximos al eje medio de 0,50 y 0,60 que, relacionándolo con la metodología de autores, su decrecimiento del **4% hasta 40%** es menor respecto a los casos anteriores. En respuesta, para estos sistemas de fachadas existe en la gran mayoría de coeficientes presentados, valores de 0,46 – 0,63 hacia los 0,28 – 0,60, rango respectivo para cada metodología de cálculo, ya que empiezan a prevalecer los pesos de diseño asignados a los tipos de uniones y conexiones reversibles, de libre accesibilidad y que, sobre todo, la sumatoria de estos pesos dentro de la metodología de cálculo análoga, resulte favorable en sus coeficientes de circularidad.

- Así como los pesos de diseño pueden favorecer en los coeficientes de circularidad en determinados casos, también pueden generar estrictas variaciones acorde al proceso constructivo de una fachada, tal como sucede en los sistemas Wood Frame (9A y 9B) que, a pesar de tener excelentes características en la ligereza de sus componentes, en el aislamiento térmico que aporta a las construcciones y en el contenido de reciclabilidad que puede alcanzar, presentan coeficientes de circularidad según metodología análoga de 0,28 y 0,23 para fachadas con revestimientos en madera y fibrocemento, respectivamente. Estos bajos coeficientes se vieron afectados por un peso promedio de diseño de 0,52 (Ver Anexos de fórmulas de cálculo del índice de circularidad, según método de Cottafava D. y Ritzen M.), ya que por el tipo de conectores como clavos o tornillos, hacen de su instalación y futuro desmantelamiento, un proceso parcialmente irreversible con afección en la capacidad estructural de las piezas de madera.
- En referencia a los índices obtenidos en los sistemas de fachada autoportantes de poste y viga (10A, 10B), la tendencia de decrecimiento en los coeficientes de circularidad de ambas configuraciones de materiales es 100% opuesta a lo observado en la trayectorias de la gráfica, ya que resulta ser el único tipo de fábricas en los que, los coeficientes de circularidad de 0,68 y 0,82 obtenidos por la metodología de autores, es mayor en un 7% y 23% respecto de los coeficientes obtenidos por metodología propia,

correspondientes a 0,63 para ambos sistemas de hoja principal en estructura metálica y de hormigón.

Según las EPD y sus contenidos de reciclaje en torno a los 73,33% y 87,16%, demuestran que tanto los pesos de diseño como los contenidos de reciclaje, inciden en esta variabilidad de cálculo entre metodologías, al recalcar que en ambos existen excelentes índices de circularidad, por debajo de los obtenidos en las fachadas tipo muro cortina. La industrialización de estas fachadas y su característica reversible en uniones y desmontaje, permiten mostrar los índices de circularidad más alejados al eje cero de la gráfica y que, al ser congruentes los resultados en ambas metodologías, se concluye en que estos sistemas constructivos prefabricados, presentan una viabilidad constructiva adaptada a los principios del fin de vida útil de los materiales, con la mínima generación de residuos irre recuperables y con un buen desempeño durante el proceso de desmontabilidad.

- Por último, se muestran los resultados del sistema de fachada tipo muro cortina que, en ambos cálculos, los coeficientes de circularidad son de 0,82 y 0,81, por lo que se considera a este demostrador de estudio como el sistema con mejores resultados en el fin de vida útil circular de sus componentes.

A continuación, se muestra el Gráfico 51, que aborda la comparativa entre índices de circularidad.

Índices de circularidad de metodologías diferentes de cálculo

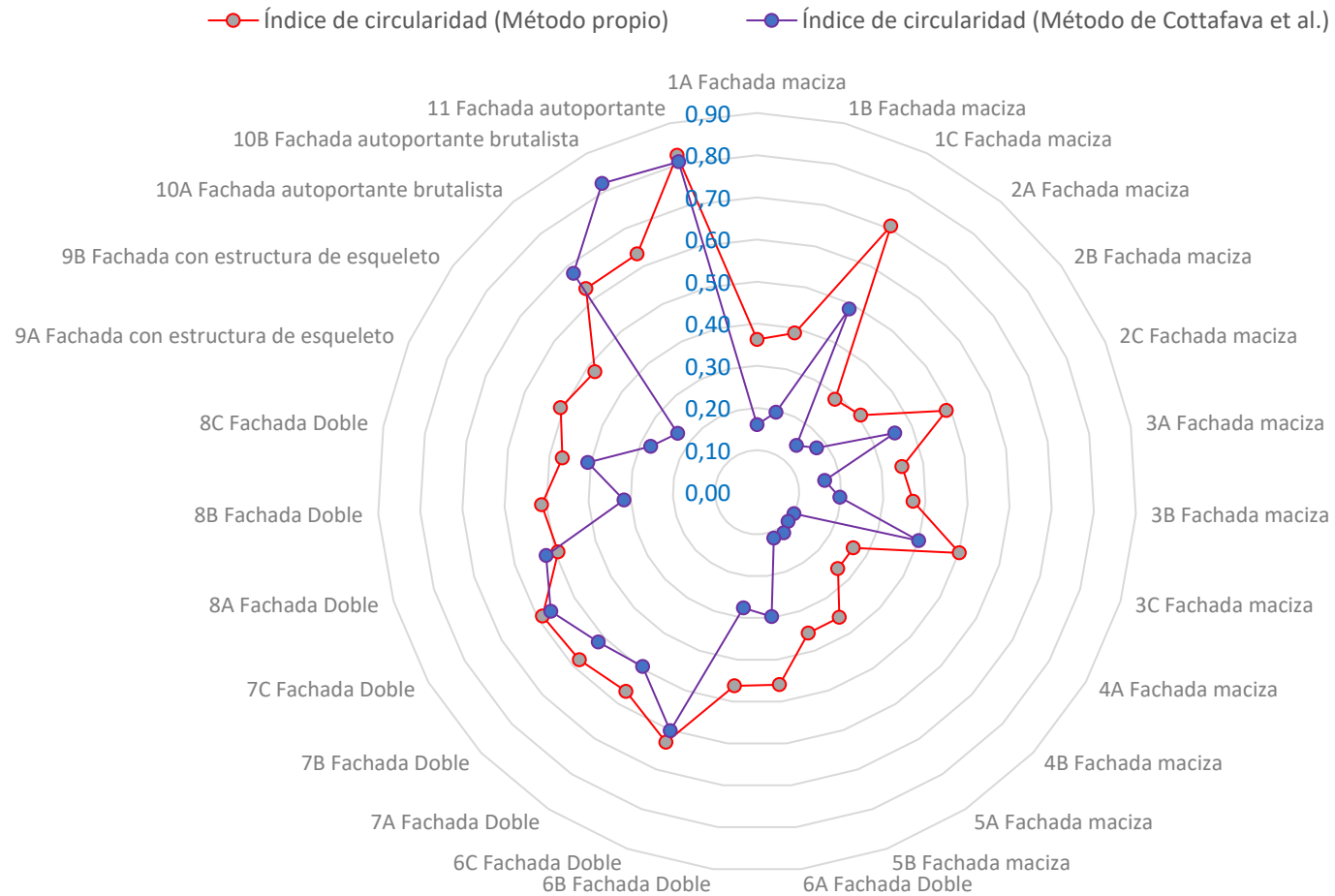


Gráfico 51. Índices de circularidad de metodologías diferentes de cálculo de los 27 sistemas de fachadas analizados. Fuente: Elaboración propia, 2021.

7. CONCLUSIONES

El término de esta investigación se evidencia con la presentación de las conclusiones sobre los potenciales de reciclabilidad y desmontabilidad de 27 sistemas de fachadas, al resolver matrices con 24 indicadores de evaluación clasificados en cuatro categorías de diseño. Así mismo, se adjunta un análisis comparativo entre las metodologías de estudio, propia y la aplicada por los autores Cottafava D. y Ritzen M. en su artículo “Circularity indicator for residential buildings: addressing the gap between embodied impacts and design aspects”, en la búsqueda de los índices de circularidad y sus tendencias de crecimiento y decrecimiento según las variables de estudio y pesos de diseño.

Por lo tanto, las conclusiones se presentan en tres apartados correspondientes a cada tipo de índice calculado, así como la exposición de las futuras líneas de investigación que se sugieren en este documento.

7.1. Conclusiones sobre el potencial de reciclabilidad

- La utilización de ecoetiquetas o declaraciones ambientales del producto EPD, resulta ser fundamental para realizar el cálculo de índices de reciclabilidad, ya que son los únicos documentos técnicos que acreditan, con exactitud, el peso de los materiales, su contenido de reciclado, su porcentaje de reciclabilidad y la cantidad de residuos generados que, posteriormente permiten generar rangos de valoración traducidos en coeficientes promedio de cuantificación de variables de estudio.
- La reciclabilidad de productos es más viable en sistemas industrializados o prefabricados, de manera que la formación de capas constructivas se simplifica por la utilización de uniones

“secas”, reversibles o de inserción entre sus elementos y que, mantiene la integridad de sus superficies para evitar la contaminación entre materiales, generalmente expuesta cuando todos los procesos constructivos se desarrollan in situ.

- Los revestimientos exteriores húmedos, lisos e indivisibles, refiriéndose a los empastes de yeso y pinturas, pueden reducir los índices de reciclabilidad hasta en un 33,00% respecto a otros tipos de acabados en piezas o caravista.
- Cuando las capas constructivas se unen a través de conglomerantes que encapsulan todos los materiales en un solo cuerpo, los índices de reciclabilidad podrían alcanzar coeficientes por debajo del 0,05, ya que al haber tanta contaminación entre materias primas, resulta compleja su separación y, en efecto, será mayor la cuantía de residuos que la recuperación de elementos, como sucede en las fachadas tipo SATE.
- El uso mayoritario de materiales como el vidrio, la madera y el acero genera un potencial de reciclabilidad en sistemas de fachadas ligeras, de doble piel y Wood Frame de 0,12 hasta 0,17 con contenidos de reciclado inferiores a 32,48%, según las EPD.
- A razón del 73,33% hasta el 95,00% de contenido reciclable en materiales, así como la valoración de los siete indicadores de reciclabilidad en la categoría Materiales de la matriz general de estudio, las fachadas autoportantes tipo poste y viga y, muro cortina, son los sistemas que presentan los índices de reciclabilidad más altos de los 27 demostradores evaluados, traducidos en coeficientes dentro del rango de 0,56 -0,75.
- Para conocer realmente el potencial reciclable de los sistemas de fachadas, no solo se deben considerar los contenidos dados por la

EPD, sino que también se debe hacer una minuciosa valoración de la variabilidad, procesamiento y toxicidad de los materiales, ligados a un indicador sustancial: el acabado de las superficies.

7.2. Conclusiones sobre el índice de desmontabilidad

El índice de desmontabilidad, tema de análisis en esta investigación, se obtuvo por medio de la cuantificación de coeficientes asignados a 17 indicadores de diseño para el desmontaje. De forma que, se pueden establecer las siguientes conclusiones respecto a los 11 subtipos de fachadas elegidas para evaluarlas en base a su deconstrucción circular.

- Los sistemas de fachadas macizas y SATE de hojas principales en ladrillo y bloque de hormigón, con revestimientos exteriores continuos y discontinuos, con pesos promedios entre 207,05 y 426,28 kg/m² de superficie, se caracterizan por ser sistemas de manipulación y desmontaje manual tardío, con un promedio del 31,00 al 50,00% de uso de piezas prefabricadas, con procesos químicos de sujeción parcialmente irreversibles y que deterioran en gran medida el material utilizado. Por lo tanto, presentan los coeficientes de desmontabilidad más bajos de todos los sistemas de fachada, dentro del rango de 0,37 y 0,50.
- Respecto a los sistemas de fachadas macizas con hojas principales en paneles prefabricados, su potencial varía dependiendo de su apariencia exterior; en tanto que, si se muestran sistemas industrializados con acabado caravista, su alto índice de desmontabilidad se expresa en un coeficiente de 0,71, que decrece en un 31% cuando sus pieles exteriores son pinturas, piezas cerámicas o baldosas.

- El potencial desmontable en sistemas de fachadas ventiladas, de doble piel, Wood Frame y tipo poste y viga es superior a los obtenidos en los sistemas de fachada maciza, con coeficientes entre 0,59 y 0,66. Estas fábricas características por sus uniones empernadas, soldadas y mediante el uso de clavos, con pieles exteriores separadas de las demás capas constructivas y con procesos de deconstrucción parcialmente reversibles, permiten situar estos demostradores por encima del rango medio de desmontabilidad, respecto a un sistema 100% desmontable.
- Entre menor cuantía de materiales, componentes, conexiones y ligereza de un sistema, mayor viabilidad de desmontaje podrá obtenerse; por lo tanto, las fachadas ligeras y muros cortina resultan ser los casos de estudio con mejores índices de desmontabilidad de 0,75 y 0,85 respectivamente, puesto que se trata de un proceso reversible de instalación de piezas estandarizadas.
- Desde un punto de vista generalizado, los sistemas de fachadas con un mayor porcentaje de piezas prefabricadas, con acabados exteriores en seco y con un tipo de uniones reversibles, presentan los mejores índices de desmontabilidad en el mercado.

7.3. Conclusiones sobre los índices de circularidad

Más allá de plantear valoraciones de circularidad obtenidas bajo dos metodologías de cálculo, que claramente se exponen en el análisis comparativo del apartado 6 de este documento, resulta más beneficioso establecer qué criterios o indicadores influyen sustancialmente en la variación del coeficiente y que, en el 87,5% de los sistemas de fachada este potencial de circularidad sea menor en la metodología de los autores Cottafava D. y Ritzen M (2021) que en la metodología de cálculo propia, no

obstante, sus trayectorias de crecimiento y decrecimiento se mantienen paralelas.

A razón de lo expuesto, es importante señalar que las variables de estudio que particularmente definen un coeficiente más bajo de circularidad en la metodología de autores son los pesos de diseño (también asignados por los autores), la masa del objeto de análisis y la cantidad de residuos irrecuperables generados; y precisamente, estos pesos de diseño valoran la circularidad de una fachada en cuatro aspectos: tipo de conexión, accesibilidad, uniones y tipo de forma del producto. Por lo tanto, existen un total de 6 variables de análisis que supeditan la variabilidad del coeficiente de circularidad; a diferencia de lo planteado en la metodología propia que, a más de considerar estas variables, también se cuantifican los principios de viabilidad del proceso, tipología, cantidad y etiquetado de materiales, composición de los elementos y apariencia del acabado. De forma que, la resultante de esta valoración propia se sustenta en 24 variables de diseño, considerando no solamente la constitución de sus capas y conexiones, sino que todo el contexto en el que se desarrolla la deconstrucción circular y su factibilidad de reciclaje de materiales.

En respuesta a lo presentado en los apartados de conclusiones del índice de reciclabilidad y desmontabilidad, también se concluye en que los sistemas de fachada con mayor potencial de circularidad son los subtipos poste y viga y, muro cortina con coeficientes de 0,63 y 0,82 respectivamente.

7.4. Futuras líneas de investigación

Se recomienda para los futuros temas de investigación o si, particularmente, se desea ampliar el estudio sobre el potencial de circularidad en el sector de la construcción, lo siguiente:

- Aplicar la metodología de cálculo en otros elementos constructivos como forjados, cubiertas, cimentaciones, tabiquerías interiores, aberturas y escaleras, para conocer el índice de reciclabilidad y desmontabilidad de diferentes tipologías en edificaciones completas.
- Desarrollar un manual técnico con medidas e indicaciones sobre cómo llevar a cabo el proceso de desmontabilidad en elementos constructivos de una edificación, a fin de conocer un proceso metódico para separar las capas que lo componen, con el mínimo de desperdicios y con sus propiedades físicas íntegras, en su gran mayoría.
- Generar un listado completo de materiales, en función de su cuantía en kilogramos de masa reciclable y, en paralelo, mostrar su viabilidad económica respecto a los costos de producción, transporte, tiempo de vida y alternativas de productos secundarios que podrían obtenerse de su infraciclado.
- Realizar un estudio comparativo del desgaste energético producido durante la reciclabilidad y la demolición/descomposición de los materiales, a fin de cuantificar el impacto ambiental de procesos cerrados y abiertos en el fin de vida útil.
- Analizar, de forma comparativa, los costos de demolición y desmontabilidad de diversas tipologías de sistemas constructivos,

para definir cuál o cuáles procesos tienen mayor rentabilidad según la relación costo/beneficio.

- Diseñar prototipos industrializados de viviendas por medio de modelado BIM, para registrar su proceso de instalación y futuro desmantelamiento, cuantificando pesos de materiales y cantidad de residuos generados al finalizar su vida útil.

Así mismo, existen ciertas recomendaciones para los fabricantes y entidades de control en temas de circularidad.

- En las declaraciones ambientales del producto EPD, calcular la cuantía de reciclaje en la etapa cuatro del análisis del ciclo de vida, e indicar los kilogramos de masas que se pueden reciclar por unidad de análisis, ya que actualmente, la mayoría de las ecoetiquetas presentan este indicador como un módulo no declarado.
- De igual manera, las Organizaciones mundiales de normalización podrían regularizar la inclusión de etiquetas ambientales visibles en los empaques comerciales de los productos, a fin de mostrar los niveles de reciclabilidad del producto y brindar una noción sobre el nivel de compatibilidad del elemento según su aporte a la reducción o incremento de los impactos ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias bibliográficas

- Abuzied, H., Senbel, H., Awad, M., & Abbas, A. (2019). A review of advances in design for disassembly with active disassembly. *Engineering Science and Technology, JESTECH*, 618-624. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.07.003>
- Banco mundial. (2018). *Los desechos 2.0: Un panorama mundial de la gestión de desechos sólidos hasta 2050*. Washington: Comunicado de Prensa N.º 2018/037/SURR. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Carlisle, S. (2017). Getting Beyond Energy: Environmental Impacts, Building Materials, and Climate Change. En E. b. Columbia University GSAPP, *Embodied Energy and Design. Making Architecture Between Metrics and Narratives* (págs. 165-177). New York, NY: Lars Müller Publishers.
- Código Técnico de la Edificación. (2009). *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*. Recuperado el 09 de 08 de 2021, de https://www.codigotecnico.org/pdf/Programas/CEC/CAT-EC-v06.1_SEPBRE_09_Completo.pdf
- Construcúa. (s.f.). *La construcción circular con Lean2Cradle® Construcúa*. Recuperado el 07 de Octubre de 2021, de <https://www.construcia.com/construccion-circular-lean2cradle/>
- Cottafava, D., & Ritzen, M. (2021). Circularity indicator for residential buildings: Addressing the gap between embodied impacts and design aspects, *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105120>
- Crowther, P. (1999). *Design for Disassembly*. DES 31.
- Crowther, P. (2005). Design for Disassembly - Themes and Principles. *RAIA/BDP Environment Design Guide*, 9.
- Cruz, F., Chong, W., & Grau, D. (2015). Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities. *Procedia Engineering*, 1296-1304. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.485>
- Cutieru, A. (2020). Una guía para proyectos de arquitectura desmontables. *Archdaily*, 1-1.
- Dent, A. (2017). Recycled, reclaimed, waste, and Rapidly Renewable Materials. En e. b. Columbia University GSAPP, *Embodied Energy and Design. Making Architecture between Metrics and Narratives* (págs. 178-195). New York NY: Lars Müller Publishers.
- González Barroso, J. M. (2012). Industrialización y Sostenibilidad en la Tecnología de la Arquitectura. En R. I.-M. Hernández_Minguillón,

- Arquitectura Ecoeficiente* (págs. Tomo 1. 250-264). San Sebastián, España: Servicio Editorial de la UPV/ EHU.
- González Barroso, J., Estruga Rey, A., & Martín Goñi, P. (2014). El 'Diseño para la desconstrucción', una metodología Lean. *5th european conference on energy efficiency and sustainability in architecture and planning*, (págs. 108-116). doi:<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1442.6721>
- Guy, B., & Ciarimboli, N. (2005). *Design for Disassembly in the built environment: a guide to closed-loop design and building*. Seattle: Hamer Center for Community Design, The Pennsylvania State University. Obtenido de <https://www.lifecyclebuilding.org/docs/DfDseattle.pdf>
- Herzog, T., Krippner, R., & Lang, W. (2004). *Facade Construction Manual*. Munich: Birkhäuser – Publisher for Architecture.
- Hillebrandt, A., Riegler-Floors, P., Rosen, A., & Katharina Seggewies, J. (2019). *Manual of Recycling*. Berlín: Detail.
- Louvelia. (2021). *Fachadas ventiladas o SATE; ¿que sistema elegir para la rehabilitación?* Obtenido de <https://www.louvelia.com/fachadas-ventiladas-o-sate-que-sistema-elegir-para-la-rehabilitacion/>
- McDonough, W., & Braungart, M. (2005). *Cradle to Cradle*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Naciones Unidas. (2021). *Datos y cifras*. Obtenido de <https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures>
- Plastics Technology México. (15 de Junio de 2018). *Hablemos de plásticos: contenido reciclado postconsumo*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2021, de <https://www.pt-mexico.com/noticias/post/hablemos-de-plsticos-contenido-reciclado-postconsumo>
- Quéré, C. L. (2016). *Global Carbon Budget: Data*. Earth Systems Science Data. Obtenido de <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>
- Smith, P. (2014). "Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)" in *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Working Group III Contribution to the Fifth IPCC Assessment Report*. Cambridge: Cambridge UK: Cambridge University Press.
- Zamora i Mestre, J. L. (2012). Materiales Edificatorios en una Construcción Industrializada Ecológica. En R. I.-M. Hernández_Minguillón, *Arquitectura Ecoeficiente* (págs. Tomo 1. 224-246). San Sebastián, España: Servicio Editorial de la UPV/EHU. doi:<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1442.6721>
- Zamora i Mestre, J.-L., & Calderón, J. (2005). *Diseño de Fachadas ligeras. Manual de introducción al proyecto arquitectónico*. Barcelona: HYDRO. Obtenido de https://itec.es/servicios/librospdf/pdfs/Dise%C3%B1o%20de%20fachadas%20ligeras.%20Manual%20de%20introducci%C3%B3n%20al%20proyecto%20arquitect%C3%B3nico_2005.pdf

Ecoetiquetas/Fichas técnicas

MATERIALES	ENLACE DE DESCARGA
Alcotek® F 4x0,4	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/40eda78d-5121-4de3-907f-347435357d0e/Data
Aluminum profiles produced by Hydro Extrusion Spain S.A.U. Navarra	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/a03b0fa5-342c-4909-8140-08d8e2c71993/Data
Anclaje tipo araña	https://www.empresascarbone.com/pdf/spider s.pdf
Average Concrete Cellular Block 45x20x10	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/b2e43311-f1ae-43d7-0317-08d8f01e26c9/Data
Bloque Arliblock® Multicámara 15 15	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/d66ad3db-d66a-44fd-478e-08d965feca37/Data
Cable de acero con alma de acero 6 X 19	https://dogotuls.com.mx/media/Fichastec/CABL E-FIT-WEB.pdf
Ceramapanel	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/353716a9-d2e5-4b2a-8229-08d941d5f1c9/Data
CLIMATOP 4-16-4-16-4	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/1d515a64-80d4-4d7d-dc9e-08d8cc05cd71/Data
Contraflam structure	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/d441db6e-a18a-4ad1-664e-08d8f3374fee/Data

MATERIALES	ENLACE DE DESCARGA
Duferco.Travi UC Universal Columns	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/625a0b34-9502-4013-3bb7-08d8f285ad71/Data
Duferco. HE 300 A 290 300	https://www.dufercotp.com/wp-content/uploads/2021/03/Travi-UC.pdf
Dulux enviro2 Paints 59L84179	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/669790d6-27f4-4c21-823c-08d941d5f1c9/Data
Dulux Professional® Total Prep	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/1897d93d-1c08-4fae-80de-08d941d5f1c9/Data
E-Fibreglass mesh	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/0ef59174-5d9b-4f7f-9257-2b55c4035b21/Data
Emfimastic PS Coltuile 290 ml Cartridge	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/3f0379e8-0709-40dd-9864-8fbe1349782b/Data
Espiga de Golpeo	https://isolana.es/documentos/tarifa/Tarifa-Isolana-Cap4.pdf https://baumit.es/files/es/pdf_files/pdbl_baumit_espiga_de_golpeo_n_1703.pdf
EUMEPS - Expanded Polystyrene (EPS) Foam Insulation	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/e23566c3-d810-40a5-3d67-08d91ff9d553/Data
Fiberglass. Frescasa eco foil	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/95680bbc-4798-41e0-410a-08d92a4c0fd0/Data

MATERIALES	ENLACE DE DESCARGA
Flat Sheet in fiber cement	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/e8f8b67b-d1ca-4105-9af0-8674e3e1b20b/Data
HPL boards with natural wood finish ProdEX IGN	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/1be70b9d-f646-4779-3fd9-08d92a4c0fd0/Data
Ladrillo denso perforado	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/5d606594-ab43-4355-f532-08d93f6df637/Data
Ladrillo refractario de cerámica 11x3x22	https://www.leroymerlin.es/fp/10394482/ladrillo-refractario-de-ceramica-11x3x22-cm
Láminas Flexibles para Impermeabilización	https://www.dupont.es/content/dam/dupont/amer/us/en/performance-building-solutions/public/documents/es/1060B_20191216_Espa_a_Espa_ol.pdf
LT2062Z4530 20x62 mm de acero	http://rmig.com/files/rmig/pdf/es/rm_pattern_es_204print.pdf
Mineral adhesives for ceramic tiles and natural stone	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/de1883d8-263c-4b20-89ba-dc0001f6c9b0/Data
Oriented strand board (OSB)	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/5d5fa8d3-2dff-4a52-a983-3a82361d3f11/Data
Perfil U con calidad de acero estándar S235J2C+N	https://www.ssab.es/products/steel-categories/open-sections/products/ssab-cold-formed-u-section
Pieza "P" de arcilla cocida	https://ceramicasampedro-9189.kxcdn.com/wp-

MATERIALES	ENLACE DE DESCARGA
	content/uploads/2017/07/DAP_GlobalEPD_Ladri llos_y_bloques_cer%C3%A1micos_para_revesti r.pdf
Placa de Yeso Laminado HABITO® 15	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/4605c268-12bd-4bde-9747-21e5a023874f/Data
Porcelain stoneware slabs for interior and exterior Walls	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/6973e624-854c-4191-4eb7-08d900a54cf5/Data
Portland Cement (CEM I 42.5R and CEM I 52.5N)	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/1897d93d-1c08-4fae-80de-08d941d5f1c9/Data
Precast concrete from INHUS Prefab	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/ae8ec3b7-c1fe-4646-3d91-08d91ff9d553/Data
Rendering and plastering mortars	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/6a87d010-c48d-413d-8042-08d8e2c71993/Data https://www.beissier.es/media/documents/fich as_t_cnicas/FT_MORTERO_BASE_LIGERO_BME _12007_2019.12.18.pdf
Rigiprofil ULTRA Metal Profile	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/86bc8513-3891-4ff6-877d-7d74f4ccea37/Data
Rock Mineral Wool	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/15dfec7f-c4a4-41f8-9fb8-08d8f8b9d146/Data

MATERIALES	ENLACE DE DESCARGA
Rundstång S235JR 15 mm	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/409e111a-d6da-4faa-efd7-08d966bc9806/Data
Saray A2 Mineral Filled Panel	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/2ba33e00-b335-486f-b027-196ee4224ac6/Data
Sellaceys, sellador adhesivo para unión de vidrios	https://mundoceys.com/storage/app/media/fic has_tecnicas/505544-505545-ht-sellaceys-ventanas-rv01.pdf
Siding MH Fijación oculta	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/a914ed52-635e-4a76-6f03-08d8c29f7f81/Data
Sistema de techos metálicos de aluminio perforado	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/5e9ec48d-6e6d-4431-b5eb-a312ecbcb6bf/Data
Superbrick 24x11,5x5cm	https://www.malpesa.es/producto/klinker-granada/
Swedish sawn and planed wood product 2x3"	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/8ef05152-0174-4b7f-4141-08d92a4c0fd0/Data
Ternium Multymuro 1,5"	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/92baf60a-1c36-42c7-bde5-269b9adfce2d/Data
Thermal Precast Wall	https://fehrgroup.com/static/b329cee21897671 ddac721d82f29b7e9/FEHR-Precast-wall.pdf
Tubo estructural en calidad S-355	https://www.cdl.es/productos-servicios/tubo-estructural/

MATERIALES	ENLACE DE DESCARGA
Uso de refuerzo STB-T-SZ. Stacbond	https://www.stacbond.com/wp-content/uploads/2019/10/w_STB-T-SZ.pdf
Ventana de aluminio AEA	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/ebf8ee4d-473d-4ae3-8bf0-b7960c8467f3/Data
Viga IPE, Metaza	https://metaza.com.co/wp-content/uploads/2017/10/Ficha-t%C3%A9cnica-Vigas-IPE-HEA-WF.pdf
Wall title from Vitra Karo 75x150cm	https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLi brary/Files/92baf60a-1c36-42c7-bde5-269b9adfce2d/Data

ÍNDICES COMPLEMENTARIOS

Índice de Figuras

<i>Figura 1. Certificaciones ambientales a) BREEAM, b) LEED y c) EPD.</i>	15
<i>Figura 2. Materiales obtenidos de residuos. a) Termacork b) Starsilent.</i>	18
<i>Figura 3. Materiales obtenidos de residuos. a) Eco-Stone b) Reclaimed Lumber.</i>	18
<i>Figura 4. Composición de una fachada.</i>	19
<i>Figura 5. Estructura interna continua de una fachada.</i>	20
<i>Figura 6. Estructura interna con contenido de aire de una fachada.</i>	20
<i>Figura 7. Estructura con capas entrelazadas de una fachada.</i>	20
<i>Figura 8. Estructura con enlace material por capas de una fachada.</i>	21
<i>Figura 9. Estructura tipo sándwich de una fachada.</i>	21
<i>Figura 10. Estructura de tablonos con nervaduras de una fachada.</i>	21
<i>Figura 11. Estructura tipo perfil de una fachada.</i>	21
<i>Figura 12. Tipo de fachadas según su composición. a) Maciza, b) Doble, c) Estructura de esqueleto, d) Autoportante.</i>	22
<i>Figura 13. Fachadas macizas caravista.</i>	23
<i>Figura 14. Fachadas macizas con acabado exterior continuo.</i>	23
<i>Figura 15. Fachadas macizas con acabado exterior discontinuo.</i>	24
<i>Figura 16. Fachadas macizas tipo SATE.</i>	24
<i>Figura 17. Fachadas dobles ventilada.</i>	25
<i>Figura 18. Fachadas dobles ligeras.</i>	25
<i>Figura 19. Fachadas de doble piel.</i>	25
<i>Figura 20. Fachadas Wood Frame.</i>	26
<i>Figura 21. Fachadas autoportantes tipo poste y viga y, muro cortina.</i>	26
<i>Figura 22. Categoría de materiales, según su temporalidad.</i>	27
<i>Figura 23. Evolución de un material.</i>	28
<i>Figura 24. Criterios a considerar para seleccionar un material.</i>	28
<i>Figura 25. Ciclo de vida cerrado de los ecosistemas.</i>	29
<i>Figura 26. Sistema constructivo tradicional.</i>	29
<i>Figura 27. a) Transformación de fibras, b) Deconstrucción costosa, c) Revoco como material de aplicación húmeda.</i>	30
<i>Figura 28. a) Valor artesanal, b) Diseño prefabricado, c) Tiempo de construcción.</i>	30
<i>Figura 29. Impacto ambiental por acumulación de desechos, año 2016.</i>	30
<i>Figura 30. Capas de construcción y su tiempo de vida útil.</i>	31
<i>Figura 31. Ciclo de vida lineal, etapas.</i>	31
<i>Figura 32. Ciclo de vida cerrado, etapas.</i>	32
<i>Figura 33. Cradle to cradle, el ciclo natural de las cosas.</i>	32
<i>Figura 34. Design for Disassembly DfD.</i>	33
<i>Figura 35. Perspectiva de la fachada 1A.</i>	45
<i>Figura 36. Perspectiva de la fachada 1B.</i>	47
<i>Figura 37. Perspectiva de la fachada 1C.</i>	49
<i>Figura 38. Perspectiva de la fachada 2A.</i>	53
<i>Figura 39. Perspectiva de la fachada 2B.</i>	55
<i>Figura 40. Perspectiva de la fachada 2C.</i>	57

Figura 41. Perspectiva de la fachada 3A.	61
Figura 42. Perspectiva de la fachada 3B.	63
Figura 43. Perspectiva de la fachada 3C.	65
Figura 44. Perspectiva de la fachada 4A.	69
Figura 45. Perspectiva de la fachada 4B.	71
Figura 46. Perspectiva de la fachada 5A.	73
Figura 47. Perspectiva de la fachada 5B.	75
Figura 48. Perspectiva de la fachada 6A.	79
Figura 49. Perspectiva de la fachada 6B.	81
Figura 50. Perspectiva de la fachada 6C.	83
Figura 51. Perspectiva de la fachada 7A.	85
Figura 52. Perspectiva de la fachada 7B.	87
Figura 53. Perspectiva de la fachada 7C.	89
Figura 54. Perspectiva de la fachada 8A.	91
Figura 55. Perspectiva de la fachada 8B.	93
Figura 56. Perspectiva de la fachada 8C.	95
Figura 57. Perspectiva de la fachada 9A.	99
Figura 58. Perspectiva de la fachada 9B.	101
Figura 59. Perspectiva de la fachada 10A.	105
Figura 60. Perspectiva de la fachada 10B.	107
Figura 61. Perspectiva de la fachada 11.	109
Figura 62. Pesos de diseño de (table 4) tipos de conexiones, (table 5) accesibilidad de conexión, (table 6) uniones y (table 7) tipo de forma del producto.	185

Índice de Matrices

Matriz 1. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 1A.	45
Matriz 2. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 1B.	47
Matriz 3. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 1C.	49
Matriz 4. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 2A.	53
Matriz 5. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 2B.	55
Matriz 6. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 2C.	57
Matriz 7. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 3A.	61
Matriz 8. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 3B.	63
Matriz 9. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza, código 3C.	65
Matriz 10. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza SATE, código 4A.	69
Matriz 11. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza SATE, código 4B.	71
Matriz 12. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza SATE, código 5A.	73
Matriz 13. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada Maciza SATE, código 5B.	75

<i>Matriz 14. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble ventilada, código 6A.</i>	<i>79</i>
<i>Matriz 15. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble ventilada, código 6B.</i>	<i>81</i>
<i>Matriz 16. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble ventilada, código 6C.</i>	<i>83</i>
<i>Matriz 17. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble ligera, código 7A.</i>	<i>85</i>
<i>Matriz 18. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble ligera, código 7B.</i>	<i>87</i>
<i>Matriz 19. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble ligera, código 7C.</i>	<i>89</i>
<i>Matriz 20. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble piel, código 8A.</i>	<i>91</i>
<i>Matriz 21. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble piel, código 8B.</i>	<i>93</i>
<i>Matriz 22. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada doble piel, código 8C.</i>	<i>95</i>
<i>Matriz 23. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada con estructura de esqueleto, código 9A.</i>	<i>99</i>
<i>Matriz 24. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada con estructura de esqueleto, código 9B.</i>	<i>101</i>
<i>Matriz 25. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada autoportante, código 10A.</i>	<i>105</i>
<i>Matriz 26. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Fachada autoportante, código 10B.</i>	<i>107</i>
<i>Matriz 27. Índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad de Muro cortina, código 11.</i>	<i>109</i>

<i>Matriz 28. Matriz comparativa con los coeficientes de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad en 1m² de 27 sistemas de fachadas analizados.</i>	<i>113</i>
---	------------

Índice de Gráficos

<i>Gráfico 1. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior caravista.</i>	<i>43</i>
<i>Gráfico 2. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior caravista.</i>	<i>43</i>
<i>Gráfico 3. Índices de circularidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior caravista.</i>	<i>44</i>
<i>Gráfico 4. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 1A.</i>	<i>46</i>
<i>Gráfico 5. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 1B.</i>	<i>48</i>
<i>Gráfico 6. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 1C.</i>	<i>50</i>
<i>Gráfico 7. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior continuo.</i>	<i>51</i>
<i>Gráfico 8. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior continuo.</i>	<i>52</i>
<i>Gráfico 9. Índices de circularidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior continuo.</i>	<i>52</i>

<i>Gráfico 10. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 2A.</i>	54
<i>Gráfico 11. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 2B.</i>	56
<i>Gráfico 12. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 2C.</i>	58
<i>Gráfico 13. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior discontinuo.</i>	59
<i>Gráfico 14. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior discontinuo.</i>	60
<i>Gráfico 15. Índices de circularidad en sistemas de fachadas macizas con acabado exterior discontinuo.</i>	60
<i>Gráfico 16. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 3A.</i>	62
<i>Gráfico 17. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 3B.</i>	64
<i>Gráfico 18. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 3C.</i>	66
<i>Gráfico 19. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas macizas SATE con acabado exterior continuo y discontinuo.</i>	67
<i>Gráfico 20. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas macizas SATE con acabado exterior continuo y discontinuo.</i>	68
<i>Gráfico 21. Índices de circularidad en sistemas de fachadas macizas SATE con acabado exterior continuo y discontinuo.</i>	68
<i>Gráfico 22. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 4A.</i>	70
<i>Gráfico 23. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 4B.</i>	72

<i>Gráfico 24. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 5A.</i>	74
<i>Gráfico 25. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 5B.</i>	76
<i>Gráfico 26. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas dobles.</i>	77
<i>Gráfico 27. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas dobles.</i>	78
<i>Gráfico 28. Índices de circularidad en sistemas de fachadas dobles.</i>	78
<i>Gráfico 29. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 6A.</i>	80
<i>Gráfico 30. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 6B.</i>	82
<i>Gráfico 31. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 6C.</i>	84
<i>Gráfico 32. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 7A.</i>	86
<i>Gráfico 33. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 7B.</i>	88
<i>Gráfico 34. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 7C.</i>	90
<i>Gráfico 35. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 8A.</i>	92
<i>Gráfico 36. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 8B.</i>	94
<i>Gráfico 37. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 8C.</i>	96
<i>Gráfico 38. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas con estructura de esqueleto.</i>	97

<i>Gráfico 39. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas con estructura de esqueleto.</i>	<i>98</i>
<i>Gráfico 40. Índices de circularidad en sistemas de fachadas con estructura de esqueleto.</i>	<i>98</i>
<i>Gráfico 41. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 9A.</i>	<i>100</i>
<i>Gráfico 42. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 9B.</i>	<i>102</i>
<i>Gráfico 43. Índice de reciclabilidad en sistemas de fachadas autoportantes.</i>	<i>103</i>
<i>Gráfico 44. Índice de desmontabilidad en sistemas de fachadas autoportantes.</i>	<i>104</i>
<i>Gráfico 45. Índices de circularidad en sistemas de fachadas autoportantes.</i>	<i>104</i>
<i>Gráfico 46. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 10A.</i>	<i>106</i>
<i>Gráfico 47. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 10B.</i>	<i>108</i>
<i>Gráfico 48. Resultados de índices calculados por categorías de la fachada 11.</i>	<i>110</i>
<i>Gráfico 49. Relación kg/m² e índice de Reciclabilidad de los 27 sistemas de fachadas analizados.</i>	<i>118</i>
<i>Gráfico 50. Relación kg/m² e índice de Desmontabilidad de los 27 sistemas de fachadas analizados.</i>	<i>120</i>
<i>Gráfico 51. Índices de circularidad de metodologías diferentes de cálculo de los 27 sistemas de fachadas analizados.</i>	<i>123</i>

ANEXOS

Los anexos se formulan a partir de tres apartados que muestran una serie de fichas y fórmulas que sustentan el desarrollo y resultados de este estudio de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad en sistemas de fachadas.

Refiriéndose a estas tres clases de anexos, se subdividen en:

- Fichas sobre el cálculo de pesos de los sistemas de fachadas estudiados
- Fichas sobre la cuantificación de indicadores cualitativos de materiales en los sistemas de fachadas estudiados y,
- Fórmulas de obtención de los índices de circularidad en los sistemas de fachadas estudiados, bajo la metodología aplicada en el artículo "Circularity indicator for residential buildings: addressing the gap between embodied impacts and design aspects" de los autores Cottafava D. y Ritzen M. (2021)

A continuación, se exponen los índices de los anexos propuestos.

Índice de Fichas

<i>Ficha 1. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1A de materiales.</i>	<i>143</i>
<i>Ficha 2. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1B de materiales.</i>	<i>144</i>
<i>Ficha 3. Cálculos de peso. Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1C de materiales.</i>	<i>145</i>

<i>Ficha 4. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2A de materiales.</i>	<i>146</i>
<i>Ficha 5. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2B de materiales.</i>	<i>147</i>
<i>Ficha 6. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2C de materiales.....</i>	<i>148</i>
<i>Ficha 7. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3A de materiales.</i>	<i>149</i>
<i>Ficha 8. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3B de materiales.</i>	<i>150</i>
<i>Ficha 9. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3C de materiales.</i>	<i>151</i>
<i>Ficha 10. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. SATE con revestimiento continuo. Configuración 4A de materiales.</i>	<i>152</i>
<i>Ficha 11. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. SATE con revestimiento continuo. Configuración 4B de materiales.</i>	<i>153</i>
<i>Ficha 12. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. SATE con revestimiento discontinuo. Configuración 5A de materiales.</i>	<i>154</i>
<i>Ficha 13. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. SATE con revestimiento discontinuo. Configuración 5B de materiales.</i>	<i>155</i>
<i>Ficha 14. Cálculos de pesos. Fachada Doble ventilada. Configuración 6A de materiales.....</i>	<i>156</i>
<i>Ficha 15. Cálculos de pesos. Fachada Doble ventilada. Configuración 6B de materiales.....</i>	<i>157</i>

<i>Ficha 16. Cálculos de pesos. Fachada Doble ventilada. Configuración 6C de materiales.</i>	<i>158</i>
<i>Ficha 17. Cálculos de pesos. Fachada Doble ligera. Configuración 7A de materiales.</i>	<i>159</i>
<i>Ficha 18. Cálculos de pesos. Fachada Doble ligera. Configuración 7B de materiales.</i>	<i>160</i>
<i>Ficha 19. Cálculos de pesos. Fachada Doble ligera. Configuración 7C de materiales.</i>	<i>161</i>
<i>Ficha 20. Cálculos de pesos. Fachada Doble piel. Configuración 8A de materiales.</i>	<i>162</i>
<i>Ficha 21. Cálculos de pesos. Fachada Doble piel. Configuración 8B de materiales.</i>	<i>163</i>
<i>Ficha 22. Cálculos de pesos. Fachada Doble piel. Configuración 8C de materiales.</i>	<i>164</i>
<i>Ficha 23. Cálculos de pesos. Fachada con estructura de esqueleto. Configuración 9A de materiales.</i>	<i>165</i>
<i>Ficha 24. Cálculos de pesos. Fachada con estructura de esqueleto. Configuración 9B de materiales.</i>	<i>166</i>
<i>Ficha 25. Cálculos de pesos. Fachada autoportante brutalista. Configuración 10A de materiales.</i>	<i>167</i>
<i>Ficha 26. Cálculos de pesos. Fachada autoportante brutalista. Configuración 10B de materiales.</i>	<i>168</i>
<i>Ficha 27. Cálculos de pesos. Fachada autoportante muro cortina. Configuración 11 de materiales.</i>	<i>169</i>
<i>Ficha 28. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1A de materiales.</i>	<i>171</i>

<i>Ficha 29. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1B de materiales.</i>	<i>171</i>
<i>Ficha 30. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1C de materiales.</i>	<i>172</i>
<i>Ficha 31. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2A de materiales.</i>	<i>172</i>
<i>Ficha 32. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2B de materiales.</i>	<i>173</i>
<i>Ficha 33. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2C de materiales.</i>	<i>173</i>
<i>Ficha 34. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3A de materiales.</i>	<i>174</i>
<i>Ficha 35. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3B de materiales.</i>	<i>174</i>
<i>Ficha 36. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3C de materiales.</i>	<i>175</i>
<i>Ficha 37. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. SATE con revestimiento continuo. Configuración 4A de materiales. Fuente: Elaboración propia, 2021.</i>	<i>175</i>
<i>Ficha 38. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. SATE con revestimiento continuo. Configuración 4B de materiales.</i>	<i>176</i>

<i>Ficha 39. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. SATE con revestimiento discontinuo. Configuración 5A de materiales.</i>	<i>176</i>
<i>Ficha 40. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. SATE con revestimiento discontinuo. Configuración 5B de materiales.</i>	<i>177</i>
<i>Ficha 41. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble ventilada. Configuración 6A de materiales.</i>	<i>177</i>
<i>Ficha 42. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble ventilada. Configuración 6B de materiales.</i>	<i>178</i>
<i>Ficha 43. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble ventilada. Configuración 6C de materiales.....</i>	<i>178</i>
<i>Ficha 44. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble ligera. Configuración 7A de materiales.</i>	<i>179</i>
<i>Ficha 45. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble ligera. Configuración 7B de materiales.</i>	<i>179</i>
<i>Ficha 46. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble ligera. Configuración 7C de materiales.</i>	<i>180</i>
<i>Ficha 47. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble piel. Configuración 8A de materiales.....</i>	<i>180</i>
<i>Ficha 48. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble piel. Configuración 8B de materiales.....</i>	<i>181</i>
<i>Ficha 49. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble piel. Configuración 8C de materiales.....</i>	<i>181</i>
<i>Ficha 50. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada con estructura de esqueleto. Configuración 9A de materiales.</i>	<i>182</i>
<i>Ficha 51. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada con estructura de esqueleto. Configuración 9B de materiales.</i>	<i>182</i>

<i>Ficha 52. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada autoportante brutalista. Configuración 10A de materiales.</i>	<i>183</i>
<i>Ficha 53. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada autoportante brutalista. Configuración 10B de materiales.</i>	<i>183</i>
<i>Ficha 54. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada autoportante muro cortina. Configuración 11 de materiales.</i>	<i>184</i>

Índice de Fórmulas

<i>Fórmula 1. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1A de materiales.....</i>	<i>186</i>
<i>Fórmula 2. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1B de materiales.....</i>	<i>187</i>
<i>Fórmula 3. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1C de materiales.....</i>	<i>187</i>
<i>Fórmula 4. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2A de materiales.</i>	<i>188</i>
<i>Fórmula 5. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2B de materiales.</i>	<i>188</i>
<i>Fórmula 6. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2C de materiales.....</i>	<i>189</i>
<i>Fórmula 7. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3A de materiales.....</i>	<i>189</i>
<i>Fórmula 8. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3B de materiales.....</i>	<i>190</i>

<i>Fórmula 9. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3C de materiales.</i>	190
<i>Fórmula 10. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. SATE con revestimiento continuo. Configuración 4A de materiales.</i>	191
<i>Fórmula 11. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. SATE con revestimiento continuo. Configuración 4B de materiales.</i>	191
<i>Fórmula 12. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. SATE con revestimiento discontinuo. Configuración 5A de materiales.</i>	192
<i>Fórmula 13. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. SATE con revestimiento discontinuo. Configuración 5B de materiales.</i>	192
<i>Fórmula 14. Índice de Circularidad de Fachada Doble ventilada. Configuración 6A de materiales.</i>	193
<i>Fórmula 15. Índice de Circularidad de Fachada Doble ventilada. Configuración 6B de materiales.</i>	193
<i>Fórmula 16. Índice de Circularidad de Fachada Doble ventilada. Configuración 6C de materiales.</i>	194
<i>Fórmula 17. Índice de Circularidad de Fachada Doble ligera. Configuración 7A de materiales.</i>	194
<i>Fórmula 18. Índice de Circularidad de Fachada Doble ligera. Configuración 7B de materiales.</i>	195
<i>Fórmula 19. Índice de Circularidad de Fachada Doble ligera. Configuración 7C de materiales.</i>	195
<i>Fórmula 20. Índice de Circularidad de Fachada Doble piel. Configuración 8A de materiales.</i>	196
<i>Fórmula 21. Índice de Circularidad de Fachada Doble piel. Configuración 8B de materiales.</i>	196
<i>Fórmula 22. Índice de Circularidad de Fachada Doble piel. Configuración 8C de materiales.</i>	197

<i>Fórmula 23. Índice de Circularidad de Fachada con estructura de esqueleto. Configuración 9A de materiales.</i>	197
<i>Fórmula 24. Índice de Circularidad de Fachada con estructura de esqueleto. Configuración 9B de materiales.</i>	198
<i>Fórmula 25. Índice de Circularidad de Fachada autoportante brutalista. Configuración 10A de materiales.</i>	198
<i>Fórmula 26. Índice de Circularidad de Fachada autoportante brutalista. Configuración 10B de materiales.</i>	199
<i>Fórmula 27. Índice de Circularidad de Fachada autoportante muro cortina. Configuración 11 de materiales.</i>	199

Fichas sobre pesos de sistemas de fachadas (kg/m²)

Durante el proceso de obtención de determinados índices de las matrices expuestas en el Capítulo 5: Resultados, se plasman indicadores que requieren del desarrollo de cálculos colaterales en esta investigación. Es así como, para mostrar un resultado veraz bajo justificaciones numéricas que cuantifiquen el grado o nivel de efectividad de un proceso, es necesario desarrollar una ficha para el registro de diversos pesos de los materiales utilizados en cada sistema de fachada, explicados en el siguiente fragmento.

Para iniciar la explicación de cada ficha, se procede a exponer el tipo de configuración de la fachada, de acuerdo con el código (que corresponde al utilizado en las matrices de índices), tipo y subtipo de fábrica, unidad de análisis, al igual que los materiales asignados a la hoja principal (H.P.), hoja interior (H.I.), revestimiento exterior (R.E.) y aislante térmico (A.).

El estudio de cada sistema de fachada se establece conforme a determinadas cantidades del objeto de análisis, por lo que la cuantificación se realiza conforme a una superficie total que, posteriormente se traducirá en kilogramos de material por 1 m² de fachada. Por ello, se especifica la información numérica de la fachada, según su superficie total, espesor, ancho y altura.

Así mismo, la ficha incluye un gráfico de barras con los pesos parciales en kilogramos de la hoja principal, hoja interior, revestimiento y aislante térmico en 1m² de fachada, al igual que una perspectiva del sistema.

La ficha de pesos consta de 15 columnas en su totalidad y con un determinado número de filas acorde al número de materiales que constituyen cada fachada.

Los datos que se exponen en la tabla principal de esta ficha incluyen el nombre de los materiales y su especificación referida en las declaraciones ambientales del producto (EPD). Se constata su espesor, cual sumatoria de todos los espesores determinará el espesor de la fachada en su totalidad; la unidad de medida con que se especifica la cantidad total de material; la densidad; peso en kilogramos sobre unidad de medida (kg/Um) y el volumen obtenido del producto entre la cantidad de material en m² por el espesor, si es que es aplicable a determinado material.

Las EPD también incluyen el porcentaje o cantidad de material reciclado (MRO), reciclable (MRe) y virgen (MV) por unidad de medida, el cual también será incluido dentro de la ficha. Por lo tanto, los pesos y valores finales que se obtiene con estos valores son los siguientes:

- Peso en kilogramos (kg): sumatoria de los pesos parciales calculados del producto entre el volumen y la densidad o, del producto entre la

cantidad de material y el peso en kilogramos sobre unidad de medida. Este resultado será necesario para determinar las cantidades a continuación.

- Peso en kilogramos/m² de fachada (kg/m²): obtenido de la relación entre el peso en kilogramos sobre la superficie total de análisis, correspondiente a 11,56 m², 32,95 m², 12,28 m² y 72,52 m² dependiente del tipo de fachada. Particularmente, este valor será necesario para valorar el indicador N°5 de la categoría Componentes de la matriz principal.
- Peso en kilogramos de material reciclado (MRO), reciclable (MRe) y virgen (MV): cada uno de los porcentajes establecidos en las EPD, acorde a la cantidad de material reciclado y reciclable, así como la proporción de materias primas que constituyen el material virgen en específico, se lo multiplica por el peso en kg/m², cuya sumatoria de todos los kilogramos de MRe/m², MRO/m² y MV/m² será fundamental para valorar los indicadores N°1 y N°2 de la categoría Materiales de la matriz principal, así como para el desarrollo de una de las fórmulas de obtención de índice de circularidad según el método de aplicación de los autores Cottafava D. y Ritzen M. (2021).

Habiendo explicado este precedente, es importante hacer mención que, el desarrollo de estas fichas, de forma general, es indispensable para conocer la composición de la fachada y su caracterización acorde a la valoración establecida en los 27 indicadores analizados en la matriz general de índices de reciclabilidad, desmontabilidad y circularidad en sistemas de fachadas. A continuación se muestran las fichas sobre pesos de sistemas de fachadas.

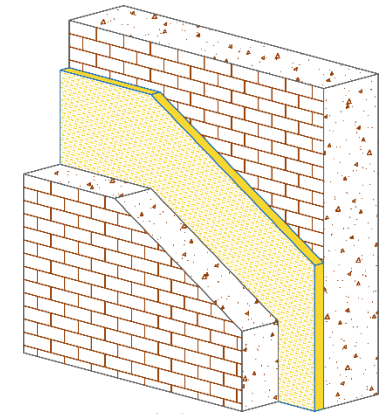
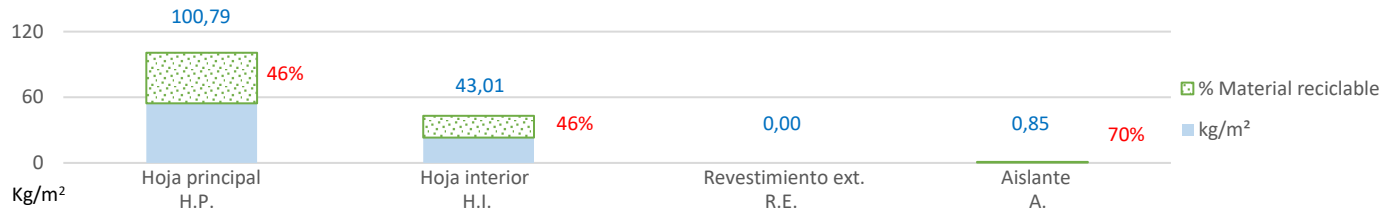
Ficha 1. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1A de materiales.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	1A	H.P.:	Ladrillo cerámico perforado
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	Ladrillo cerámico hueco
Subtipo:	Con acabado exterior caravista	R.E.:	-
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Poliestireno expandido

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	484	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



383,74 Kg/m²
18,36% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Ladrillo cerámico	Superbrick 24x11,5x5cm	240	m²	780	-	6,22	1,49	1165,11	100,79	46,36	46,00%	0,00	0,00%	98,97
2	Revoco para juntas	Portland Cement	-	m²	1300	-	5,34	1,28	1664,86	144,02	0,00	0,00%	0,07	0,05%	136,82
3	Revoco intermedio	Portland Cement	25	m²	1300	-	11,56	0,29	375,70	32,50	0,00	0,00%	0,02	0,05%	30,88
4	Poliestireno expandido	EUMEPS	34	m²	25	-	11,56	0,39	9,83	0,85	0,60	70,00%	0,00	0,00%	0,00
5	Anclaje mecánico	Espiga de Golpeo	-	U	-	-	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	-	m²	-	0,13	11,56	-	1,50	0,13	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
7	Revoco intermedio	Portland Cement	10	m²	1300	-	11,56	0,12	150,28	13,00	0,00	0,00%	0,01	0,05%	12,35
8	Separación de 10mm		10												
9	Ladrillo cerámico hueco	Pieza "P" de arcilla cocida	90	m²	650	-	8,50	0,77	497,25	43,01	19,79	46,00%	0,61	1,41%	43,01
10	Revoco para juntas	Portland Cement	-	m²	1300	-	3,06	0,28	358,02	30,97	0,00	0,00%	0,02	0,05%	29,42
11	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
12	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,4	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
13	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	-
TOTAL					484					383,74	70,44	18,36%	1,96	0,51%	365,19

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 2. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1B de materiales.

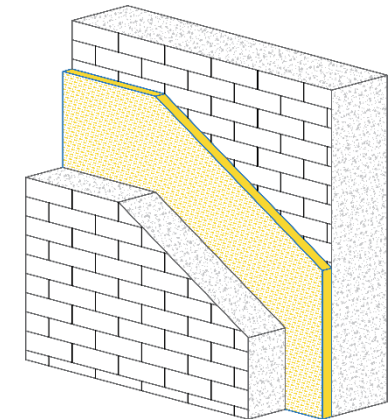
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

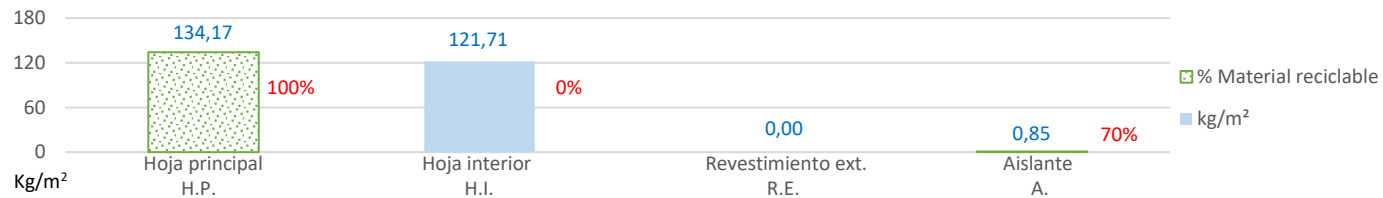
Código:	1B	H.P.:	Bloque de hormigón de áridos densos
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	Bloque de hormigón hueco
Subtipo:	Con acabado exterior caravista	R.E.:	-
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Poliestireno expandido

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	454	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



397,18 Kg/m²
34,86% Material reciclable



Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRO/m²	% MRO	kg MV/m²
1	Bloque de hormigón de áridos densos	Bloque Arliblock 50x15x20	200	m²	-	171,00	9,07	-	1550,97	134,17	134,17	100,00%	0,00	0,00%	134,17
2	Revoco para juntas	Portland Cement	-	m²	1300	-	2,49	0,50	647,40	56,00	0,00	0,00%	0,03	0,05%	53,20
3	Revoco intermedio	Portland Cement	25	m²	1300	-	11,56	0,29	375,70	32,50	0,00	0,00%	0,02	0,05%	30,88
4	Poliestireno expandido	EUMEPS	34	m²	25	-	11,56	0,39	9,83	0,85	0,60	70,00%	0,00	0,00%	0,00
5	Anclaje mecánico tipo espiga	Espiga de Golpeo	-	U	-	-	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	-	m²	-	0,13	11,56	-	1,50	0,13	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
7	Revoco intermedio	Portland Cement	10	m²	1300	-	11,56	0,12	150,28	13,00	0,00	0,00%	0,01	0,05%	12,35
8	Separación de 10mm		10												
9	Bloque hueco	Average Concrete Cellular Block 45x20x10	100	m²	-	144,30	9,75	-	1406,93	121,71	0,00	0,00%	0,00	0,00%	121,71
10	Revoco para juntas	Portland Cement	-	m²	1300	-	1,81	0,18	235,30	20,35	0,00	0,00%	0,01	0,05%	19,34
11	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
12	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
13	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
14	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
15	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL							454			397,18	138,458	34,86%	1,300	0,33%	385,37

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRO/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRO: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 3. Cálculos de peso. Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1C de materiales.

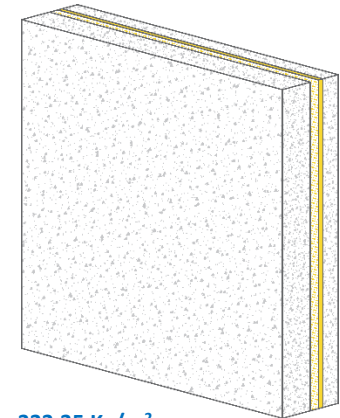
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

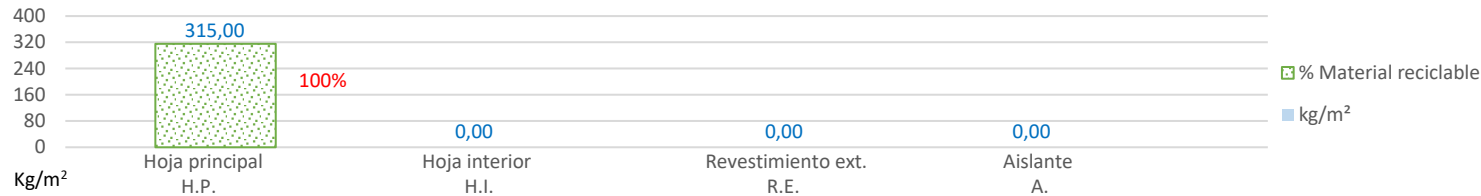
Código:	1C	H.P.:	Panel prefabricado térmico
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	Con acabado exterior caravista	R.E.:	-
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	-

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m ²):	32,95	Ancho (m):	11,40
Espesor (mm):	395	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



333,35 Kg/m²
95,57% Material reciclable



N°	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m ³	kg/Um	cant	m ³	kg	kg/m ²	Kg MRe/m ²	% MRe	kg MRo/m ²	% MRo	kg MV/m ²
1	Panel prefabricado térmico	Thermal Precast Wall (espesor placa interior y exterior) + 7cm de aislamiento +11cm de refuerzo transversal	320	m ²	-	315,00	32,95	-	10377,9	315,00	315,00	100%	0,00	0,00%	283,50
2	Tirantes de acero	Rundstång S235JR 15 mm 6,00 m	-	m	-	1,39	31,12	-	43,26	1,31	1,25	95,00%	0,00	0,00%	1,31
3	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	34,36	-	75,94	2,30	2,19	95,00%	0,76	33,10%	0,03
4	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m ²	-	14,40	32,95	-	474,42	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
5	Tornillos	u/m ² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
6	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
7	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	Kg	-	0,33	0,33	-	10,87	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL										333,35	318,58	95,57%	0,76	0,23%	298,53

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 4. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2A de materiales.

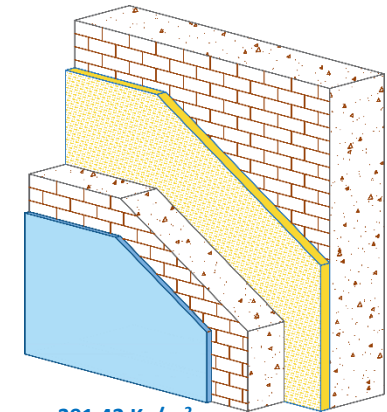
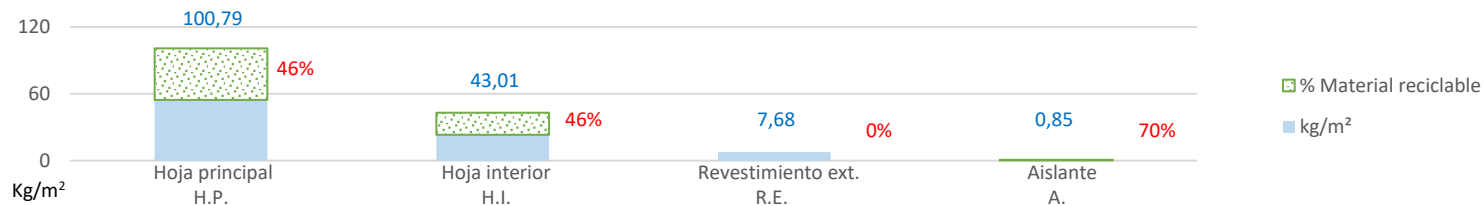
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	2A	H.P.:	Ladrillo cerámico perforado
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	Ladrillo cerámico hueco
Subtipo:	Con acabado exterior continuo	R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Poliestireno expandido

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	489	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



391,42 Kg/m²
18,00% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRO/m²	% MRO	kg MV/m²
1	Pintura	Dulux enviro2 Paints 59L84179	-	m²	-	0,18	11,56	-	2,02	0,18	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
2	Empaste de Yeso	Rendering and plastering mortars	5	m²	-	1,50	11,56	-	86,70	7,50	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
3	Ladrillo cerámico	Superbrick 24x11,5x5cm	240	m²	780	-	6,22	1,49	1165,11	100,79	46,36	46,00%	0,00	0,00%	98,97
4	Revoco para juntas	Portland Cement	-	m²	1300	-	5,34	1,28	1664,86	144,02	0,00	0,00%	0,07	0,05%	136,82
5	Revoco intermedio	Portland Cement	25	m²	1300	-	11,56	0,29	375,70	32,50	0,00	0,00%	0,02	0,05%	30,88
6	Poliestireno expandido	EUMEPS	34	m²	25	-	11,56	0,39	9,83	0,85	0,60	70,00%	0,00	0,00%	0,00
7	Anclaje mecánico	Espiga de Golpeo	-	U	-	-	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	-	m²	-	0,13	11,56	-	1,50	0,13	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
9	Revoco intermedio	Portland Cement	10	m²	1300	-	11,56	0,12	150,28	13,00	0,00	0,00%	0,01	0,05%	12,35
10	Separación de 10mm		10												
11	Ladrillo cerámico hueco	Pieza "P" de arcilla cocida	90	m²	650	-	8,50	0,77	497,25	43,01	19,79	46,00%	0,61	1,41%	43,01
12	Revoco para juntas	Portland Cement	-	m²	1300	-	3,06	0,28	358,02	30,97	0,00	0,00%	0,02	0,05%	29,42
13	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
14	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,4	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
15	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	-
TOTAL							489			391,42	70,44	18,00%	1,96	0,50%	365,19

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRO/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRO: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 5. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2B de materiales.

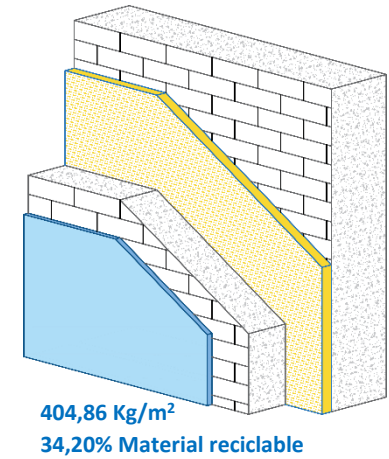
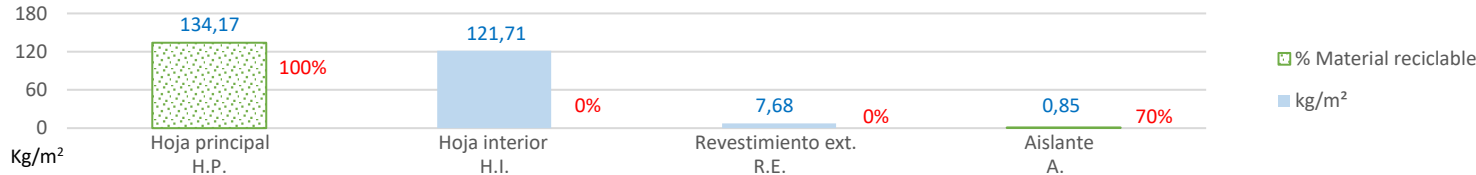
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	2B	H.P.:	Bloque de hormigón de áridos densos
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	Bloque de hormigón hueco
Subtipo:	Con acabado exterior continuo	R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Poliestireno expandido

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	459	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Pintura	Dulux enviro2 Paints 59L84179	-	m²	-	0,18	11,56	-	2,02	0,18	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
2	Empaste de Yeso	Rendering and plastering mortars	5	m²	-	1,50	11,56	-	86,70	7,50	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
3	Bloque de hormigón de áridos densos	Bloque Arliblock 50x15x20	200	m²	-	171,00	9,07	-	1550,97	134,17	134,17	100,00%	0,00	0,00%	134,17
4	Revoco para juntas	Portland Cement	-	m²	1300	-	2,49	0,50	647,40	56,00	0,00	0,00%	0,03	0,05%	53,20
5	Revoco intermedio	Portland Cement	25	m²	1300	-	11,56	0,29	375,70	32,50	0,00	0,00%	0,02	0,05%	30,88
6	Poliestireno expandido	EUMEPS	34	m²	25	-	11,56	0,39	9,83	0,85	0,60	70,00%	0,00	0,00%	0,00
7	Anclaje mecánico tipo espiga	Espiga de Golpeo	-	U	-	-	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	-	m²	-	0,13	11,56	-	1,50	0,13	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
9	Revoco intermedio	Portland Cement	10	m²	1300	-	11,56	0,12	150,28	13,00	0,00	0,00%	0,01	0,05%	12,35
10	Separación de 10mm		10												
11	Bloque hueco	Average Concrete Cellular Block 45x20x10	100	m²	-	144,30	9,75	-	1406,93	121,71	0,00	0,00%	0,00	0,00%	121,71
12	Revoco para juntas	Portland Cement	-	m²	1300	-	1,81	0,18	235,30	20,35	0,00	0,00%	0,01	0,05%	19,34
13	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
14	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
15	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
16	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
17	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL							459			404,86	138,46	34,20%	1,30	0,32%	385,37

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 6. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2C de materiales.

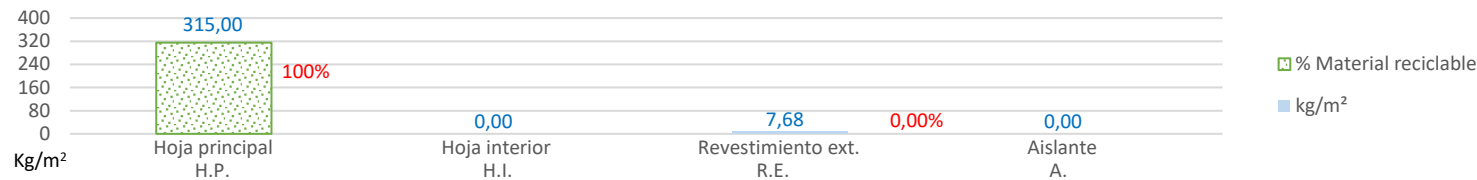
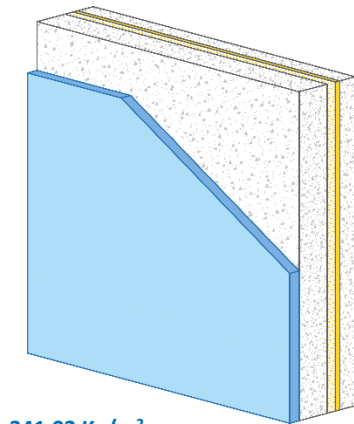
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	2C	H.P.:	Panel prefabricado térmico
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	Con acabado exterior continuo	R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	-

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	32,95	Ancho (m):	11,40
Espesor (mm):	400	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



341,02 Kg/m²
93,42% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Pintura	Dulux enviro2 Paints 59L84179	-	m²	-	0,18	32,95	-	5,77	0,18	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
2	Empaste de Yeso	Rendering and plastering mortars	5	m²	-	1,50	32,95	-	247,10	7,50	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
3	Panel prefabricado térmico	Thermal Precast Wall (espesor placa interior y exterior) + 7cm de aislamiento +11cm de refuerzo transversal	320	m²	-	315,00	32,95	-	10377,9	315,00	315,00	100,00%	0,00	0,00%	283,50
4	Tirantes de acero	Rundstång S235JR 15 mm 6,00 m	-	m	-	1,39	31,12	-	43,26	1,31	1,25	95,00%	0,00	0,00%	1,31
5	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	34,36	-	75,94	2,30	2,19	95,00%	0,76	33,10%	0,03
6	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	32,95	-	474,42	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
7	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
8	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
9	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	Kg	-	0,33	0,33	-	10,87	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL				400						341,02	318,58	93,42%	0,76	0,22%	298,53

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

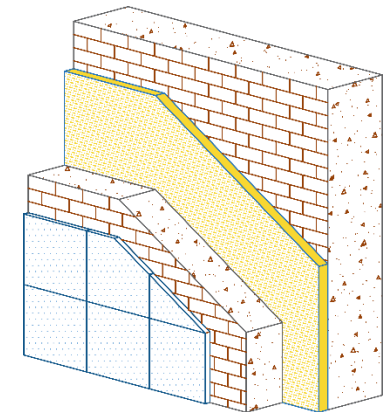
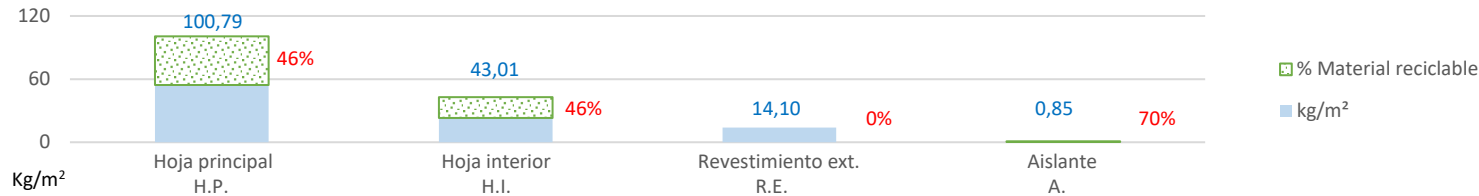
Ficha 7. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3A de materiales.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	3A	H.P.:	Ladrillo cerámico perforado
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	Ladrillo cerámico hueco
Subtipo:	Con acabado exterior discontinuo	R.E.:	Azulejos cerámicos de pared
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Poliestireno expandido

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	505	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



471,34 Kg/m²
16,88% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Azulejos cerámicos de pared	Porcelain stoneware slabs for interior and exterior Walls 120x120	6	m²	-	14,10	11,56	-	163,00	14,10	0,00	0,00%	0,00	0,00%	13,68
2	Revoco intermedio	Portland Cement	15	m²	1300	-	11,56	0,17	225,42	19,50	0,00	0,00%	0,01	0,05%	18,53
3	Ladrillo cerámico perforado	Superbrick 24x11,5x5cm	240	m²	780	-	6,22	1,49	1165,11	100,79	46,36	46,00%	0,00	0,00%	98,97
4	Revoco para juntas	Portland Cement	-	m²	1300	-	5,34	1,28	1664,86	144,02	0,00	0,00%	0,07	0,05%	136,82
5	Revoco intermedio	Portland Cement	25	m²	1300	-	11,56	0,29	375,70	32,50	0,00	0,00%	0,02	0,05%	30,88
6	Poliestireno expandido	EUMEPS	34	m²	25	-	11,56	0,39	9,83	0,85	0,60	70,00%	0,00	0,00%	0,00
7	Anclaje mecánico	Espiga de Golpeo	-	U	-	-	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	-	m²	-	0,13	11,56	-	1,50	0,13	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
9	Revoco intermedio	Portland Cement	10	m²	1300	-	11,56	0,12	150,28	13,00	0,00	0,00%	0,01	0,05%	12,35
10	Separación de 10mm		10												
11	Ladrillo cerámico hueco	Pieza "P" de arcilla cocida	90	m²	650	-	8,50	0,77	497,25	43,01	19,79	46,00%	0,61	1,41%	43,01
12	Revoco para juntas	Portland Cement	-	m²	1300	-	3,06	0,28	358,02	30,97	0,00	0,00%	0,02	0,05%	29,42
13	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
14	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,4	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
15	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	-
TOTAL							505			417,34	70,44	16,88%	1,97	0,47%	397,39

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 8. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3B de materiales.

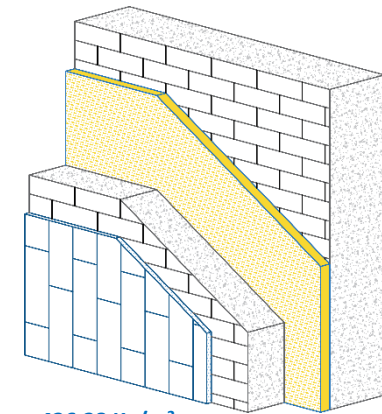
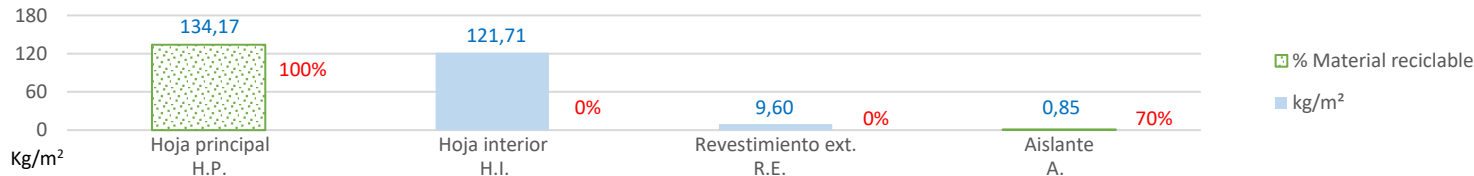
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	3B	H.P.:	Bloque de hormigón de áridos densos
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	Bloque de hormigón hueco
Subtipo:	Con acabado exterior discontinuo	R.E.:	Lamas de fibrocemento
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Poliestireno expandido

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	477	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



426,28 Kg/m²
32,48% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Lamas de fibrocemento	Flat Sheet in fiber cement	8	m²	1200	-	11,56	0,09	110,98	9,60	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
2	Revoco intermedio	Portland Cement	15	m²	1300	-	11,56	0,17	225,42	19,50	0,00	0,00%	0,01	0,05%	18,53
3	Bloque de hormigón de áridos densos	Bloque Arliblock 50x15x20	200	m²	-	171,00	9,07	-	1550,97	134,17	134,17	100,00%	0,00	0,00%	134,17
4	Revoco para juntas	Portland Cement	-	m²	1300	-	2,49	0,50	647,40	56,00	0,00	0,00%	0,03	0,05%	53,20
5	Revoco intermedio	Portland Cement	25	m²	1300	-	11,56	0,29	375,70	32,50	0,00	0,00%	0,02	0,05%	30,88
6	Poliestireno expandido	EUMEPS	34	m²	25	-	11,56	0,39	9,83	0,85	0,60	70,00%	0,00	0,00%	0,00
7	Anclaje mecánico tipo espiga	Espiga de Golpeo	-	U	-	-	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	-	m²	-	0,13	11,56	-	1,50	0,13	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
9	Revoco intermedio	Portland Cement	10	m²	1300	-	11,56	0,12	150,28	13,00	0,00	0,00%	0,01	0,05%	12,35
10	Separación de 10mm		10												
11	Bloque hueco	Average Concrete Cellular Block 45x20x10	100	m²	-	144,30	9,75	-	1406,93	121,71	0,00	0,00%	0,00	0,00%	121,71
12	Revoco para juntas	Portland Cement	-	m²	1300	-	1,81	0,18	235,30	20,35	0,00	0,00%	0,01	0,05%	19,34
13	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
14	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
15	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
16	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
17	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL							477			426,28	138,46	32,48%	1,31	0,31%	403,90

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

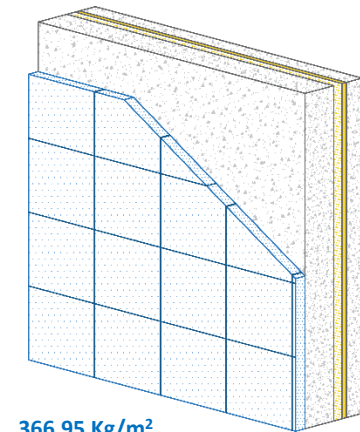
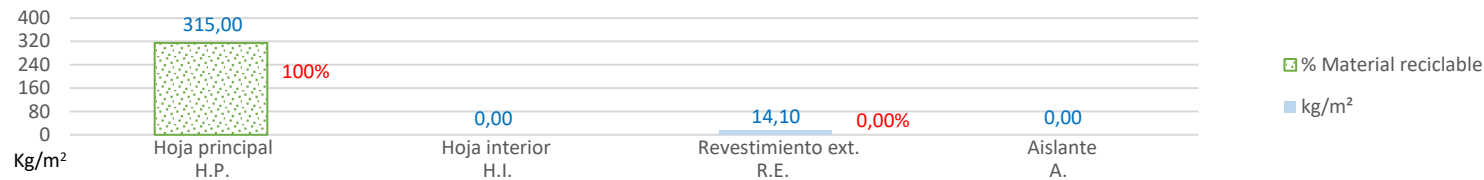
Ficha 9. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3C de materiales.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	3C	H.P.:	Panel prefabricado térmico
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	Con acabado exterior discontinuo	R.E.:	Azulejos cerámicos de pared
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	-

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	32,95	Ancho (m):	11,40
Espesor (mm):	416	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



366,95 Kg/m²
86,82% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRO/m²	% MRO	kg MV/m²
1	Azulejos cerámicos de pared	Porcelain stoneware slabs for interior and exterior Walls 120x120	6	m²	-	14,10	32,95	-	464,54	14,10	0,00	0,00%	0,00	0,00%	13,68
2	Revoco intermedio	Portland Cement	15	m²	1300	-	32,95	0,49	642,45	19,50	0,00	0,00%	0,01	0,05%	18,53
3	Panel prefabricado térmico	Thermal Precast Wall (espesor placa interior y exterior) + 7cm de aislamiento +11cm de refuerzo transversal	320	m²	-	315,00	32,95	-	10377,9	315,00	315,00	100,00%	0,00	0,00%	283,50
4	Tirantes de acero	Rundstång S235JR 15 mm 6,00 m	-	m	-	1,39	31,12	-	43,26	1,31	1,25	95,00%	0,00	0,00%	1,31
5	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	34,36	-	75,94	2,30	2,19	95,00%	0,76	33,10%	0,03
6	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	32,95	-	474,42	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
7	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
8	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
9	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	Kg	-	0,33	0,33	-	10,87	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL				416						366,95	318,58	86,82%	0,77	0,21%	330,73

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRO/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRO: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 10. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. SATE con revestimiento continuo. Configuración 4A de materiales.

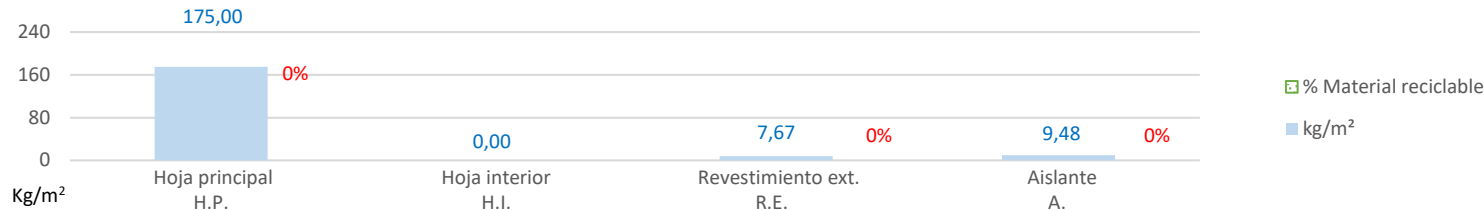
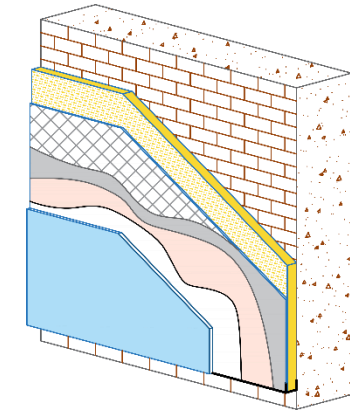
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	4A	H.P.:	Ladrillo denso perforado
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	SATE con revestimiento continuo	R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Lana de Roca

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	305	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



239,99 Kg/m²
1,56% Material reciclable

N°	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Pintura	Dulux envirO2 Paints	-	m²	-	0,18	10,96	-	1,92	0,17	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
2	Empaste de Yeso	Rendering and plastering mortars	5	m²	-	1,50	11,56	-	86,70	7,50	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
3	Primer	Dulux Professional® Total	1	m²	-	0,10	10,96	-	1,04	0,09	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
4	Revoco intermedio	Portland Cement	10	m²	1300	-	10,96	0,11	142,48	12,33	0,00	0,00%	0,01	0,05%	11,71
5	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	-	m²	-	0,13	10,96	-	1,42	0,12	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
6	Mortero adhesivo	Portland Cement	4	m²	1300	-	10,96	0,03	39,89	3,45	0,00	0,00%	0,00	0,05%	3,28
7	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	100	m²	100	-	10,96	1,10	109,60	9,48	0,00	0,00%	2,04	21,50%	9,10
8	Mortero adhesivo	Portland Cement	10	m²	1300	-	10,96	0,11	142,48	12,33	0,00	0,00%	0,01	0,05%	11,71
9	Perfil metálico de arranque	Rigiprofil Metal Profile	124	m	-	3,06	4,00	-	12,25	1,06	0,05	4,70%	1,00	94,00%	0,95
10	Ladrillo denso perforado	Ladrillo denso perforado (175kg/m², sin enlucir)	100	m²	-	175,00	11,56	-	2023,00	175,00	0,00	0,00%	0,00	0,00%	175,00
11	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
12	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
13	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
14	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
15	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL				305						239,99	3,75	1,56%	4,29	1,79%	225,48

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 11. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. SATE con revestimiento continuo. Configuración 4B de materiales.

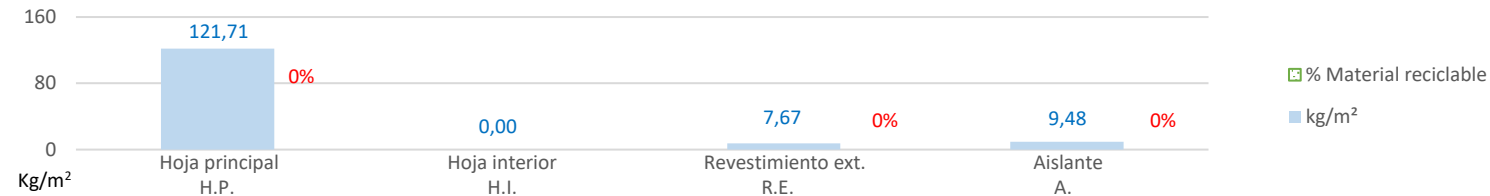
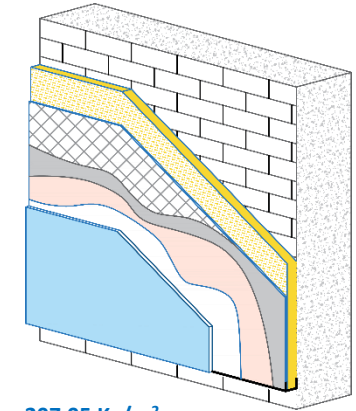
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	4B	H.P.:	Bloque de hormigón hueco
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	SATE con revestimiento continuo	R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Lana de Roca

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	305	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



207,05 Kg/m²
1,81% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRO/m²	% MRO	kg MV/m²
1	Pintura	Dulux envirO2 Paints	-	m²	-	0,18	10,96	-	1,92	0,17	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
2	Empaste de Yeso	Rendering and plastering mortars	5	m²	-	1,50	11,56	-	86,70	7,50	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
3	Primer	Dulux Professional® Total	1	m²	-	0,10	10,96	-	1,04	0,09	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
4	Revoco intermedio	Portland Cement	10	m²	1300	-	10,96	0,11	142,48	12,33	0,00	0,00%	0,01	0,05%	11,71
5	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	-	m²	-	0,13	10,96	-	1,42	0,12	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
6	Mortero adhesivo	Portland Cement	4	m²	1300	-	10,96	0,03	39,89	3,45	0,00	0,00%	0,00	0,05%	3,28
7	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	100	m²	100	-	10,96	1,10	109,60	9,48	0,00	0,00%	2,04	21,50%	9,10
8	Mortero adhesivo	Portland Cement	10	m²	1300	-	10,96	0,11	142,48	12,33	0,00	0,00%	0,01	0,05%	11,71
9	Perfil metálico de arranque	Rigiprofil Metal Profile	124	m	-	3,06	4,00	-	12,25	1,06	0,05	4,70%	1,00	94,00%	0,95
10	Revoco para juntas	Portland Cement	25	m²	1300	-	1,81	0,18	235,30	20,35	0,00	0,00%	0,01	0,05%	19,34
11	Bloque hueco	Average Concrete Cellular Block 45x20x10	100	m²	-	144,30	9,75	-	1406,93	121,71	0,00	0,00%	0,00	0,00%	121,71
12	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
13	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
14	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
15	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
16	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL				305						207,05	3,75	1,81%	4,30	2,08%	191,53

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRO/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRO: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 12. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. SATE con revestimiento discontinuo. Configuración 5A de materiales.

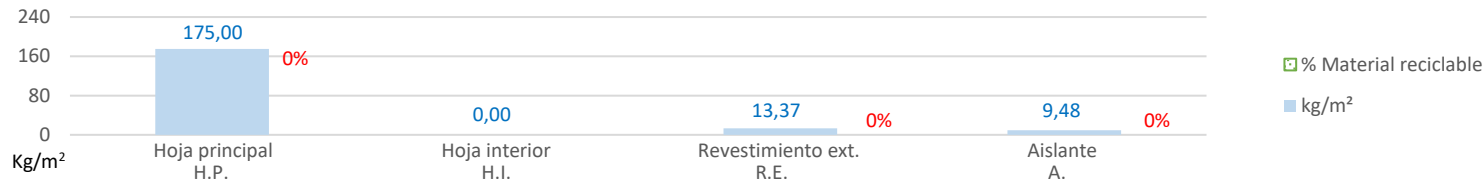
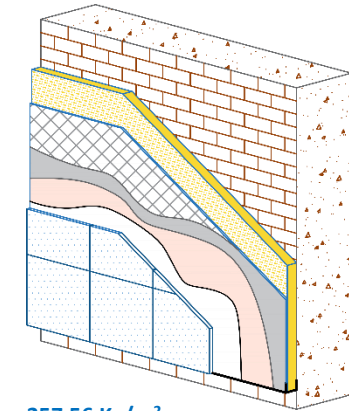
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	5A	H.P.:	Ladrillo denso perforado
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	SATE con revestimiento discontinuo	R.E.:	Baldosas cerámicas
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Lana de Roca

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	316	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



257,56 Kg/m²
1,45% Material reciclable

N°	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Sellador elástico	Emfimastic PS Coltuile	-	m	-	0,002	110,3	-	0,170	0,015	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
2	Baldosas cerámicas	Porcelain stoneware slabs 120x120	6	m2	-	14,10	10,96	-	154,54	13,37	0,00	0,00%	0,00	0,00%	12,97
3	Adhesivo de piezas cerámicas	Mineral adhesives for ceramic tiles	10	m²	-	1,25	10,96	-	137,00	11,85	0,00	0,00%	0,00	0,00%	7,11
4	Primer	Dulux Professional® Total	1	m²	-	0,10	10,96	-	1,04	0,09	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
5	Revoco intermedio	Portland Cement	10	m²	1300	-	10,96	0,11	142,48	12,33	0,00	0,00%	0,01	0,05%	11,71
6	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	-	m²	-	0,13	10,96	-	1,42	0,12	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
7	Mortero adhesivo	Portland Cement	4	m²	1300	-	10,96	0,03	39,89	3,45	0,00	0,00%	0,00	0,05%	3,28
8	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	100	m²	100	-	10,96	1,10	109,60	9,48	0,00	0,00%	2,04	21,50%	9,10
9	Mortero adhesivo	Portland Cement	10	m²	1300	-	10,96	0,11	142,48	12,33	0,00	0,00%	0,01	0,05%	11,71
10	Perfil metálico de arranque	Rigiprofil Metal Profile	124	m	-	3,06	4,00	-	12,25	1,06	0,05	4,70%	1,00	94,00%	0,95
11	Ladrillo denso perforado	Ladrillo denso perforado (175kg/m², sin enlucir)	100	m²	-	175,00	11,56	-	2023,00	175,00	0,00	0,00%	0,00	0,00%	175,00
12	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
13	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
14	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
15	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
16	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL							316			257,56	3,75	1,45%	4,29	1,66%	245,56

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 13. Cálculos de pesos. Fachada Maciza. SATE con revestimiento discontinuo. Configuración 5B de materiales.

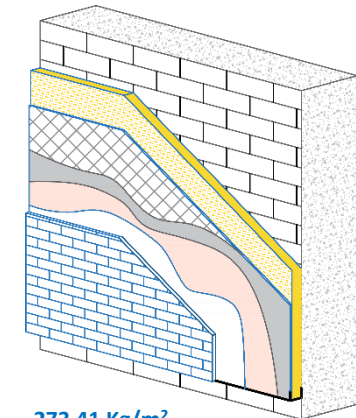
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	5B	H.P.:	Bloque de hormigón hueco
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	SATE con revestimiento discontinuo	R.E.:	Listones de ladrillo
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Lana de Roca

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	345	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



273,41 Kg/m²
1,37% Material reciclable



Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Listones de ladrillo	Ladrillo refractario de cerámica 11x3x22	30	m²	-	59,92	10,52	-	630,31	54,52	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
2	Revoco intermedio	Portland Cement	15	m²	1300	-	11,56	0,17	225,42	19,50	0,00	0,00%	0,01	0,05%	18,53
3	Primer	Dulux Professional® Total	1	m²	-	0,10	10,96	-	1,04	0,09	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
4	Revoco intermedio	Portland Cement	10	m²	1300	-	10,96	0,11	142,48	12,33	0,00	0,00%	0,01	0,05%	11,71
5	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	-	m²	-	0,13	10,96	-	1,42	0,12	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
6	Mortero adhesivo	Portland Cement	4	m²	1300	-	10,96	0,03	39,89	3,45	0,00	0,00%	0,00	0,05%	3,28
7	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	100	m²	100	-	10,96	1,10	109,60	9,48	0,00	0,00%	2,04	21,50%	9,10
8	Mortero adhesivo	Portland Cement	10	m²	1300	-	10,96	0,11	142,48	12,33	0,00	0,00%	0,01	0,05%	11,71
9	Perfil metálico de arranque	Rigiprofil Metal Profile	124	m	-	3,06	4,00	-	12,25	1,06	0,05	4,70%	1,00	94,00%	0,95
10	Revoco para juntas	Portland Cement	25	m²	1300	-	1,81	0,18	235,30	20,35	0,00	0,00%	0,01	0,05%	19,34
11	Bloque hueco	Average Concrete Cellular Block 45x20x10	100	m²	-	144,30	9,75	-	1406,93	121,71	0,00	0,00%	0,00	0,00%	121,71
12	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
13	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
14	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
15	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
16	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL							345			273,41	3,75	1,37%	4,31	1,58%	210,05

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 14. Cálculos de pesos. Fachada Doble ventilada. Configuración 6A de materiales.

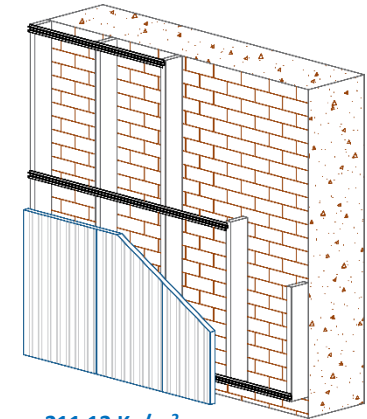
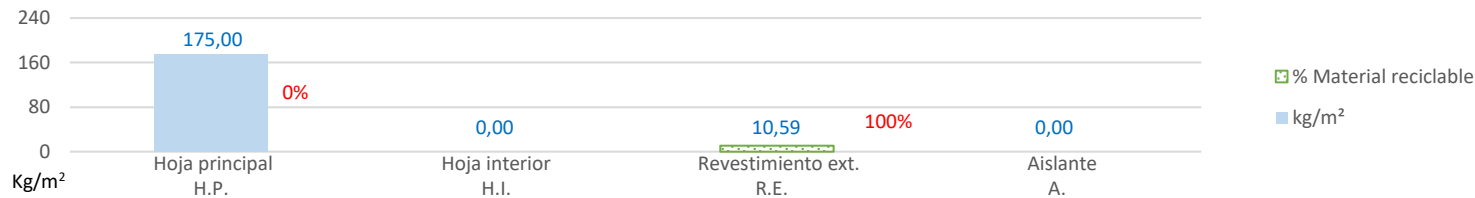
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	6A	H.P.:	Ladrillo denso perforado
Tipo de Fábrica:	Doble	H.I.:	-
Subtipo:	Fachada ventilada (sistema macho-hembra)	R.E.:	Insulated Steel Panel
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	-

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m ²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	344	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



211,12 Kg/m²
9,94% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m ³	kg/Um	cant	m ³	kg	kg/m ²	Kg MRe/m ²	% MRe	kg MRo/m ²	% MRo	kg MV/m ²
1	Insulated Steel Panel	Ternium Multymuro 1,5". Effective width 1,067m	38,1	m ²	-	10,90	11,23	-	122,46	10,59	10,59	100,00%	1,56	14,73%	8,26
2	Junta EPDM perfil SZ	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	m	1150	-	1,44	0,01	16,56	1,43	1,36	95,00%	0,47	33,10%	1,43
3	Perfil auxiliar para remate inferior	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	m	2800	-	4,00	0,00	5,38	0,47	0,44	95,00%	0,15	33,10%	0,47
4	Perfil Z (hembra)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	41	m	2800	-	12,00	0,00	10,38	0,90	0,85	95,00%	0,30	33,10%	0,90
5	Perfil S (macho)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	39,5	m	2800	-	12,00	0,00	11,14	0,96	0,92	95,00%	0,32	33,10%	0,96
6	Perfil T	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	90	m	2800	-	13,95	0,01	17,58	1,52	1,44	95,00%	0,50	33,10%	1,52
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	U	2800	-	20,00	0,01	20,50	1,77	1,68	95,00%	0,59	33,10%	1,77
8	Ladrillo denso perforado	Ladrillo denso perforado (175kg/m ² , sin enlucir)	100	m ²	-	175,00	11,56	-	2023,00	175,00	0,00	0,00%	0,00	0,00%	175,00
9	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
10	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m ²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
11	Tornillos	u/m ² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
12	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
13	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	m ²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL			344							211,12	20,99	9,94%	5,13	2,43%	204,05

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 15. Cálculos de pesos. Fachada Doble ventilada. Configuración 6B de materiales.

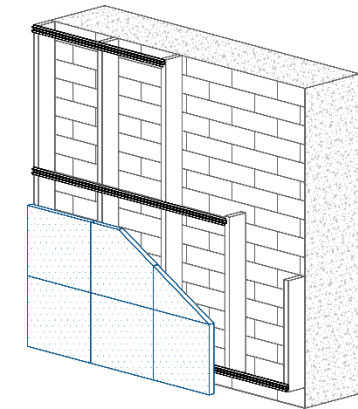
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	6B	H.P.:	Bloque de hormigón hueco
Tipo de Fábrica:	Doble	H.I.:	-
Subtipo:	Fachada ventilada (sistema macho-hembra)	R.E.:	Pieza cerámica
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	-

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	320	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



186,80 Kg/m²
5,57% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Cerámica	Wall title from Vitra Karo 75x150cm	14	m²	-	13,98	11,12	-	155,46	13,45	0,00	0,00%	0,00	0,00%	10,09
2	Junta EPDM perfil SZ	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	m	1150	-	1,44	0,01	16,56	1,43	1,36	95,00%	0,47	33,10%	1,43
3	Perfil auxiliar para remate inferior	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	m	2800	-	4,00	0,00	5,38	0,47	0,44	95,00%	0,15	33,10%	0,47
4	Perfil Z (hembra)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	41	m	2800	-	12,00	0,00	10,38	0,90	0,85	95,00%	0,30	33,10%	0,90
5	Perfil S (macho)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	39,5	m	2800	-	12,00	0,00	11,14	0,96	0,92	95,00%	0,32	33,10%	0,96
6	Perfil T	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	90	m	2800	-	13,95	0,01	17,58	1,52	1,44	95,00%	0,50	33,10%	1,52
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	U	2800	-	20,00	0,01	20,50	1,77	1,68	95,00%	0,59	33,10%	1,77
8	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	60	m²	100	-	11,12	0,67	66,72	5,77	0,00	0,00%	1,24	21,50%	5,54
9	Revoco para juntas	Portland Cement	25	m²	1300	-	1,81	0,18	235,30	20,35	0,00	0,00%	0,01	0,05%	19,34
10	Bloque hueco	Average Concrete Cellular Block 45x20x10	100	m²	-	144,30	9,75	-	1406,93	121,71	0,00	0,00%	0,00	0,00%	121,71
11	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
12	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
13	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
14	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
15	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	-
TOTAL				320						186,80	10,40	5,57%	4,82	2,58%	177,46

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 16. Cálculos de pesos. Fachada Doble ventilada. Configuración 6C de materiales.

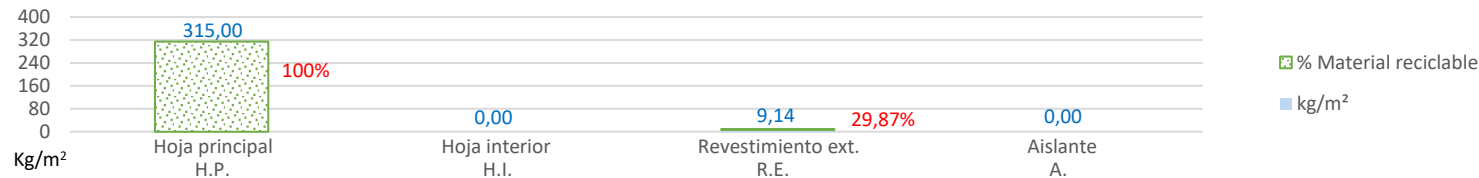
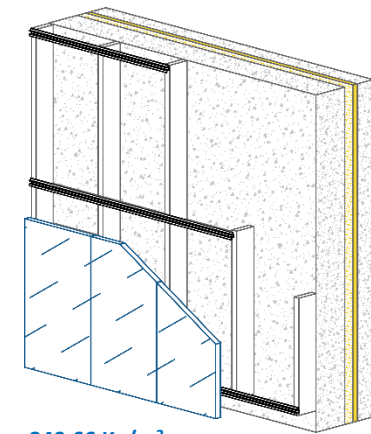
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	6C	H.P.:	Panel prefabricado térmico
Tipo de Fábrica:	Doble	H.I.:	-
Subtipo:	Fachada ventilada (sistema macho-hembra)	R.E.:	Panel de aluminio compuesto
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	-

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	530	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



349,66 Kg/m²
93,84% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRO/m²	% MRO	kg MV/m²
1	Panel de aluminio compuesto	Saray A2 Mineral Filled Panel 125x320cm	4	m²	950	-	11,12	0,11	105,64	9,14	2,73	29,87%	0,38	4,16%	6,85
2	Junta EPDM perfil SZ	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	m	1150	-	1,44	0,01	16,56	1,43	1,36	95,00%	0,47	33,10%	1,43
3	Perfil auxiliar para remate inferior	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	m	2800	-	4,00	0,00	5,38	0,47	0,44	95,00%	0,15	33,10%	0,47
4	Perfil Z (hembra)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	41	m	2800	-	12,00	0,00	10,38	0,90	0,85	95,00%	0,30	33,10%	0,90
5	Perfil S (macho)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	39,5	m	2800	-	12,00	0,00	11,14	0,96	0,92	95,00%	0,32	33,10%	0,96
6	Perfil T	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	90	m	2800	-	13,95	0,01	17,58	1,52	1,44	95,00%	0,50	33,10%	1,52
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	U	2800	-	20,00	0,01	20,50	1,77	1,68	95,00%	0,59	33,10%	1,77
8	Panel prefabricado térmico	Thermal Precast Wall (espesor placa interior y exterior) + 7cm de aislamiento +11cm de refuerzo transversal	320	m²	-	315,00	11,56	-	3641,40	315,00	315,00	100,00%	0,00	0,00%	283,50
9	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
10	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
11	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
12	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
13	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL							530			349,66	328,13	93,84%	3,95	1,13%	311,14

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRO/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRO: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 17. Cálculos de pesos. Fachada Doble ligera. Configuración 7A de materiales.

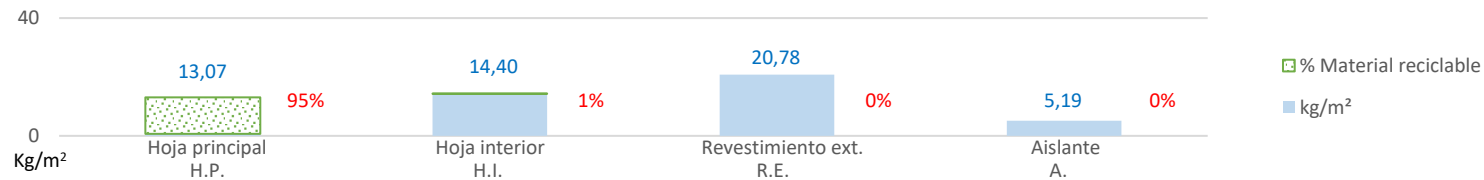
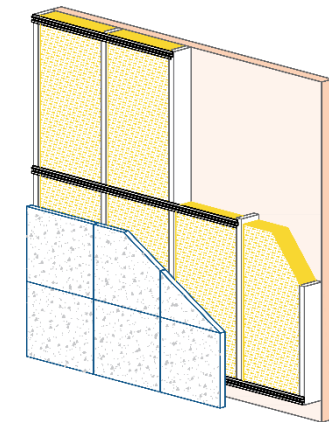
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	7A	H.P.:	Perfil metálico
Tipo de Fábrica:	Doble	H.I.:	Placa de Yeso
Subtipo:	Fachada ligera	R.E.:	Placas de cemento
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Lana de Roca

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	218	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



53,77 Kg/m²
23,37% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Placas de cemento	Ceramapanel	12	m²	-	21,60	11,12	-	240,19	20,78	0,00	0,00%	0,00	0,00%	18,49
2	Junta EPDM perfil SZ	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	m	1150	-	1,920	0,02	22,08	1,91	1,81	95,00%	0,63	33,10%	1,91
3	Perfil auxiliar para remate inferior	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	m	2800	-	4,00	0,00	5,38	0,47	0,44	95,00%	0,15	33,10%	0,47
4	Perfil Z (hembra)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	41	m	2800	-	15,04	0,00	13,01	1,13	1,07	95,00%	0,37	33,10%	1,13
5	Perfil S (macho)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	39,5	m	2800	-	15,04	0,00	13,96	1,21	1,15	95,00%	0,40	33,10%	1,21
6	Perfil T	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	90	m	2800	-	27,81	0,01	35,04	3,03	2,88	95,00%	1,00	33,10%	3,03
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	U	2800	-	18,00	0,01	18,45	1,60	1,52	95,00%	0,53	33,10%	1,60
8	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	60	m²	100	-	9,99	0,60	59,97	5,19	0,00	0,00%	1,12	21,50%	4,98
9	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
10	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
11	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
12	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
13	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL				218						53,77	12,56	23,37%	5,44	10,12%	46,54

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 18. Cálculos de pesos. Fachada Doble ligera. Configuración 7B de materiales.

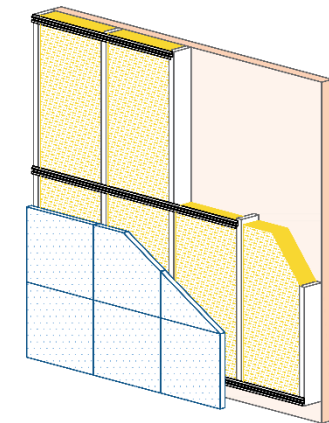
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	7B	H.P.:	Perfil metálico
Tipo de Fábrica:	Doble	H.I.:	Placa de Yeso
Subtipo:	Fachada ligera	R.E.:	Baldosa cerámica
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Lana de Roca

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	220	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



46,44 Kg/m²
27,06% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Cerámica	Wall title from Vitra Karo 75x150cm	14	m²	-	13,98	11,12	-	155,46	13,45	0,00	0,00%	0,00	0,00%	10,09
2	Junta EPDM perfil SZ	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	m	1150	-	1,920	0,02	22,08	1,91	1,81	95,00%	0,63	33,10%	1,91
3	Perfil auxiliar para remate inferior	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	m	2800	-	4,00	0,00	5,38	0,47	0,44	95,00%	0,15	33,10%	0,47
4	Perfil Z (hembra)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	41	m	2800	-	15,04	0,00	13,01	1,13	1,07	95,00%	0,37	33,10%	1,13
5	Perfil S (macho)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	39,5	m	2800	-	15,04	0,00	13,96	1,21	1,15	95,00%	0,40	33,10%	1,21
6	Perfil T	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	90	m	2800	-	27,81	0,01	35,04	3,03	2,88	95,00%	1,00	33,10%	3,03
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	U	2800	-	18,00	0,01	18,45	1,60	1,52	95,00%	0,53	33,10%	1,60
8	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	60	m²	100	-	9,99	0,60	59,97	5,19	0,00	0,00%	1,12	21,50%	4,98
9	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
10	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
11	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
12	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
13	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	-
TOTAL				220						46,44	12,56	27,06%	5,44	11,72%	38,13

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 19. Cálculos de pesos. Fachada Doble ligera. Configuración 7C de materiales.

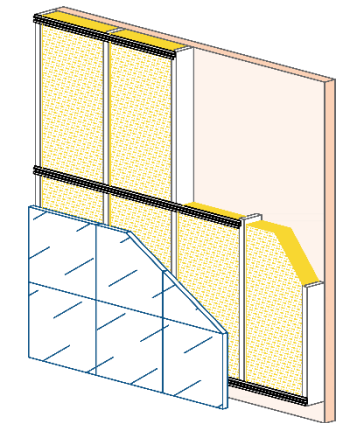
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	7C	H.P.:	Perfil metálico
Tipo de Fábrica:	Doble	H.I.:	Placa de Yeso
Subtipo:	Fachada ligera	R.E.:	Panel de aluminio compuesto
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Lana de Roca

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	210	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



39,49 Kg/m²
32,38% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Panel de aluminio compuesto	Saray A2 Mineral Filled Panel 125x320cm (9,5kg/m2)	4	m²	950	-	11,12	0,11	105,64	9,14	2,73	29,87%	0,38	4,16%	6,85
2	Junta EPDM perfil SZ	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	m	1150	-	1,920	0,02	22,08	1,91	1,81	95,00%	0,63	33,10%	1,91
3	Perfil auxiliar para remate inferior	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	m	2800	-	4,00	0,00	5,38	0,47	0,44	95,00%	0,15	33,10%	0,47
4	Perfil Z (hembra)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	41	m	2800	-	15,04	0,00	13,01	1,13	1,07	95,00%	0,37	33,10%	1,13
5	Perfil S (macho)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	39,5	m	2800	-	15,04	0,00	13,96	1,21	1,15	95,00%	0,40	33,10%	1,21
6	Perfil T	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	90	m	2800	-	27,81	0,01	35,04	3,03	2,88	95,00%	1,00	33,10%	3,03
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	U	2800	-	18,00	0,01	18,45	1,60	1,52	95,00%	0,53	33,10%	1,60
8	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	60	m²	100	-	9,99	0,60	59,97	5,19	0,00	0,00%	1,12	21,50%	4,98
9	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	19,56	-	43,23	3,74	3,55	95,00%	1,24	33,10%	0,05
10	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	11,56	-	166,46	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
11	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
12	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	1,40	-	-	-	-	-	-	-	0,00
13	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	m²	-	0,33	11,56	-	3,81	0,33	-	-	-	-	0,00
TOTAL				210						39,49	12,79	32,38%	4,95	12,53%	32,26

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 20. Cálculos de pesos. Fachada Doble piel. Configuración 8A de materiales.

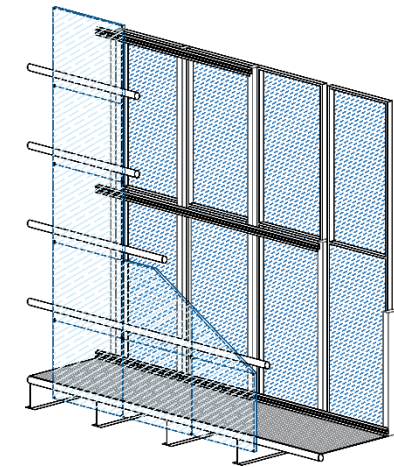
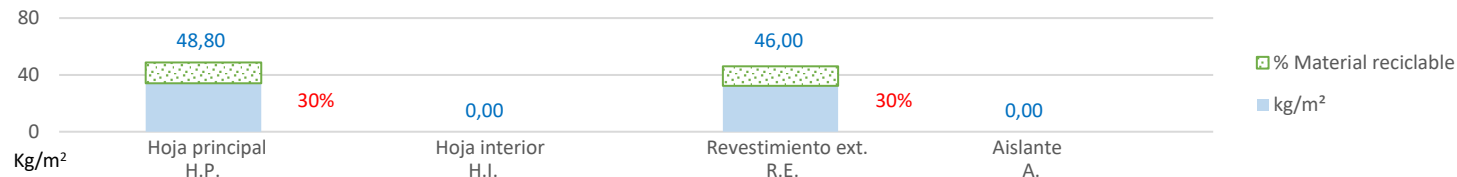
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	8A	H.P.:	Vidrio doble
Tipo de Fábrica:	Doble	H.I.:	-
Subtipo:	Fachada doble piel	R.E.:	Vidrio templado
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	-

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m ²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	904	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



108,43 Kg/m²
29,53% Material reciclable

N°	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m ³	kg/Um	cant	m ³	kg	kg/m ²	Kg MRe/m ²	% MRe	kg MRo/m ²	% MRo	kg MV/m ²
1	Vidrio templado	Contralam structure	20	m ²	-	46,00	11,56	-	531,76	46,00	13,80	30,00%	0,18	0,39%	39,56
2	Sellador adhesivo para unión de vidrios	Sellaceys acristalamiento ventanas (0.95kg/l)	-	m	950	-	33,34	0,00	2,49	0,22	-	-	-	-	0,00
3	Anclaje tipo araña 4	Araña de 4 vías con aleta	64	U	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Anclaje tipo araña 2	Araña de 2 vías con aleta	64	U	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Cable tensado	Cable de acero con alma de acero 6 X 19. Diámetro 1/4"	-	m	-	0,16	33,34	-	5,20	0,45	-	-	-	-	0,45
6	Tubo redondo de acero inoxidable	Tubo estructural en calidad S-355 J2W	70	m	-	4,96	16,00	-	79,36	6,87	-	-	-	-	6,87
7	Malla microperforada horizontal entre hoja interior y exterior	Sistema de techos metálicos de aluminio perforado.	600	m ²	-	2,79	2,40	-	6,70	0,58	0,10	18,00%	0,49	85,00%	0,54
8	Viga metálica estructural	Viga IPE, Metaza	600	m	-	6,00	3,60	-	21,60	1,87	-	-	-	-	1,79
9	Cámara de aire		100												
10	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	U	2800	-	24,00	0,01	24,60	2,13	2,02	95,00%	0,70	33,10%	2,13
11	Canal de aluminio tipo U	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	8,00	-	17,68	1,53	1,45	95,00%	0,51	33,10%	0,02
12	Vidrio doble	Ventana de aluminio AEA	50	m ²	-	48,80	11,56	-	564,13	48,80	14,64	30,00%	5,76	11,80%	44,41
TOTAL					904					108,43	32,02	29,53%	7,64	7,04%	95,76

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 21. Cálculos de pesos. Fachada Doble piel. Configuración 8B de materiales.

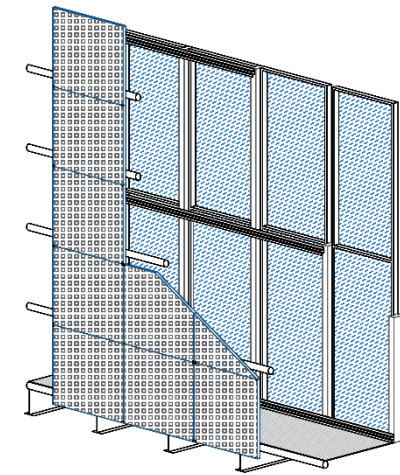
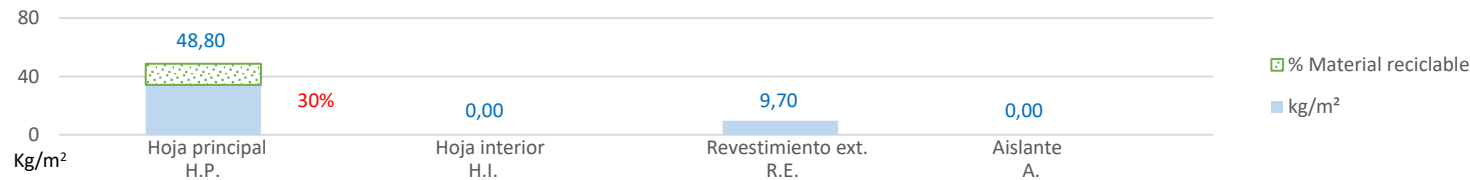
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	8B	H.P.:	Vidrio doble
Tipo de Fábrica:	Doble	H.I.:	-
Subtipo:	Fachada doble piel	R.E.:	Panel microperforado
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	-

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	819	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



72,57 Kg/m²

25,10% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRO/m²	% MRO	kg MV/m²
1	Panel microperforado	LT2062Z4530 20x62 mm de acero	4,5	m²	-	9,70	11,56	-	112,13	9,70	-	-	-	-	9,700
2	Montantes metálicos	Perfil U con calidad S235J2C+N 50x40mm	50	m	-	2,83	17,34	-	49,07	4,25	-	-	-	-	4,245
3	Viguetas metálicas	Perfil U con calidad S235J2C+N 50x40mm	64	m	-	2,83	15,20	-	43,02	3,72	-	-	-	-	3,721
4	Malla microperforada horizontal entre hoja interior y exterior	Sistema de techos metálicos de aluminio perforado.	600	m²	-	2,79	2,40	-	6,70	0,58	0,10	18,00%	0,49	85,00%	0,54
5	Viga metálica estructural	Viga IPE, Metaza	600	m	-	6,00	3,60	-	21,60	1,87	-	-	-	-	1,79
6	Cámara de aire		100												
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	U	2800	-	24,00	0,01	24,60	2,13	2,02	95,00%	0,70	33,10%	2,13
8	Canal de aluminio tipo U	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	8,00	-	17,68	1,53	1,45	95,00%	0,51	33,10%	0,02
9	Vidrio doble	Ventana de aluminio AEA	50	m²	-	48,80	11,56	-	564,13	48,80	14,64	30,00%	5,76	11,80%	44,41
TOTAL							819			72,57	18,22	25,10%	7,46	10,28%	66,56

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRO/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRO: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 22. Cálculos de pesos. Fachada Doble piel. Configuración 8C de materiales.

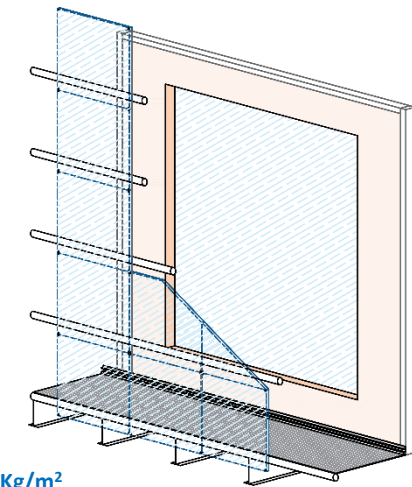
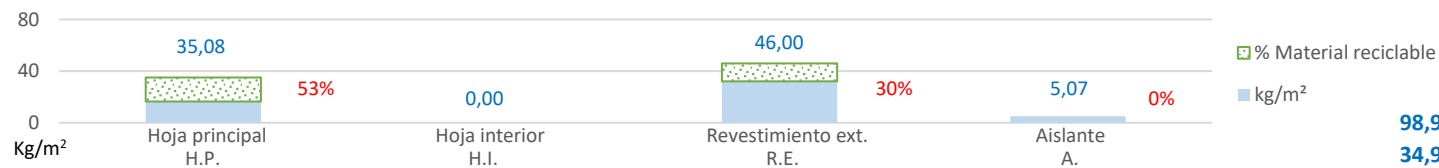
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	8C	H.P.:	Panel de Yeso + vidrio
Tipo de Fábrica:	Doble	H.I.:	
Subtipo:	Fachada doble piel	R.E.:	Vidrio templado
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Lana de roca

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m ²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	944	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



98,92 Kg/m²
34,96% Material reciclable

N°	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m ³	kg/Um	cant	m ³	kg	kg/m ²	Kg MRe/m ²	% MRe	kg MRo/m ²	% MRo	kg MV/m ²
1	Vidrio templado	Contraflam structure	20	m ²	-	46,00	11,56	-	531,76	46,00	13,80	30,00%	0,18	0,39%	39,56
2	Sellador adhesivo para unión de vidrios	Sellaceys acristalamiento	-	m	950	-	33,34	0,00	2,49	0,22	-	-	-	-	0,00
3	Anclaje tipo araña 4	Araña de 4 vías con aleta	64	U	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Anclaje tipo araña 2	Araña de 2 vías con aleta	64	U	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Cable tensado	Cable de acero con alma de acero 6 X 19.	-	m	-	0,16	33,34	-	5,20	0,45	-	-	-	-	0,45
6	Tubo redondo de acero inoxidable	Tubo estructural en calidad S-355 J2W	70	m	-	4,96	16,00	-	79,36	6,87	-	-	-	-	6,87
7	Malla microperforada	Malla aluminio perforado	600	m ²	-	2,79	2,40	-	6,70	0,58	0,10	18,00%	0,49	85,00%	0,54
8	Viga metálica estructural	Viga IPE, Metaza	600	m	-	6,00	3,60	-	21,60	1,87	-	-	-	-	1,79
9	Cámara de aire		100												
10	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	U	2800	-	24,00	0,01	24,60	2,13	2,02	95,00%	0,70	33,10%	2,13
11	Unidad prefabricada de vidrio	CLIMATOP 4-16-4-16-4	44	m ²	-	30,00	5,29	-	158,76	13,734	13,05	95,00%	0,00	0,00%	11,81
12	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m ²	-	14,40	6,27	-	90,26	7,81	0,08	1,00%	0,00	0,00%	7,42
13	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	60	m ²	100	-	9,76	0,59	58,56	5,07	0,00	0,00%	1,09	21,50%	4,86
14	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	60	m	-	2,21	30,00	-	66,30	5,74	5,45	95,00%	1,90	33,10%	0,08
15	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m ²	-	14,40	6,268	-	90,26	7,81	0,08	1,00%	0,00	0,00%	7,42
16	Tornillos	u/m ² fachada	-	U	-	-	22,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
17	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	m	-	-	2,80	-	-	-	-	-	-	-	0,00
18	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	m ²	-	0,33	0,66	-	7,63	0,66	-	-	-	-	-
TOTAL										98,92	34,58	34,96%	4,36	4,41%	82,92

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 23. Cálculos de pesos. Fachada con estructura de esqueleto. Configuración 9A de materiales.

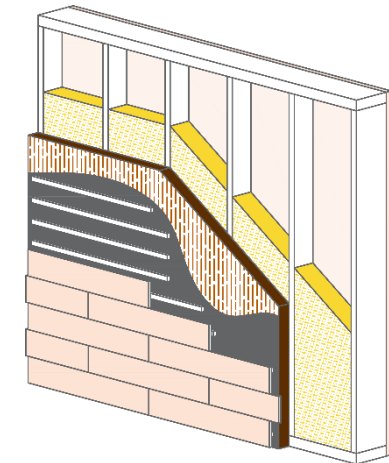
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	9A	H.P.:	Entramado de madera
Tipo de Fábrica:	Con estructura de esqueleto	H.I.:	Placa de Yeso
Subtipo:	Wood Frame	R.E.:	Tablero de madera
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Fibra de vidrio

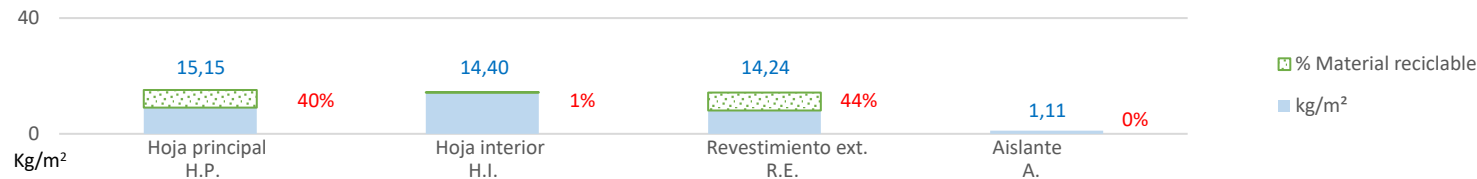
INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	12,28	Ancho (m):	4,25
Espesor (mm):	269	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



49,07 Kg/m²

32,48% Material reciclable



Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Tablero de madera	HPL boards with natural wood finish ProdEX IGN	10	m²	-	14,24	12,28	-	174,90	14,24	6,20	43,53%	1,94	13,62%	8,26
2	Entramado exterior	Swedish sawn and planed wood product 2x3"	76	m	489	-	23,12	0,09	43,07	3,51	3,51	100,00%	0,10	2,84%	3,51
3	House wrap	Láminas Flexibles para Impermeabilización	-	m²	-	0,06	12,28	-	0,74	0,06	-	-	-	-	0,06
4	Chapa de madera	Oriented strand board (OSB)	15	m²	600	-	12,28	0,18	110,54	9,00	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
5	Fibra de vidrio	Fibreglass	43	m²	-	0,41	11,13	-	13,69	1,11	0,00	0,00%	0,00	0,00%	1,06
6	Entramado interior	Swedish sawn and planed wood product 2x6"	152	m	489	-	23,12	0,09	43,07	3,51	3,51	100,00%	0,10	2,84%	3,51
7	Placa superior e inferior doble	Swedish sawn and planed wood product 2x6"	76	m	489	-	17,00	0,06	31,67	2,58	2,58	100,00%	0,07	2,84%	2,58
8	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	12,28	-	176,87	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
9	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	22,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
10	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	2,80	-	-	-	-	-	-	-	0,00
11	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	Kg	-	0,33	0,66	-	8,11	0,66	-	-	-	-	0,00
TOTAL				269						49,07	15,94	32,48%	2,21	4,51%	32,65

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 24. Cálculos de pesos. Fachada con estructura de esqueleto. Configuración 9B de materiales.

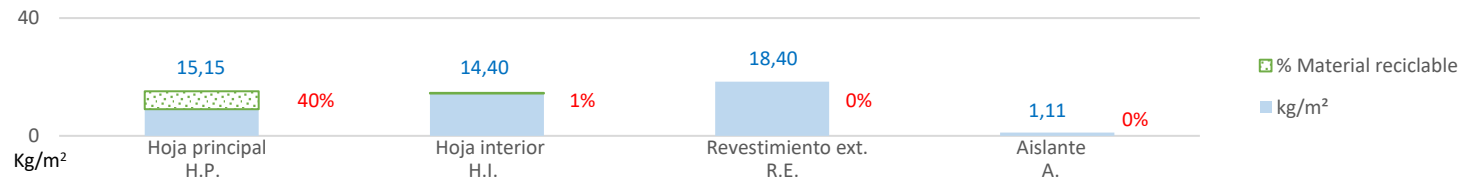
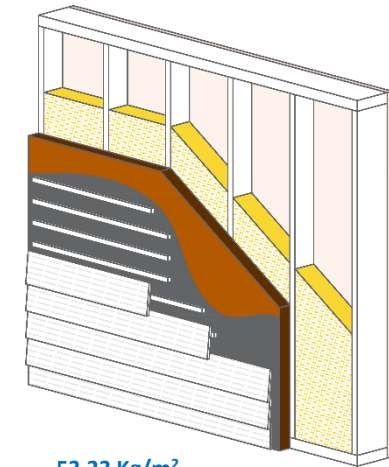
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	9B	H.P.:	Entramado de madera
Tipo de Fábrica:	Con estructura de esqueleto	H.I.:	Placa de Yeso
Subtipo:	Wood Frame	R.E.:	Lamas de fibrocemento
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Fibra de vidrio

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	12,28	Ancho (m):	4,25
Espesor (mm):	273	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



53,23 Kg/m²
18,29% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRO/m²	% MRO	kg MV/m²
1	Lamas de fibrocemento	Siding MH Fijación oculta 240 x 2438 mm 5UP F/OC	14	m²	-	18,40	12,28	-	226,00	18,40	0,00	0,00%	0,02	0,12%	10,67
2	Entramado exterior	Swedish sawn and planed wood product 2x3"	76	m	489	-	23,12	0,09	43,07	3,51	3,51	100,00%	0,10	2,84%	3,51
3	House wrap	Láminas Flexibles para Impermeabilización	-	m²	-	0,06	12,28	-	0,74	0,06	-	-	-	-	0,06
4	Chapa de madera	Oriented strand board (OSB)	15	m²	600	-	12,28	0,18	110,54	9,00	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
5	Fibra de vidrio	Fibreglass	43	m²	-	0,41	11,13	-	13,69	1,11	0,00	0,00%	0,00	0,00%	1,06
6	Entramado interior	Swedish sawn and planed wood product 2x6"	152	m	489	-	23,12	0,09	43,07	3,51	3,51	100,00%	0,10	2,84%	3,51
7	Placa superior e inferior doble	Swedish sawn and planed wood product 2x6"	76	m	489	-	17,00	0,06	31,67	2,58	2,58	100,00%	0,07	2,84%	2,58
8	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	15	m²	-	14,40	12,28	-	176,87	14,40	0,14	1,00%	0,00	0,00%	13,68
9	Tornillos	u/m² fachada	-	U	-	-	22,00	-	-	-	-	-	-	-	0,00
10	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	m	-	-	2,80	-	-	-	-	-	-	-	0,00
11	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	Kg	-	0,33	0,66	-	8,11	0,66	-	-	-	-	0,00
TOTAL				273						53,23	9,74	18,29%	0,29	0,55%	35,06

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRO/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRO: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 25. Cálculos de pesos. Fachada autoportante brutalista. Configuración 10A de materiales.

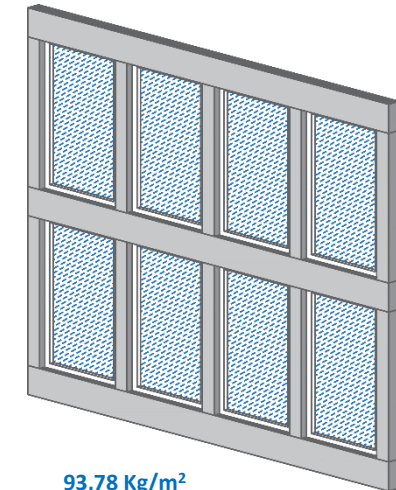
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

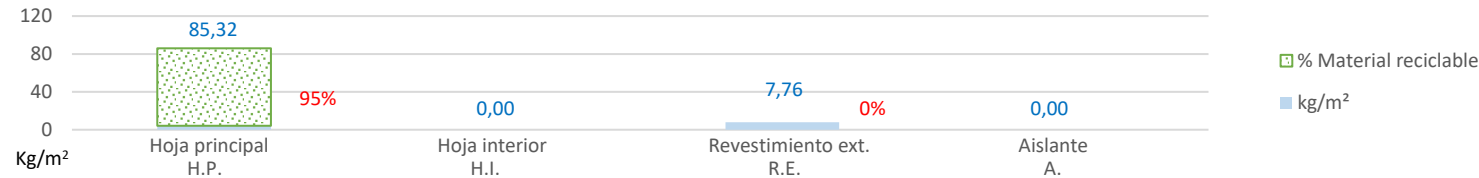
Código:	10A	H.P.:	Estructura metálica + vidrio
Tipo de Fábrica:	Autoportante brutalista	H.I.:	-
Subtipo:	Post and beam	R.E.:	Chapa metálica
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	-

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m ²):	77,52	Ancho (m):	12,00
Espesor (mm):	335	Altura (m):	3,23 (19 peldaños)



93,78 Kg/m²
87,16% Material reciclable



Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m ³	kg/Um	cant	m ³	kg	kg/m ²	Kg MRe/m ²	% MRe	kg MRo/m ²	% MRo	kg MV/m ²
1	Chapa metálica	Alcotek® F 4x0,4	4	m ²	-	7,79	77,17	-	601,18	7,76	0,00	0,00%	0,01	0,08%	6,74
2	Anclaje tipo C	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	41	m	2800	-	64,00	0,02	55,37	0,71	0,68	95,00%	0,24	33,10%	0,71
3	Unidad prefabricada de vidrio	CLIMATOP 4-16-4-16-4	44	m ²	-	30,00	60,05	-	1801,44	23,24	22,08	95,00%	0,00	0,00%	19,99
4	Postes metálicos	Duferco. Travi UC Universal Columnas 305x305x97	300	m	-	96,90	27,80	-	2693,82	34,75	33,01	95,00%	11,50	33,10%	33,01
5	Vigas metálicas	Duferco. HE 300 A 290 300	290	m	-	88,30	24,00	-	2119,20	27,34	25,97	95,00%	9,05	33,10%	25,97
TOTAL			335							93,78	81,74	87,16%	20,79	22,17%	86,41

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Ficha 26. Cálculos de pesos. Fachada autoportante brutalista. Configuración 10B de materiales.

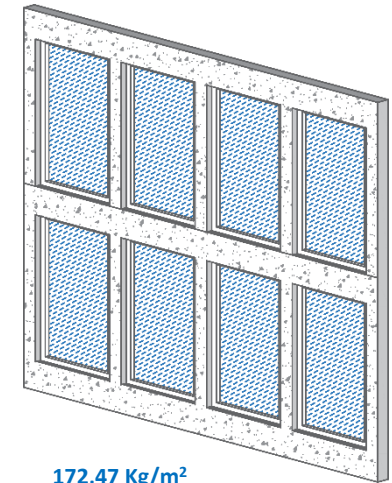
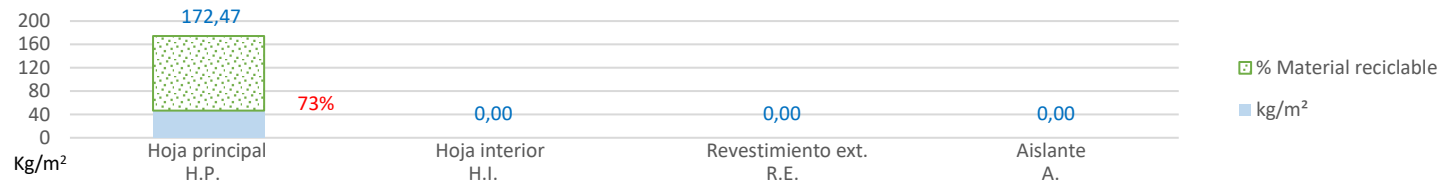
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	10B	H.P.:	Hormigón prefabricado + vidrio
Tipo de Fábrica:	Autoportante brutalista	H.I.:	-
Subtipo:	Post and beam	R.E.:	-
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	-

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m²):	77,52	Ancho (m):	12,00
Espesor (mm):	300	Altura (m):	3,23 (19 peldaños)



172,47 Kg/m²
73,33% Material reciclable

Nº	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m³	kg/Um	cant	m³	kg	kg/m²	Kg MRe/m²	% MRe	kg MRo/m²	% MRo	kg MV/m²
1	Unidad prefabricada de vidrio	CLIMATOP 4-16-4-16-4	44	m²	-	30,00	59,40	-	1782,00	22,99	21,84	95,00%	0,00	0,00%	19,77
2	Postes prefabricados de hormigón	Precast concrete from INHUS Prefab, UAB	300	m	2500	-	27,50	2,48	6187,50	79,82	55,87	70,00%	0,00	0,00%	79,50
3	Vigas prefabricadas de hormigón	Precast concrete from INHUS Prefab, UAB	300	m	2500	-	24,00	2,16	5400,00	69,66	48,76	70,00%	0,00	0,00%	69,38
TOTAL			300							172,47	126,47	73,33%	0,00	0,00%	168,65

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

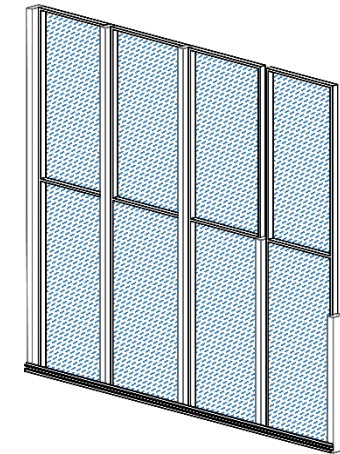
Ficha 27. Cálculos de pesos. Fachada autoportante muro cortina. Configuración 11 de materiales.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	11	H.P.:	Vidrio doble
Tipo de Fábrica:	Autoportante	H.I.:	
Subtipo:	Muro cortina	R.E.:	
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	

INFORMACIÓN NUMÉRICA DE LA FACHADA

Superficie total (m ²):	11,56	Ancho (m):	4,00
Espesor (mm):	104	Altura (m):	2,89 (17 peldaños)



30,83 Kg/m²
95,00% Material reciclable

N°	Materiales	Especificación	e	Um	kg/m ³	kg/Um	cant	m ³	kg	kg/m ²	Kg MRe/m ²	% MRe	kg MRo/m ²	% MRo	kg MV/m ²
1	Unidad prefabricada de vidrio	CLIMATOP 4-16-4-16-4	44	m ²		30,00	10,15	-	304,39	26,33	25,01	95,00%	0,00	0,00%	22,65
2	Montantes y viguetas metálicas	Aluminum profiles	60	m		2,21	23,56	-	52,07	4,50	4,28	95,00%	1,49	33,10%	0,06
3	Tornillos	u/m ² fachada	-	U	-	-	11,00	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL							104			30,83	29,29	95,00%	1,49	4,83%	22,71

(e: espesor; Um: unidad de medida; kg/m³: densidad; kg/Um: peso nominal en kilogramos; cant: cantidad; m³: volumen; kg: peso total de la fachada en kilogramos; kg/m²: peso de material por m² de fachada en kilogramos; kg MRe/m²: peso de material reciclable por m² de fachada en kilogramos; % MRe: porcentaje de material reciclable; kg MRo/m²: peso de material reciclado postconsumo utilizado por m² de fachada en kilogramos; % MRo: porcentaje de material reciclado postconsumo utilizado; kg MV/m²: peso de material virgen por m² de fachada en kilogramos)

Fichas de cuantificación de indicadores cualitativos de materiales

Culminada la explicación de las fichas sobre los pesos en fachadas, se da continuidad a las fichas de cuantificación de indicadores, en los que precisamente se valorizan las características cualitativas de los materiales que componen cada sistema de fachada.

Tal como se expusieron 27 fichas sobre el cálculo de pesos de sistemas de fachadas, también se exponen 27 fichas más sobre la cuantificación de estos indicadores, cuya exposición inicia con los datos de configuración del objeto de estudio, entre ellos, el código, tipo y subtipo de fábrica, la unidad de medida y los materiales asignados a la hoja principal, hoja interior, revestimiento exterior y aislamiento térmico de la fachada.

Por lo tanto, la ficha consta de seis columnas, cuales dos primeras detallan los materiales y su especificación. Las cualidades que valorizan la característica del material en particular, conforme a uno (1) si aplica o, cero (0) si no aplica, serán expuestas a continuación.

- Toxicidad: se coloca en valor esta cualidad de acuerdo con el grado de incidencia de determinados compuestos que resulten tener toxinas o materias que contaminen otros materiales. Si el material contiene un porcentaje de compuestos tóxicos, se le asigna el valor de (1), caso contrario, se mantiene en cero (0). Aquellos contenidos de toxicidad se basan en la información recuperada de las declaraciones ambientales del producto y, cabe mencionar que aquellos materiales que son reiterativos en otros ítems, no se consideran dentro del porcentaje final de toxicidad. El promedio de toxicidad será considerado en la valoración del indicador N°4 de la categoría *Materiales* de la matriz principal.
- Material compuesto: cada material se caracteriza por estar compuesto de materia prima y materia secundaria, por lo que, entre mayor sea la complejidad compositiva de un material, mayor

dificultad existirá en los procesos de fin de vida útil del sistema en estudio. Por lo tanto, si el material presenta un contenido de materias primas menor a la materia secundaria o de alta industrialización, se le asignará el valor de uno (1), a diferencia de que si composición es alta en materia prima, se mantiene en cero (0). Es así como, la sumatoria de estas valoraciones, será establecida en el indicador N°3 de la categoría *Materiales* de la matriz principal.

- Componente prefabricado: existen materiales que, sin haber tenido aplicación en los sistemas constructivos, se constituyen como un componente prefabricado, que posee altos estándares de industrialización y cuya característica modular o de medidas comerciales usuales, vuelven eficientes los procesos de desmontabilidad o reciclabilidad. Por lo tanto, también entra en cuestión esta cualidad del material que, en el caso de ser prefabricado, se le asigna el valor de uno (1). El promedio de estos será consecuente con la valoración asignada en el indicador N°4 de la categoría *Componentes* de la matriz principal.
- Dispone EPD: finalmente, también se evalúa el nivel de sustento técnico que justifica el desarrollo de este estudio. Por lo tanto, se valoriza el hecho de que un material disponga o no de una declaración ambiental de producto (EPD), documento que proporciona la mayoría de las especificaciones de los materiales. Si estos disponen de EPD, se les asigna el valor de uno (1), cual promedio se vincula con el coeficiente dado al indicador N°5 y N°1 de las categorías *Materiales* y *Viabilidad* de la matriz principal, respectivamente.

A continuación, la exposición de las fichas.

Ficha 28. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1A de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	1A	H.P.:	Ladrillo cerámico perforado
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	Ladrillo cerámico hueco
Subtipo:	Con acabado exterior caravista	R.E.:	-
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Poliestireno expandido

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Ladrillo cerámico	Superbrick 24x11,5x5cm	0	0	1	1
2	Revoco para juntas	Portland Cement	0	1	0	1
3	Revoco intermedio	Portland Cement	-	-	-	-
4	Poliestireno expandido	EUMEPS	1	1	0	1
5	Anclaje mecánico	Espiga de Golpeo	-	-	-	-
6	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	0	1	0	1
7	Revoco intermedio	Portland Cement	-	0	0	-
8	Separación de 10mm		-	-	-	-
9	Ladrillo cerámico hueco	Pieza "P" de arcilla cocida	0	0	1	1
10	Revoco para juntas	Portland Cement	-	-	-	-
11	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
12	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
13	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
14	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
15	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			14%	4,00	4,00	100%

Ficha 29. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1B de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	1B	H.P.:	Bloque de hormigón de áridos densos
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	Bloque de hormigón hueco
Subtipo:	Con acabado exterior caravista	R.E.:	-
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Poliestireno expandido

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Bloque de hormigón de áridos densos	Bloque Arliblock 50x15x20	0	0	1	1
2	Revoco para juntas	Portland Cement	0	1	0	1
3	Revoco intermedio	Portland Cement	-	-	-	-
4	Poliestireno expandido	EUMEPS	1	1	0	1
5	Anclaje mecánico tipo espiga	Espiga de Golpeo	-	-	-	-
6	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	0	1	0	1
7	Revoco intermedio	Portland Cement	-	-	-	-
8	Separación de 10mm		-	-	-	-
9	Bloque hueco	Average Concrete Cellular Block 45x20x10	0	0	1	1
10	Revoco para juntas	Portland Cement	-	-	-	-
11	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
12	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
13	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
14	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
15	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			14%	4	4	100%

Ficha 30. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1C de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	1C	H.P.:	Panel prefabricado térmico
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	Con acabado exterior caravista	R.E.:	-
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	-

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Panel prefabricado térmico	Thermal Precast Wall (espesor placa interior y exterior) + 7cm de aislamiento +11cm de refuerzo transversal	0	1	1	0
2	Tirantes de acero	Rundstång S235JR 15 mm 6,00 m	0	0	1	1
3	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
4	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
5	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
6	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
7	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			0%	2	4	75%

Ficha 31. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2A de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	2A	H.P.:	Ladrillo cerámico perforado
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	Ladrillo cerámico hueco
Subtipo:	Con acabado exterior continuo	R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Poliestireno expandido

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Pintura	Dulux enviro2 Paints 59L84179	1	1	0	1
2	Empaste de Yeso	Rendering and plastering mortars	0	1	0	1
3	Ladrillo cerámico	Superbrick 24x11,5x5cm	0	0	1	1
4	Revoco para juntas	Portland Cement	0	1	0	1
5	Revoco intermedio	Portland Cement	-	-	-	-
6	Poliestireno expandido	EUMEPS	1	1	0	1
7	Anclaje mecánico	Espiga de Golpeo	-	-	-	-
8	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	0	1	0	1
9	Revoco intermedio	Portland Cement	-	-	-	-
10	Separación de 10mm		-	-	-	-
11	Ladrillo cerámico hueco	Pieza "P" de arcilla cocida	0	0	1	1
12	Revoco para juntas	Portland Cement				
13	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
14	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
15	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
16	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
17	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			22%	6	4	100%

Ficha 32. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2B de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	2B	H.P.:	Bloque de hormigón de áridos densos
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	Bloque de hormigón hueco
Subtipo:	Con acabado exterior continuo	R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Poliestireno expandido

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Pintura	Dulux enviro2 Paints	1	1	0	1
2	Empaste de Yeso	Rendering and plastering mortars	0	1	0	1
3	Bloque de hormigón de áridos densos	Bloque Arliblock 50x15x20	0	0	1	1
4	Revoco para juntas	Portland Cement	0	1	0	1
5	Revoco intermedio	Portland Cement	-	-	-	-
6	Poliestireno expandido	EUMEPS	1	1	0	1
7	Anclaje mecánico	Espiga de Golpeo	-	-	-	-
8	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	0	1	0	1
9	Revoco intermedio	Portland Cement	-	-	-	-
10	Separación de 10mm		-	-	-	-
11	Bloque hueco	Average Concrete Cellular Block 45x20x10	0	0	1	1
12	Revoco para juntas	Portland Cement	-	-	-	-
13	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
14	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
15	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
16	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
17	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			22%	6	4	100%

Ficha 33. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2C de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	2C	H.P.:	Panel prefabricado térmico
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	Con acabado exterior continuo	R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	-

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Pintura	Dulux enviro2 Paints 59L84179	1	1	0	1
2	Empaste de Yeso	Rendering and plastering mortars	0	1	0	1
3	Panel prefabricado térmico	Thermal Precast Wall (espesor placa interior y exterior) + 7cm de aislamiento +11cm de refuerzo transversal	0	1	1	0
4	Tirantes de acero	Rundstång S235JR 15 mm 6,00 m	0	0	1	1
5	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
6	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
7	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
8	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
9	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			17%	4	4	83%

Ficha 34. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3A de materiales.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	3A	H.P.:	Ladrillo cerámico perforado
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	Ladrillo cerámico hueco
Subtipo:	Con acabado exterior discontinuo	R.E.:	Azulejos cerámicos de pared
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Poliestireno expandido

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Azulejos cerámicos de pared	Porcelain stoneware slabs for interior and exterior Walls 120x120	0	0	1	1
2	Revoco intermedio	Portland Cement	0	1	0	1
3	Ladrillo cerámico perforado	Superbrick 24x11,5x5cm	0	0	1	1
4	Revoco para juntas	Portland Cement	-	-	-	-
5	Revoco intermedio	Portland Cement	-	-	-	-
6	Poliestireno expandido	EUMEPS	1	1	0	1
7	Anclaje mecánico	Espiga de Golpeo				
8	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	0	1	0	1
9	Revoco intermedio	Portland Cement	-	-	-	-
10	Separación de 10mm		-	-	-	-
11	Ladrillo cerámico hueco	Pieza "P" de arcilla cocida	0	0	1	1
12	Revoco para juntas	Portland Cement	-	-	-	-
13	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
14	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
15	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
16	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
17	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			13%	4	5	100%

Ficha 35. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3B de materiales.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	3B	H.P.:	Bloque de hormigón de áridos densos
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	Bloque de hormigón hueco
Subtipo:	Con acabado exterior discontinuo	R.E.:	Lamas de fibrocemento
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Poliestireno expandido

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Lamas de fibrocemento	Flat Sheet in fiber cement	0	1	1	1
2	Revoco intermedio	Portland Cement	0	1	0	1
3	Bloque de hormigón de áridos densos	Bloque Arliblock 50x15x20	0	0	1	1
4	Revoco para juntas	Portland Cement	-	-	-	-
5	Revoco intermedio	Portland Cement	-	-	-	-
6	Poliestireno expandido	EUMEPS	1	1	0	1
7	Anclaje mecánico tipo espiga	Espiga de Golpeo				
8	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	0	1	0	1
9	Revoco intermedio	Portland Cement	-	-	-	-
10	Separación de 10mm		-	-	-	-
11	Bloque hueco	Average Concrete Cellular Block 45x20x10	0	0	1	1
12	Revoco para juntas	Portland Cement	-	-	-	-
13	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
14	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
15	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
16	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
17	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			13%	5	5	100%

Ficha 36. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3C de materiales. Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	3C	H.P.:	Panel prefabricado térmico
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	Con acabado exterior discontinuo	R.E.:	Azulejos cerámicos de pared
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	-

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Azulejos cerámicos de pared	Porcelain stoneware slabs for interior and exterior Walls 120x120	0	1	1	1
2	Revoco intermedio	Portland Cement	0	1	0	1
3	Panel prefabricado térmico	Thermal Precast Wall (espesor placa interior y exterior) + 7cm de aislamiento +11cm de refuerzo transversal	0	1	1	0
4	Tirantes de acero	Rundstång S235JR 15 mm 6,00 m	0	0	1	1
5	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	1	1	1
6	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
7	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
8	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
9	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			0%	5	5	83%

Ficha 37. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. SATE con revestimiento continuo. Configuración 4A de materiales. Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	4A	H.P.:	Ladrillo denso perforado
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	SATE con revestimiento continuo	R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Lana de Roca

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Pintura	Dulux enviro2 Paints	1	1	0	1
2	Empaste de Yeso	Rendering and plastering mortars	0	1	0	1
3	Primer	Dulux Professional® Total	1	1	0	1
4	Revoco intermedio	Portland Cement	0	1	0	1
5	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	0	1	0	1
6	Mortero adhesivo	Portland Cement				
7	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	0	1	0	1
8	Mortero adhesivo	Portland Cement	-	-	-	-
9	Perfil metálico de arranque	Rigiprofil Metal Profile	0	0	1	1
10	Ladrillo denso perforado	Ladrillo denso perforado (175kg/m ² , sin enlucir)	0	0	1	1
11	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
12	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
13	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
14	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
15	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			20%	7	4	100%

Ficha 38. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. SATE con revestimiento continuo. Configuración 4B de materiales.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	4B	H.P.:	Bloque de hormigón hueco
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	SATE con revestimiento continuo	R.E.:	Enlucido de Yeso +Pintura
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Lana de Roca

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
			Valoración: 1 aplica, 0 no aplica			
1	Pintura	Dulux enviro2 Paints	1	1	0	1
2	Empaste de Yeso	Rendering and plastering mortars	0	1	0	1
3	Primer	Dulux Professional® Total	1	1	0	1
4	Revoco intermedio	Portland Cement	0	1	0	1
5	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	0	1	0	1
6	Mortero adhesivo	Portland Cement	-	-	-	-
7	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	0	1	0	1
8	Mortero adhesivo	Portland Cement	-	-	-	-
9	Perfil metálico de arranque	Rigiprofil Metal Profile	0	0	1	1
10	Revoco para juntas	Portland Cement	-	-	-	-
11	Bloque hueco	Average Concrete Cellular Block 45x20x10	0	0	1	1
12	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
13	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
14	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
15	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
16	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			20%	7	4	100%

Ficha 39. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. SATE con revestimiento discontinuo. Configuración 5A de materiales.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	5A	H.P.:	Ladrillo denso perforado
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.I.:	-
Subtipo:	SATE con revestimiento discontinuo	R.E.:	Baldosas cerámicas
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Lana de Roca

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
			Valoración: 1 aplica, 0 no aplica			
1	Sellador elástico	Emfimastic PS Coltuile	1	1	0	1
2	Baldosas cerámicas	Porcelain stoneware slabs 120x120	0	0	1	1
3	Adhesivo de piezas cerámicas	Mineral adhesives for ceramic tiles	0	1	0	1
4	Primer	Dulux Professional® Total	1	1	0	1
5	Revoco intermedio	Portland Cement	0	1	0	1
6	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	0	1	0	1
7	Mortero adhesivo	Portland Cement	-	-	-	-
8	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	0	1	0	1
9	Mortero adhesivo	Portland Cement	-	-	-	-
10	Perfil metálico de arranque	Rigiprofil Metal Profile	0	0	1	1
11	Ladrillo denso perforado	Ladrillo denso perforado (175kg/m ² , sin enlucir)	0	0	1	1
12	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
13	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
14	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
15	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
16	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			18%	7	5	100%

Ficha 40. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Maciza. SATE con revestimiento discontinuo. Configuración 5B de materiales.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	5B	H.P.:	Bloque de hormigón hueco
Tipo de Fábrica:	Maciza	H.L.:	-
Subtipo:	SATE con revestimiento discontinuo	R.E.:	Listones de ladrillo
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Lana de Roca

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Listones de ladrillo	Ladrillo refractario de cerámica 11x3x22	0	0	1	1
2	Revoco intermedio	Portland Cement	0	1	0	1
3	Primer	Dulux Professional® Total	1	1	0	1
4	Revoco intermedio	Portland Cement	-	-	-	-
5	Malla de refuerzo	E-Fibreglass mesh	0	1	0	1
6	Mortero adhesivo	Portland Cement	-	-	-	-
7	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	0	1	0	1
8	Mortero adhesivo	Portland Cement	-	-	-	-
9	Perfil metálico de arranque	Rigiprofil Metal Profile	0	0	1	1
10	Revoco para juntas	Portland Cement	-	-	-	-
11	Bloque hueco	Average Concrete Cellular Block 45x20x10	0	0	1	1
12	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
13	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
14	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
15	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
16	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			11%	5	5	100%

Ficha 41. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble ventilada. Configuración 6A de materiales.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	6A	H.P.:	Ladrillo denso perforado
Tipo de Fábrica:	Doble	H.L.:	-
Subtipo:	Fachada ventilada (sistema macho-hembra)	R.E.:	Insulated Steel Panel
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	-

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Insulated Steel Panel	Ternium Multymuro 1,5". Effective width 1,067m	0	1	1	1
2	Junta EPDM perfil SZ	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	1	1	0	0
3	Perfil auxiliar para remate inferior	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	0	0	1	0
4	Perfil Z (hembra)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
5	Perfil S (macho)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
6	Perfil T	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
8	Ladrillo denso perforado	Ladrillo denso perforado (175kg/m ² , sin enlucir)	0	0	1	1
9	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
10	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
11	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
12	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
13	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			17%	3	5	67%

Ficha 42. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble ventilada. Configuración 6B de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	6B	H.P.:	Bloque de hormigón hueco
Tipo de Fábrica:	Doble	H.I.:	-
Subtipo:	Fachada ventilada (sistema macho-hembra)	R.E.:	Pieza cerámica
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	-

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Cerámica	Wall tile from Vitra Karo 75x150cm	0	0	1	1
2	Junta EPDM perfil SZ	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	1	1	0	0
3	Perfil auxiliar para remate inferior	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	0	0	1	0
4	Perfil Z (hembra)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
5	Perfil S (macho)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
6	Perfil T	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
8	Lana de Roca	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	0	1	0	1
9	Revoco para juntas	Portland Cement	0	1	0	1
10	Bloque hueco	Average Concrete Cellular Block 45x20x10	0	0	1	1
11	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
12	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	0	1	1
13	Tornillos	u/m² fachada	-	-	-	-
14	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	-	-	-
15	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			13%	3	5	75%

Ficha 43. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble ventilada. Configuración 6C de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	6C	H.P.:	Panel prefabricado térmico
Tipo de Fábrica:	Doble	H.I.:	-
Subtipo:	Fachada ventilada (sistema macho-hembra)	R.E.:	Panel de aluminio compuesto
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	-

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Panel de aluminio compuesto	Saray A2 Mineral Filled Panel 125x320cm	0	0	1	1
2	Junta EPDM perfil SZ	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	1	1	0	0
3	Perfil auxiliar para remate inferior	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	0	0	1	0
4	Perfil Z (hembra)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
5	Perfil S (macho)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
6	Perfil T	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
8	Panel prefabricado térmico	Thermal Precast Wall (espesor placa interior y exterior) + 7cm de aislamiento +11cm de refuerzo transversal	0	1	1	0
9	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
10	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
11	Tornillos	u/m² fachada	-	-	-	-
12	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	-	-	-
13	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			17%	3	5	50%

Ficha 44. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble ligera. Configuración 7A de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	7A	H.P.:	Perfil metálico
Tipo de Fábrica:	Doble	H.L.:	Placa de Yeso
Subtipo:	Fachada ligera	R.E.:	Placas de cemento
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Lana de Roca

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Placas de cemento	Ceramapanel	0	0	1	1
2	Junta EPDM perfil SZ	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	1	1	0	0
3	Perfil auxiliar para remate inferior	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	0	0	1	0
4	Perfil Z (hembra)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
5	Perfil S (macho)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
6	Perfil T	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
8	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	0	1	0	1
9	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
10	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
11	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
12	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
13	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			17%	3	4	67%

Ficha 45. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble ligera. Configuración 7B de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	7B	H.P.:	Perfil metálico
Tipo de Fábrica:	Doble	H.L.:	Placa de Yeso
Subtipo:	Fachada ligera	R.E.:	Baldosa cerámica
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Lana de Roca

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Cerámica	Wall title from Vitra Karo 75x150cm	0	0	1	1
2	Junta EPDM perfil SZ	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	1	1	0	0
3	Perfil auxiliar para remate inferior	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	0	0	1	0
4	Perfil Z (hembra)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
5	Perfil S (macho)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
6	Perfil T	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
8	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	0	1	0	1
9	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
10	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
11	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
12	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
13	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			17%	3	4	67%

Ficha 46. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble ligera. Configuración 7C de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	7C	H.P.:	Perfil metálico
Tipo de Fábrica:	Doble	H.L.:	Placa de Yeso
Subtipo:	Fachada ligera	R.E.:	Panel de aluminio compuesto
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Lana de Roca

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
			Valoración: 1 aplica, 0 no aplica			
1	Panel de aluminio compuesto	Saray A2 Mineral Filled Panel 125x320cm	0	1	1	1
2	Junta EPDM perfil SZ	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	1	1	0	0
3	Perfil auxiliar para remate inferior	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	0	0	1	0
4	Perfil Z (hembra)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
5	Perfil S (macho)	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
6	Perfil T	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	-	-	-	-
8	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	0	1	0	1
9	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
10	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
11	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
12	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
13	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			17%	4	4	67%

Ficha 47. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble piel. Configuración 8A de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	8A	H.P.:	Vidrio doble
Tipo de Fábrica:	Doble	H.L.:	-
Subtipo:	Fachada doble piel	R.E.:	Vidrio templado
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	-

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
			Valoración: 1 aplica, 0 no aplica			
1	Vidrio templado	Contralam structure	0	1	1	1
2	Sellador adhesivo para unión de vidrios	Sellaceys acristalamiento ventanas (0.95kg/l)	1	1	0	0
3	Anclaje tipo araña 4	Araña de 4 vías con aleta	-	-	-	-
4	Anclaje tipo araña 2	Araña de 2 vías con aleta	-	-	-	-
5	Cable tensado	Cable de acero con alma de acero 6 X 19. Diámetro 1/4"	0	0	0	0
6	Tubo redondo de acero inoxidable	Tubo estructural en calidad S-355 J2W	0	0	1	0
7	Malla microperforada horizontal entre hoja interior y exterior	Sistema de techos metálicos de aluminio perforado.	0	1	1	1
8	Viga metálica estructural	Viga IPE, Metaza	0	0	1	0
9	Cámara de aire					
10	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	0	0	1	0
11	Canal de aluminio tipo U	Aluminum profiles	0	0	1	1
12	Vidrio doble	Ventana de aluminio AEA	0	1	1	1
TOTAL			11%	4	7	44%

Ficha 48. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble piel. Configuración 8B de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	8B	H.P.:	Vidrio doble
Tipo de Fábrica:	Doble	H.L.:	-
Subtipo:	Fachada doble piel	R.E.:	Panel microperforado
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	-

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Panel microperforado	LT2062Z4530 20x62 mm de acero	0	1	1	0
2	Montantes metálicos	Perfil U con calidad S235J2C+N 50x40mm	0	0	1	0
3	Viguetas metálicas	Perfil U con calidad S235J2C+N 50x40mm	-	-	-	-
4	Malla microperforada horizontal entre hoja interior y exterior	Sistema de techos metálicos de aluminio perforado.	0	1	1	1
5	Viga metálica estructural	Viga IPE, Metaza	0	0	1	0
6	Cámara de aire					
7	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	0	0	1	0
8	Canal de aluminio tipo U	Aluminum profiles	0	0	1	1
9	Vidrio doble	Ventana de aluminio AEA	0	1	1	1
TOTAL			0%	3	7	43%

Ficha 49. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada Doble piel. Configuración 8C de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	8C	H.P.:	Panel de Yeso + vidrio
Tipo de Fábrica:	Doble	H.L.:	
Subtipo:	Fachada doble piel	R.E.:	Vidrio templado
Unidad de medida (m²):	1,00	A.:	Lana de roca

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Vidrio templado	Contraflam structure	0	1	1	1
2	Sellador adhesivo para unión de vidrios	Sellaceys acristalamiento	1	1	0	0
3	Anclaje tipo araña 4	Araña de 4 vías con aleta	-	-	-	-
4	Anclaje tipo araña 2	Araña de 2 vías con aleta	-	-	-	-
5	Cable tensado	Cable de acero con alma de acero 6 X 19. Diámetro 1/4"	0	0	0	0
6	Tubo redondo de acero inoxidable	Tubo estructural en calidad S-355 J2W	0	0	1	0
7	Malla microperforada	Malla aluminio perforado	0	1	1	1
8	Viga metálica estructural	Viga IPE, Metaza	0	0	1	0
9	Cámara de aire					
10	Anclaje en L	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	0	0	1	0
11	Unidad prefabricada de vidrio	CLIMATOP 4-16-4-16-4	0	1	1	1
12	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
13	Lana de Roca	Rock Mineral Wool	0	1	0	1
14	Perfil metálico de anclaje	Aluminum profiles	0	0	1	1
15	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	-	-	-	-
16	Tornillos	u/m² fachada	-	-	-	-
17	Cinta para juntas	m/m² fachada	-	-	-	-
18	Pasta para juntas	Kg/m² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			9%	6	8	55%

Ficha 50. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada con estructura de esqueleto. Configuración 9A de materiales.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	9A	H.P.:	Entramado de madera
Tipo de Fábrica:	Con estructura de esqueleto	H.I.:	Placa de Yeso
Subtipo:	Wood Frame	R.E.:	Tablero de madera
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Fibra de vidrio

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Tablero de madera	HPL boards with natural wood finish ProdEX IGN	0	0	1	0
2	Entramado exterior	Swedish sawn and planed wood product 2x3"	0	0	1	1
3	House wrap	Láminas Flexibles para Impermeabilización	0	1	0	0
4	Chapa de madera	Oriented strand board (OSB)	1	1	1	1
5	Fibra de vidrio	Fibreglass	0	1	0	1
6	Entramado interior	Swedish sawn and planed wood product 2x6"	-	-	-	-
7	Placa superior e inferior doble	Swedish sawn and planed wood product 2x6"	-	-	-	-
8	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
9	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
10	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
11	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			17%	4	4	67%

Ficha 51. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada con estructura de esqueleto. Configuración 9B de materiales.
Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	9B	H.P.:	Entramado de madera
Tipo de Fábrica:	Con estructura de esqueleto	H.I.:	Placa de Yeso
Subtipo:	Wood Frame	R.E.:	Lamas de fibrocemento
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	Fibra de vidrio

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Lamas de fibrocemento	Siding MH Fijación oculta 240 x 2438 mm 5UP F/OC	0	1	1	0
2	Entramado exterior	Swedish sawn and planed wood product 2x3"	0	0	1	1
3	House wrap	Láminas Flexibles para Impermeabilización	0	1	0	0
4	Chapa de madera	Oriented strand board (OSB)	1	1	1	1
5	Fibra de vidrio	Fibreglass	0	1	0	1
6	Entramado interior	Swedish sawn and planed wood product 2x6"	-	-	-	-
7	Placa superior e inferior doble	Swedish sawn and planed wood product 2x6"	-	-	-	-
8	Placa de Yeso	Placa de Yeso Laminado	0	1	1	1
9	Tornillos	u/m ² fachada	-	-	-	-
10	Cinta para juntas	m/m ² fachada	-	-	-	-
11	Pasta para juntas	Kg/m ² de fachada	-	-	-	-
TOTAL			17%	5	4	67%

Ficha 52. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada autoportante brutalista. Configuración 10A de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	10A	H.P.:	Estructura metálica + vidrio
Tipo de Fábrica:	Autoportante brutalista	H.I.:	-
Subtipo:	Post and beam	R.E.:	Chapa metálica
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	-

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Chapa metálica	Alcotek® F 4x0,4	0	1	1	1
2	Anclaje tipo C	Uso de refuerzo STB-T-SZ.	0	0	1	0
3	Unidad prefabricada de vidrio	CLIMATOP 4-16-4-16-4	0	1	1	1
4	Postes metálicos	Duferco. Travi UC Universal Columnas 305x305x97	0	0	1	1
5	Vigas metálicas	Duferco. HE 300 A 290 300	-	-	-	-
TOTAL			0%	2	4	75%

Ficha 53. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada autoportante brutalista. Configuración 10B de materiales.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	10B	H.P.:	Hormigón prefabricado + vidrio
Tipo de Fábrica:	Autoportante brutalista	H.I.:	-
Subtipo:	Post and beam	R.E.:	-
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	-

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Unidad prefabricada de vidrio	CLIMATOP 4-16-4-16-4	1	1	1	1
2	Postes prefabricados de hormigón	Precast concrete from INHUS Prefab, UAB	0	1	1	1
3	Vigas prefabricadas de hormigón	Precast concrete from INHUS Prefab, UAB	-	-	-	-
TOTAL			0%	2	2	100%

Ficha 54. Cuantificación de indicadores cualitativos de materiales. Fachada autoportante muro cortina. Configuración 11 de materiales.
 Fuente: Elaboración propia, 2021.

CONFIGURACIÓN DE LA FACHADA

Código:	11	H.P.:	Vidrio doble
Tipo de Fábrica:	Autoportante	H.I.:	-
Subtipo:	Muro cortina	R.E.:	-
Unidad de medida (m ²):	1,00	A.:	-

N°	Materiales	Especificación	Toxicidad	Material compuesto	Componente prefabricado	Dispone EPD
1	Unidad prefabricada de vidrio	CLIMATOP 4-16-4-16-4	0	1	1	1
2	Montantes y viguetas metálicas	Aluminum profiles	0	1	1	1
3	Tornillos	u/m ² fachada				
TOTAL			0%	2	2	100%

Cálculo de índice de circularidad de sistemas de fachadas, según Método de autores Cottafava D., Ritzen M. (2021)

Hoy en día, la economía circular ha cobrado impulso y el interés de generar métricas que permitan evaluar la intensidad de uso y tiempo de vida útil, se convierten en temas de investigación cada vez más recurrentes y necesarios para tomar acciones futuras en las construcciones sostenibles.

Sin embargo, el indicador más reconocido a nivel mundial sobre las etapas del ciclo de vida es el índice de circularidad de materiales en el que, según Cottafava D. y Ritzen M. (2021), se basa en tres variables: cantidad de material virgen (V), utilidad (X) y cantidad de residuos irrecuperables (W).

Autores exponen sus metodologías de cuantificación de criterios de diseño para el desmontaje, tanto así que la planificación de este tema durante la fase de diseño podría minimizar el 70% del impacto ambiental ocasionado por acciones irreversibles de demolición.

Aun así, no se ha reconocido mundialmente un estándar de demolición, por lo que se intentan proponer guías o metodologías que determinen coeficientes de circularidad de sistemas y, posteriormente, de edificios.

Es por ello que, el estudio más reciente publicado en el año 2021 por estos autores evalúa un total de 8 edificaciones en diferentes zonas climáticas de la Unión Europea y con un promedio de vida útil de 50 años, en el que se analiza la factibilidad de la desmontabilidad de sus capas constructivas, expresado en un indicador de circularidad del edificio (BCI). Por lo tanto, en base a estas formulaciones se procede a explicar las variables aplicadas y los resultados obtenidos en esta metodología.

Existen un total de nueve (6) variables consideradas para el desarrollo de las fórmulas y cuyos valores en kilogramos se obtienen de las fichas de pesos de sistemas de fachadas. También se considera dentro de las variables, el tiempo de vida útil del objeto de análisis y los similares en el mercado, valor expresado en años. Forma parte de las variables la intensidad de uso y la similar en el mercado, expresada en horas de uso

diario/horas del día; y finalmente, el peso de diseño (Figura 62), propuesto por los autores, en los que se le asigna un valor al tipo de conexión, accesibilidad a la conexión, uniones y tipo de forma del producto, cuya sumatoria será útil para la resolución de la fórmula que define el índice de circularidad del producto, detallada en breve.

Table 4
Types of connection

	Connection Type	Weight
Dry Connection	Dry connection	1
	Click connection	
	Velcro connection	
	Magnetic connection	
Connection with added elements	Ferry connection	0.8
	Corner connections	
	Screw connection	
Direct integral connection	Bolt and nut connection	0.6
	Pin connection	
Soft chemical compound	Nail connection	0.2
	Kit connection	
Hard chemical connection	Foam connection	0.1
	Glue connection	
	Pitch connection	
	Weld connection	
	Cement bond	
	Chemical anchors	
	Hard chemical connection	

Table 5
Connection Accessibility

Connection Accessibility	Weight
Freely Accessible	1.0
Accessibility with additional actions that do not cause damage	0.8
Accessibility with additional actions with repairable damage	0.4
Not accessible	
irreparable damage to objects	0.1

Table 6
Crossings

Crossings	Weight
Modular zoning of objects	1.0
Crossings between one or more objects	0.4
Full integration of objects	0.1

Table 7
Form Containment

Form Containment	Weight
Open, no inclusions	1.0
Overlaps on one side	0.8
Closed on one side	0.2
Closed on several sides	0.1

Figura 62. Pesos de diseño de (table 4) tipos de conexiones, (table 5) accesibilidad de conexión, (table 6) uniones y (table 7) tipo de forma del producto.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M. (2021).

- Cantidad de material virgen (V_j): resulta del producto entre la masa del material y, la sustracción entre uno (1) y los kilogramos de

material reciclado durante las fases A1-A3 del Análisis de ciclo de vida de las declaraciones ambientales del producto (EPD).

- Utilidad del producto (X_j): obtenida del producto entre las relaciones del tiempo de vida útil e intensidad de uso, con el tiempo de vida útil e intensidad de uso similares en el mercado, respectivamente.
- Cantidad de residuos irre recuperables (W_j): se utiliza una fórmula alternativa que también refleja el indicador deseado. Por lo tanto, resulta de la sustracción entre la cantidad de material virgen y la cantidad de material reciclable.
- Índice de flujo lineal (LFI): relación entre la sumatoria de la cantidad de material virgen y de residuos irre recuperables, sobre el doble de la masa del material.

- Índice de circularidad del material (MCI_j): valor máximo entre la multiplicación de la sustracción de 0,1 y el cociente entre 0,9 y la utilidad del producto, por el índice de flujo lineal.
- Índice de circularidad del producto (PCI_j): ésta constituye la fórmula final aplicada a este análisis de metodología análoga al tema de estudio. En tanto, su valor se obtiene del producto entre el índice de circularidad del material y el cociente entre 1 y la sumatoria de los pesos de diseño asignados al tipo de conexión, accesibilidad, uniones y tipo de forma del producto.

Al haber obtenido estos resultados, se muestran las fórmulas de los 27 sistemas de fachadas.

Fórmula 1. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1A de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	383,74
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	365,19
$F_{r,j}$	Kg material reciclado/m ² de fachada	1,96
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	70,44
L_j	Vida útil (años)	80
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	100
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
$F_{i,j}$	Peso de diseño según Apéndice A	1
$F_{i,j}$	Tipo de conexión	0,1
$F_{i,j}$	Accesibilidad a la conexión	0,4
$F_{i,j}$	Uniones	0,4
$F_{i,j}$	Tipo de forma	0,1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 381,79
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,71
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa ($W_j = M_j - M_{Re}$)	W _j = 313,30
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,41
5	índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max} (0,1 - (0,9 / X_j) LFI)$	MCI _j = 0,48
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,16

Índice de circularidad=

0,16

Fórmula 2. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1B de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	397,18
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	385,37
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	1,30
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	138,46
L_j	Vida útil (años)	80
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	100
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	4
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	1
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,1
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,4
F_{i,j}	Uniones	0,4
F_{i,j}	Tipo de forma	0,1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 395,88
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,71
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa (W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 258,72
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,33
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max} (0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,59
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,20

Índice de circularidad= 0,20

Fórmula 3. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior caravista. Configuración 1C de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	333,35
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	298,53
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	0,76
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	318,58
L_j	Vida útil (años)	60
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	70
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	2
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	2
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,8
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,1
F_{i,j}	Uniones	1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 332,58
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,76
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa (W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 14,77
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,02
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max} (0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,97
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,49

Índice de circularidad= 0,49

Fórmula 4. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2A de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	391,42
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	365,19
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	1,96
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	70,44
L_j	Vida útil (años)	80
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	100
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	5
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	0,7
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,1
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,4
F_{i,j}	Uniones	0,1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 389,46
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,71
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{o_j} + W_{F_j}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 320,98
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,41
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,48
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,14

Índice de circularidad= 0,14

Fórmula 5. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2B de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	404,86
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	385,37
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	1,30
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	138,46
L_j	Vida útil (años)	80
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	100
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	5
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	0,7
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,1
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,4
F_{i,j}	Uniones	0,1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 403,56
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,71
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{o_j} + W_{F_j}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 266,40
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,33
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,58
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,18

Índice de circularidad= 0,18

Fórmula 6. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior continuo. Configuración 2C de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	341,02
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	298,53
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	0,76
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	318,58
L_j	Vida útil (años)	60
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	70
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	3
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	1,3
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,1
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,1
F_{i,j}	Uniones	1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 340,26
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,76
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 22,44
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,03
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,96
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,36

Índice de circularidad= 0,36

Fórmula 7. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3A de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	417,34
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	397,39
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	1,97
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	70,44
L_j	Vida útil (años)	80
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	100
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	5
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	1,1
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,2
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,4
F_{i,j}	Uniones	0,4
F_{i,j}	Tipo de forma	0,1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 415,38
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,71
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 346,90
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,42
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,47
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,16

Índice de circularidad= 0,16

Fórmula 8. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3B de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	426,28
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	403,90
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	1,97
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	138,46
L_j	Vida útil (años)	80
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	100
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	5
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	1,1
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,2
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,4
F_{i,j}	Uniones	0,4
F_{i,j}	Tipo de forma	0,1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 424,31
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,71
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 287,82
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,34
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,57
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,20

Índice de circularidad= 0,20

Fórmula 9. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. Acabado exterior discontinuo. Configuración 3C de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	366,95
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	330,73
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	0,77
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	318,58
L_j	Vida útil (años)	50
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	60
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	3
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	1,7
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,4
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,2
F_{i,j}	Uniones	1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 366,18
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,74
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 48,37
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,07
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,92
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,40

Índice de circularidad= 0,40

Fórmula 10. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. SATE con revestimiento continuo. Configuración 4A de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	239,99
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	225,48
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	4,29
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	3,75
L_j	Vida útil (años)	60
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	80
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	4
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	0,8
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,1
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,4
F_{i,j}	Uniones	0,1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,2

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 235,70
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,67
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa (W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 236,24
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,50
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max} (0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,32
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,10

Índice de circularidad= 0,10

Fórmula 11. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. SATE con revestimiento continuo. Configuración 4B de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	207,05
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	191,53
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	4,30
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	3,75
L_j	Vida útil (años)	60
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	80
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	4
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	0,8
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,1
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,4
F_{i,j}	Uniones	0,1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,2

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 202,76
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,67
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa (W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 203,31
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,50
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max} (0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,32
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,10

Índice de circularidad= 0,10

Fórmula 12. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. SATE con revestimiento discontinuo. Configuración 5A de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	257,56
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	245,56
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	4,29
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	3,75
L_j	Vida útil (años)	60
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	80
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	4
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	1,2
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,2
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,4
F_{i,j}	Uniones	0,4
F_{i,j}	Tipo de forma	0,2

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 253,27
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,67
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 253,81
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,50
5	índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,32
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,12

Índice de circularidad= 0,12

Fórmula 13. Índice de Circularidad de Fachada Maciza. SATE con revestimiento discontinuo. Configuración 5B de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	273,41
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	210,05
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	4,31
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	3,75
L_j	Vida útil (años)	60
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	80
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	4
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	1,2
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,2
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,4
F_{i,j}	Uniones	0,4
F_{i,j}	Tipo de forma	0,2

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 269,10
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,67
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 269,66
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,50
5	índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,32
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,12

Índice de circularidad= 0,12

Fórmula 14. Índice de Circularidad de Fachada Doble ventilada. Configuración 6A de materiales

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	211,12
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	204,05
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	5,13
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	20,99
L_j	Vida útil (años)	80
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	100
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	4
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	2,6
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,6
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,8
F_{i,j}	Uniones	0,4
F_{i,j}	Tipo de forma	0,8

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 205,98
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,71
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 190,13
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,46
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,42
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,30

Índice de circularidad= 0,30

Fórmula 15. Índice de Circularidad de Fachada Doble ventilada. Configuración 6B de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	186,80
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	177,46
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	4,82
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	10,40
L_j	Vida útil (años)	80
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	100
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	5
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	2,6
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,6
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,8
F_{i,j}	Uniones	0,4
F_{i,j}	Tipo de forma	0,8

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 181,98
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,71
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 176,41
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,48
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,39
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,28

Índice de circularidad= 0,28

Fórmula 16. Índice de Circularidad de Fachada Doble ventilada. Configuración 6C de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	349,66
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	311,14
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	3,95
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	328,13
L_j	Vida útil (años)	60
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	70
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	4
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	2,4
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,8
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,4
F_{i,j}	Uniones	1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,2

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 345,71
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,76
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{o,j} + W_{Fj}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 21,53
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,03
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,96
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,60

Índice de circularidad= 0,60

Fórmula 17. Índice de Circularidad de Fachada Doble ligera. Configuración 7A de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	53,77
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	46,54
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	5,44
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	12,56
L_j	Vida útil (años)	50
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	70
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	4
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	3,2
F_{i,j}	Tipo de conexión	1
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	1
F_{i,j}	Uniones	1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,2

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 48,33
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,63
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{o,j} + W_{Fj}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 41,21
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,43
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,40
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,49

Índice de circularidad= 0,49

Fórmula 18. Índice de Circularidad de Fachada Doble ligera. Configuración 7B de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	46,44
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	38,13
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	5,44
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	12,56
L_j	Vida útil (años)	50
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	70
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	4
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	3,2
F_{i,j}	Tipo de conexión	1
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	1
F_{i,j}	Uniones	1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,2

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 41,00
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,63
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{o_j} + W_{F_j}$ Alternativa (W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 33,88
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,41
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max} (0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,41
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,52

Índice de circularidad= 0,52

Fórmula 19. Índice de Circularidad de Fachada Doble ligera. Configuración 7C de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	53,77
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	46,54
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	5,44
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	12,56
L_j	Vida útil (años)	50
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	70
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	4
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	3,2
F_{i,j}	Tipo de conexión	1
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	1
F_{i,j}	Uniones	1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,2

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 34,54
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,63
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{o_j} + W_{F_j}$ Alternativa (W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 26,70
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,39
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max} (0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,45
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,57

Índice de circularidad= 0,57

Fórmula 20. Índice de Circularidad de Fachada Doble piel. Configuración 8A de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	108,43
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	95,76
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	7,64
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	32,02
L_j	Vida útil (años)	30
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	35
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,42
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,50
	Número de componentes	5
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	3
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,6
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	1
F_{i,j}	Uniones	0,4
F_{i,j}	Tipo de forma	1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 100,80
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,71
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{o,j} + W_{Fj}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 76,42
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,38
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,52
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,52

Índice de circularidad= 0,52

Fórmula 21. Índice de Circularidad de Fachada Doble piel. Configuración 8B de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	72,57
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	66,56
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	7,46
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	18,22
L_j	Vida útil (años)	30
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	35
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,42
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,50
	Número de componentes	5
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	2,5
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,1
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	1
F_{i,j}	Uniones	0,4
F_{i,j}	Tipo de forma	1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 65,11
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,71
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{o,j} + W_{Fj}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 54,35
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,42
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,47
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,32

Índice de circularidad= 0,32

Fórmula 22. Índice de Circularidad de Fachada Doble piel. Configuración 8C de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	98,92
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	82,92
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	4,36
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	34,58
L_j	Vida útil (años)	30
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	35
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,42
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,50
	Número de componentes	6
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	2,6
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,6
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,8
F_{i,j}	Uniones	0,4
F_{i,j}	Tipo de forma	0,8

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 94,55
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,71
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa (W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 64,34
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,34
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max} (0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,57
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,41

Índice de circularidad= 0,41

Fórmula 23. Índice de Circularidad de Fachada con estructura de esqueleto. Configuración 9A de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	49,07
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	32,65
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	2,21
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	15,94
L_j	Vida útil (años)	30
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	40
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	6
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	2,1
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,6
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	1
F_{i,j}	Uniones	0,4
F_{i,j}	Tipo de forma	0,1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 46,86
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,67
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa (W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 33,13
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,35
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max} (0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,52
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,28

Índice de circularidad= 0,28

Fórmula 24. Índice de Circularidad de Fachada con estructura de esqueleto. Configuración 9B de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	53,23
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	35,06
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	0,29
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	9,74
L_j	Vida útil (años)	30
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	40
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,67
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,75
	Número de componentes	6
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	2,1
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,6
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	1
F_{i,j}	Uniones	0,4
F_{i,j}	Tipo de forma	0,1

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 52,93
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,67
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa (W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 43,49
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,41
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max} (0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,45
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,23

Índice de circularidad= 0,23

Fórmula 25. Índice de Circularidad de Fachada autoportante brutalista. Configuración 10A de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	93,78
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	86,41
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	20,79
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	81,74
L_j	Vida útil (años)	150
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	200
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,42
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,50
	Número de componentes	3
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	2,7
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,1
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,8
F_{i,j}	Uniones	1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,8

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 72,99
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,63
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{oj} + W_{Fj}$ Alternativa (W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 12,04
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,08
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max} (0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,88
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,68

Índice de circularidad= 0,68

Fórmula 26. Índice de Circularidad de Fachada autoportante brutalista. Configuración 10B de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	172,47
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	168,65
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	0,00
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	126,47
L_j	Vida útil (años)	120
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	150
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,42
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,50
	Número de componentes	2
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	3
F_{i,j}	Tipo de conexión	1
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	0,8
F_{i,j}	Uniones	1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,2

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 172,47
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,67
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{o_j} + W_{F_j}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 45,99
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,13
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,82
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,82

Índice de circularidad= 0,82

Fórmula 27. Índice de Circularidad de Fachada autoportante muro cortina. Configuración 11 de materiales.

Fuente: Cottafava D., Ritzen M., 2021. Elaboración propia.

	Variable	Valor
M_j	Masa del material = Kg/m ² de fachada	30,84
V_j	Kg material virgen/m ² de fachada	22,71
F_{r,j}	Kg material reciclado/m ² de fachada	1,49
M_{Re}	Kg material reciclable/m ² de fachada	29,29
L_j	Vida útil (años)	30
L_{avj}	Vida útil similar en el mercado (años)	35
U_j	Intensidad de uso diaria (horas de uso/horas del día)	0,42
U_{avj}	Intensidad de uso similar en el mercado (horas de uso/horas del día)	0,50
	Número de componentes	1
F_{i,j}	Peso de diseño según Apéndice A	2,8
F_{i,j}	Tipo de conexión	0,6
F_{i,j}	Accesibilidad a la conexión	1
F_{i,j}	Uniones	1
F_{i,j}	Tipo de forma	0,2

N°	Indicador	Fórmula	Resultado
1	Cantidad de Material virgen	$V_j = M_j * (1 - F_{r,j})$	V _j = 29,34
2	Utilidad del producto	$X_j = (L_j / L_{avj}) * (U_j / U_{avj})$	X _j = 0,71
3	Cantidad de residuos	$W_j = W_{o_j} + W_{F_j}$ Alternativa(W _j =M _j -M _{Re})	W _j = 1,54
4	Índice de flujo lineal	$LFI = (V_j + W_j) / 2M_j$	LFI= 0,03
5	Índice de circularidad del material	$MCI_j = \text{Max}(0,1 - (0,9 / X_j) LFI_j)$	MCI _j = 0,97
6	Índice de circularidad del producto	$PCI_j = MCI_j * \left(\frac{1}{F_d \sum F_{i,j}} \right)$ n= 4 i= 1	PCI _j = 0,81

Índice de circularidad= 0,81