

TRABAJO DE FIN DE GRADO  
22 de junio de 2018

## **ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA**

ENFOCADO A LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR  
COMPUESTA POR TABLEROS DE MADERA CONTRALAMINADA

Autor: Enrique Arroyo Martínez

Tutor: Francisco Javier López Rivadulla

ESCUELA UNIVERSITARIA DE ARQUITECTURA TÉCNICA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a mi tutor, Francisco Javier López Rivadulla, el haberme propuesto investigar sobre un tema tan interesante como es el análisis del ciclo de vida, y por haberme ayudado con gran paciencia en numerosas ocasiones.

Gracias a lavola cosustainability, empresa encargada de suministrar el software Simapro en España, por proporcionarme el programa de manera gratuita. Ha sido una parte fundamental para la realización de los objetivos planteados.

También les agradezco enormemente a todas las empresas la información que me han facilitado y que de otra manera habría sido mucho más difícil obtener.

Finalmente, quiero dar las gracias a todos los miembros de mi familia, a mis padres Enrique e Irene y a mis hermanos Roberto, María y Ana por el inmenso apoyo que me han dado. Sin sus continuos ánimos no habría sido posible.



## **RESUMEN**

Con el paso del tiempo, parecemos menos dependientes y más desconectados del medio ambiente. Además, la falta de cultura ecológica en la población, si bien mejora año tras año, permite que se sigan cometiendo los mismos errores: explotaciones descontroladas de recursos naturales, abusos del consumo energético, excesos de emisiones de gases de efecto invernadero, etc. Estos problemas se acentúan en los distintos sectores industriales, consumidores de cuantiosos recursos y emisores de grandes cantidades de residuos. Es, por lo tanto, necesario pensar en estrategias que permitan reducir los impactos ambientales industriales mediante la aplicación de herramientas ambientales diseñadas por la comunidad internacional.

Entre las medidas que se han desarrollado existe una denominada Análisis del Ciclo de Vida (ACV), que consiste en un balance ambiental que analiza los impactos ambientales de un producto, proceso o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida, desde los consumos de energía, materias primas y agua hasta las emisiones vertidas al suelo, al agua y al aire. Aplicar esta herramienta ambiental a la edificación, uno de los sectores más contaminantes de España, permitiría evaluar el impacto ambiental de cada proceso unitario e idear estrategias más sostenibles y beneficiosas. Así, se lograría reducir significativamente los efectos negativos generados sobre el medioambiente.

El presente estudio desarrolla el análisis del ciclo de vida y aplica su metodología a un caso práctico, consistente en una vivienda unifamiliar compuesta principalmente por tableros contralaminados. Finalmente, también se analizan los resultados obtenidos mediante una conclusión objetiva fruto de los objetivos y métodos referidos en dicho análisis.

## **PALABRAS CLAVE**

Análisis del ciclo de vida, tablero contralaminado, arquitectura sostenible, contaminación, impacto ambiental



## **ABSTRACT**

As time passes, we seem less dependent and more disconnected from the environment. Moreover, the lack of ecological culture in the population, although it improves year after year, allows the same mistakes to be made: uncontrolled exploitation of natural resources, abuses of energy consumption, excesses of emissions of gases of effect Greenhouse, etc. These problems are accentuated in the various industrial sectors, consumers of considerable resources and emitters of large quantities of waste. It is therefore necessary to consider strategies to reduce industrial environmental impacts by applying environmental tools designed by the international community.

Among the measures that have been developed there is a so-called Life Cycle Analysis (LCA), which consists of an environmental balance that analyzes the environmental impacts of a product, process or service throughout its life cycle, from the energy consumption, raw materials and water to the emissions poured to the ground, to the water and to the air. Applying this environmental tool to the building, one of the most polluting sectors in Spain, would allow to evaluate the environmental impact of each unitary process and devise more sustainable and beneficial strategies. This would significantly reduce the negative effects generated on the environment.

The present study develops the analysis of the life cycle and applies its methodology to a practical case, consisting of a single family house composed mainly of counterlaminated boards. Finally, we also analyze the results obtained by an objective conclusion resulting from the objectives and methods referred to in this analysis.

## **KEY WORDS**

Life cycle analysis, plywood, sustainable architecture, pollution, environmental impact



## **ÍNDICE GENERAL**

<b>1. PRESENTACIÓN DEL TEMA ELEGIDO</b>	<b>01</b>
<b>2. CASO PRÁCTICO</b>	<b>29</b>
<b>3. RESOLUCIÓN</b>	<b>55</b>
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>85</b>
<b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>87</b>
<b>6. ANEJOS</b>	<b>95</b>



# 1. PRESENTACIÓN DEL TEMA ELEGIDO

<b>1.1. PREÁMBULO</b>	<b>1</b>
<b>1.2. OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA ELEGIDO</b>	<b>2</b>
1.3.1. LA ELECCIÓN DE UN ACV	2
1.3.2. LA ELECCIÓN DE UNA VIVIENDA SOSTENIBLE	4
1.3.3. LA ELECCIÓN DE LA MADERA Y EL TABLERO CONTRALAMINADO O CLT	4
<b>1.4. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL</b>	<b>5</b>
1.4.1. PROBLEMAS AMBIENTALES	5
1.4.2. MARCO HISTÓRICO	6
1.4.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
1.4.3.1. EVIDENCIAS	7
1.4.3.2. NEGACIONISMO	9
1.4.4. EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	10
1.4.4.1. VOLUMEN Y EXPLOTACIÓN DE MATERIAS PRIMAS	11
1.4.4.2. TRANSPORTE DE MERCANCIAS	11
1.4.4.3. PRODUCCIÓN Y MANUFACTURA	11
1.4.4.4. CONSTRUCCIÓN-DECONSTRUCCIÓN	11
1.4.4.5. CONSUMO ENERGÉTICO	12
1.4.4.6. DISPOSICIÓN FINAL.	12
1.4.4.1. BASES PARA UNA VIVIENDA SOSTENIBLE	13
<b>1.5. INICIATIVAS INTERGUBERNAMENTALES PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>14</b>
1.5.1. MARCO HISTÓRICO	14
1.5.2. ACUERDOS RECIENTES	15
1.5.2.1. PROTOCOLO DE KIOTO	15
1.5.2.2. ACUERDO DE PARÍS	16
1.5.2.3. SITUACIÓN EN ESPAÑA	17
<b>1.6. POLÍTICA, LEGISLACIÓN, NORMATIVA Y BUENAS PRÁCTICAS</b>	<b>18</b>
1.6.1. DERECHO AMBIENTAL	19
1.6.1.1. ÁMBITO INTERNACIONAL	19
1.6.1.2. ÁMBITO EUROPEO	19
1.6.1.3. ÁMBITO ESPAÑOL	20
1.6.2. NORMATIVA	20
1.6.2.1. ÁMBITO INTERNACIONAL	20
1.6.2.2. ÁMBITO EUROPEO	21
1.6.2.3. ÁMBITO ESPAÑOL	21
<b>1.7. HERRAMIENTAS DE GESTIÓN AMBIENTAL</b>	<b>22</b>
1.7.1. PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE GESTIÓN AMBIENTAL	22
1.7.1.1. HUELLA ECOLÓGICA	22
1.7.1.2. HUELLA DE CARBONO	23
1.7.1.3. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	23
1.7.1.4. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA	23
1.7.1.5. AUDITORÍA MEDIOAMBIENTAL	24
1.7.1.6. ETIQUETA ECOLÓGICA	24
1.7.1.7. CERTIFICACIONES	24
1.7.1.8. OTROS INSTRUMENTOS MEDIOAMBIENTALES	24
1.7.2. EL ACV FRENTE A OTROS MÉTODOS	25
1.7.2.1. BREVE HISTORIA DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	25
1.7.2.2. NORMATIVA EXISTENTE	26
1.7.2.3. BASES DE DATOS Y SISTEMAS GESTORES	26



## 1. PRESENTACIÓN DEL TEMA ELEGIDO

### 1.1. PREÁMBULO

A lo largo de los últimos años, el ser humano ha incrementado sobre todo en los países más desarrollados una conciencia medioambiental clara que si bien difiere en iniciativas y resultados entre los países que componen el llamado primer mundo, han conseguido en general una reducción significativa del daño que sufre el medio ambiente.

La Real Academia de la Lengua Española en su diccionario panhispánico de dudas define medioambiente como "*el conjunto de circunstancias o condiciones exteriores a un ser vivo que influyen en su desarrollo y en sus actividades*" (Real Academia Española. & Asociación de Academias de la Lengua Española., 2005).

Así, el medioambiente es una interrelación entre el ser humano y los elementos naturales de su alrededor, tanto de lo artificial como de lo natural, y que contribuye a desarrollar e influir positiva o negativamente nuestras vidas. En consecuencia, debemos mantener un equilibrio armonioso que permita convivir a ambos conjuntos –natural y artificial- y evitar desastres tales como incendios forestales, explotación descontrolada de recursos o contaminación de los mares.

A todos estos problemas de índole medioambiental que genera cualquier actividad también hay que sumarle el factor social y cultural. Vivimos en un mundo en el que la apropiación y acumulación de riquezas son las principales motivaciones para el desarrollo del ser humano, ya que la sociedad actual parece insistir en la costumbre de satisfacer sus necesidades con un consumo frenético de productos y que cuyo ciclo de vida ni siquiera se contempla. Estos hábitos causan que las materias primas que utilizamos para nuestros productos, la mayoría no renovables, se extraigan sin un estudio exhaustivo de las consecuencias que conlleva y provoquen conflictos permanentes, los cuales, desde el punto de vista medioambiental, terminan siendo siempre negativas.

IMPACTOS AMBIENTALES			
Cambio climático	Desertificación	Efecto invernadero	Agua contaminada
Suelos contaminados	Contaminación lumínica	Contaminación electromagnética	Contaminación visual
Contaminación térmica	Contaminación espacial	Contaminación radioactiva	Radioactividad
Deforestación	Reducción de ozono	Lluvia ácida	Acidificación
Eutrofización	Menos biodiversidad	Toxicidad humana	Uso del suelo

Tabla nº 1. Impactos ambientales provocados por el hombre. Fuente: elaboración propia

Estos problemas han generado una reacción por parte de multitud de entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales, que tratan de acotarlos y reducirlos al mínimo. Por poner un ejemplo, España se sitúa en el puesto 38 (anteriormente se situaba en el puesto 22) del Índice de Acción Climática, un informe que evalúa las políticas contra el cambio climático de los países. Está elaborado por tres Organizaciones reputadas: Climate Action Network, New Climate Institute y Germanwatch. (Burck et al., 2017) Cabe destacar que en este informe ningún país ocupa los tres primeros puestos, pues nadie lleva a cabo políticas realmente eficientes.

## 1.2. OBJETIVOS

Son tres los objetivos principales que han motivado la realización del presente TFG y cuyo título "Análisis del ciclo de vida enfocado a la construcción de una vivienda unifamiliar compuesta por tableros de madera contralaminada" es bastante explícito.

El primero y principal es tratar de participar en la lucha contra los problemas medioambientales que nos encontramos hoy en día y que ponen en peligro la estabilidad del planeta tierra.

Para esa tarea tan complicada nos ayudamos del segundo de los objetivos: el estudio en profundidad de un análisis del ciclo de vida (de ahora en adelante ACV; LCA en inglés) y de cómo funciona su metodología asociada. El ACV es una de las muchas herramientas creadas para analizar el comportamiento ambiental de un producto, proceso o servicio. Concretamente, es una "metodología reconocida para determinar la huella ecológica de un producto o servicio. Permite identificar puntos clave para reducir los impactos ambientales y optimizar el uso de recursos a lo largo del ciclo de vida de las actividades relacionadas". (Lavola, 2015)

Además, no solo se pretende realizar un estudio teórico, sino también orientar el trabajo a un análisis enfocado al caso real de una construcción sostenible. Ese es el tercer objetivo, el análisis de una vivienda modelo donde prevalezca el respeto al medioambiente tanto en la elección de materiales como en las dimensiones, espacios u otros estándares medioambientales de referencia. Se hará énfasis en la utilización de tableros de madera contralaminada (de ahora en adelante CLT) como sistema constructivo principal, analizando las ventajas que supone su utilización.

Podríamos añadir un objetivo extra y es que este estudio pretende que cualquier persona interesada, sobre todo de la comunidad universitaria perteneciente al sector de la construcción, la ingeniería u otra disciplina, conozca cómo un ACV sirve para analizar medioambientalmente cualquier producto, proceso o servicio.

## 1.3. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA ELEGIDO

### 1.3.1. LA ELECCIÓN DE UN ACV

Como se ha mencionado anteriormente, a lo largo de muchos años y sobre todo en las últimas décadas, el medio ambiente se ha visto afectado negativamente por las acciones del ser humano. Una de las industrias que participan en este deterioro es la industria de la construcción, que afecta directamente al medio ambiente en una proporción importante.

La construcción, por ser un producto de demanda universal, está presente en todas las regiones del mundo. Además, el consumo energético, las grandes distancias de transporte, las técnicas utilizadas y la gran cantidad de residuos de construcción y demolición (de ahora en adelante RCD) que produce genera un gran impacto ambiental.

Por poner un ejemplo, los RCD representan aproximadamente del 25% al 30% de todos los residuos generados en la UE, de los que forman parte un sinfín de materiales como hormigón, ladrillos, yeso, madera, amianto etc., muchos de los cuales pueden reciclarse. (European Union, 2016) El inconveniente reside en la cantidad de procesos, técnicas y materiales diferentes que intervienen, que hace muy difícil la detección de aquellas partes que puedan ser optimizadas.

Para solucionar estos problemas hay multitud de herramientas de gestión medioambiental disponibles. Una de ellas, el Análisis del ciclo de vida (de ahora en adelante ACV), es una metodología desarrollada idónea para la construcción porque permite estimar y evaluar los impactos medioambientales de un producto, proceso o servicio durante las etapas del ciclo de vida que se desee analizar y así poder mejorar, sustituir o suprimir aquellos procesos donde se detecte poca eficiencia medioambiental.

Podemos definir el ciclo de vida como el estudio de todos los procesos que intervienen desde la extracción de las materias primas hasta la vuelta de los materiales a la tierra, pasando por la distribución, el transporte, la manufactura, el uso, el mantenimiento y la demolición. Algunos de los ciclos de vida más habituales son:

- De la cuna a la puerta o *cradle to gate*. Es un análisis intermedio respecto al ciclo de vida total, pues solo considera las etapas de extracción de materias primas y el transporte hasta que llega a la fábrica.

- De la puerta a la puerta o *gate to gate*. Evalúa solo el proceso productivo desde que el producto llega a la fábrica hasta que es transformado en un producto final y está listo para su uso, es decir, toda o parte de la etapa manufacturera.

- De la cuna a la cuna o *cradle to cradle*. Consiste en considerar el residuo final no como el fin de su periodo de servicio, sino como el inicio de otro nuevo elemento que inicie de nuevo el ciclo de vida. (Kohler, König, Kreissig, & Lützkendorf, 2010)

- De la cuna a la tumba o *cradle to grave*. Considera todas las entradas y salidas a lo largo del ciclo de vida del producto, proceso o servicio. Se tiene en cuenta la extracción, el transporte, la manufactura, el uso, mantenimiento, demolición y disposición final. (Mears & Wentz, 2017)

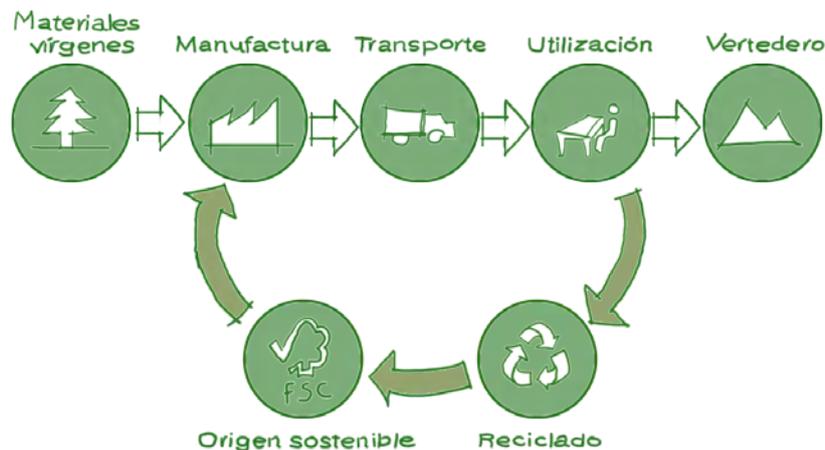


Imagen nº 1. Análisis del ciclo de vida de la cuna a la tumba. Fuente: startpage

El tipo de ACV más idóneo para el análisis de los procesos constructivos es el ACV de la cuna a la tumba, ya que permite optimizar y reducir los impactos ambientales de todos los procesos productivos desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final, tras haber pasado su vida útil. Se considera idóneo ya que evalúa cada proceso en profundidad y permite encontrar qué etapa tiene un impacto ambiental más grande, y así poder generar estrategias y tomas de decisiones en consecuencia

### **1.3.2. LA ELECCIÓN DE UNA VIVIENDA SOSTENIBLE**

Pese a que en los últimos años se ha visto reducido significativamente el impacto ambiental del sector de la construcción, debido a diversos factores como la crisis económica, la evolución de la técnica o la presión social y legal, en la actualidad es una de las industrias que no se termina de adaptar del todo a los estándares más modernos de sostenibilidad.

La legislación internacional y nacional obliga a construir con una serie de requisitos definidos para mejorar el desempeño ambiental, como hace por ejemplo el Código Técnico de la Edificación en España. Aun así, pese a estos intentos por regular la construcción, la realidad es que no es suficiente, por lo que queda un gran recorrido por delante.

Una solución podría ser analizar el ciclo de vida del producto, implementando en todas las etapas del proyecto los modelos y estándares sostenibles. También sería interesante aplicarlo a las memorias técnicas desde los estados iniciales en los que se empiezan a definir los procedimientos de actuación y las ideas de planificación y diseño. (Kohler et al., 2010)

Una vez tenido en cuenta los puntos anteriores, para poder implementar estas mejoras es necesario determinar en qué consiste una vivienda sostenible. Las viviendas sostenibles son muy respetuosas con el medio ambiente, ya que aprovechan todos los recursos disponibles y reducen el consumo energético mediante aspectos como la elección de materiales ecológicos, la ubicación de la vivienda, la generación de energía por medios renovables, una correcta ventilación y la eficiencia energética de los aparatos de los que dispone. (AA., 2007)

En el presente trabajo solo se pretende estudiar uno de los apartados que influyen en los aspectos antes mencionados y que desde el punto de vista de un ACV, permita estudiar una estrategia acerca de la elección de los materiales escogidos. Se trata más concretamente, aunque se estudian en general todos los materiales empleados, de la elección del uso de la madera como material principal y más específicamente del uso del tablero de madera contralaminada (de ahora en adelante CLT) y su uso en la fachada, la cubierta y las particiones interiores.

### **1.3.3. LA ELECCIÓN DE LA MADERA Y EL TABLERO CONTRALAMINADO O CLT**

Los aspectos que hace que un material sea lo más beneficioso posible a lo largo de su ciclo de vida depende de muchos factores. Su reciclabilidad, su carácter renovable, su extracción o su durabilidad son tan solo algunos, que afectan directamente a factores ambientales como la huella ambiental, hídrica o de carbono.

No es casual que la vivienda elegida esté compuesta mayoritariamente por madera, y específicamente por tableros CLT, pues la madera es un material que está en sintonía con el medio ambiente y que ha sido utilizado desde tiempos inmemoriales. Tiene características que le permite ser un material idóneo para la construcción, como su excelente resistencia en relación con su peso, su fatiga, sus excelentes cualidades contra el fuego o su durabilidad e inalterabilidad al paso del tiempo.

En cuanto a sus características medioambientales como material orgánico, cuando es obtenido de bosques bien gestionados con certificados como PEFC o FSC se considera un recurso renovable. Existe en grandes cantidades y es biodegradable. Además, al final de su vida útil puede eliminarse sin mucho esfuerzo con métodos como el compostaje o la valorización energética.

Si a esas buenas propiedades que tiene la madera le añadimos las características de la madera contralaminada o CLT, nos encontramos con un material óptimo. El tablero CLT consiste en varios planos encolados superpuestos transversalmente en capas de 10 a 30 mm. Se diferencia principalmente de la madera laminada encolada en que esta última dispone de todas las capas en la misma dirección de sus fibras y el tablero CLT no. También se diferencia de la madera microlaminada en que esta, pese a tener también sus sucesivas capas superpuestas transversalmente en planos con las fibras en diferente dirección, el espesor de sus capas es tan solo de unos 3mm. (J. E. Peraza Sánchez & Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho, 2014)



*Imagen nº 2. Sección transversal del tablero CLT.. Fuente: laaclog*

## **1.4. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL**

### **1.4.1. PROBLEMAS AMBIENTALES**

Los problemas ambientales se dividen en naturales y antropogénicos. Los naturales dependen de los episodios naturales como erupciones volcánicas o terremotos. Los antropogénicos son los cambios provocados por el ser humano en el medio ambiente en forma de impactos negativos o positivos y surgen de nuestra interacción con el entorno natural. Son negativos si tienen un efecto malo en el entorno, como por ejemplo el incendio de un bosque, o positivos si tienen un efecto beneficioso como una reforestación o la recuperación de un ecosistema.

Cuando se produce un problema ambiental, es en función de su tipo, intensidad y duración los que definen su impacto. (Duarte, 2011; IPCC, 1995)

Los problemas ambientales pueden surgir de cualquier actividad que realice el ser humano: del uso de los recursos naturales, de la colonización de áreas vírgenes, de la utilización del medio, del continuo crecimiento de la población o de las emisiones de gases de efecto invernadero. Es por lo tanto un problema inevitable e intrínseco de nuestra especie, nuestra sociedad y nuestro modo de vida, y aunque no podemos evitarlo, sí es posible minimizarlo.

### **1.4.2. MARCO HISTÓRICO**

Es evidente que el ser humano ha influido inevitablemente en el entorno a través de su existencia en dos períodos bien diferenciados. Uno anterior a la revolución industrial y otro posterior.

En la época prehistórica los problemas medioambientales surgían principalmente por medios naturales. Sin embargo, a medida que el homo sapiens adquiría conocimientos y aprendía habilidades, la producción de desechos no orgánicos se incrementaba. La humanidad tenía sus recursos más preciados, agua y suelo a poca distancia, y los contaminaba mediante la fabricación de los utensilios y las herramientas inventadas con los desperdicios generados. (Godelier, 1976)

Más tarde con la llegada de las urbes estos problemas se agudizan. Una vida sedentaria provoca una contaminación aún más localizada en la que el empobrecimiento del agua y el tratamiento de residuos eran los problemas más graves. También se produjo un aumento del impacto ambiental en los alrededores de las ciudades producto del aumento de la población y de su actividad en un entorno más cerrado.

Tras la llegada del imperio romano y su gran expansión tecnológica comienza una pequeña globalización alrededor del mediterráneo. Surgen nuevas ciudades, parques y carreteras cuya falta de autosuficiencia permite generar unos daños ambientales sin precedentes para la época. Grandes extensiones de terreno virgen son sustituidas por ciudades y cultivos. También la minería genera grandes desastres como plagas y emisión de contaminantes. (Antequera Baiget, 2004)

Con la caída del Imperio Romano y la descentralización que conlleva en Europa, al igual que en el resto del mundo, se empiezan a emplear prácticas agrícolas y de cría de ganado en regiones naturalmente boscosas que por supuesto exigían su tala, arrasando enormes masas de bosques, como es el caso de Gran Bretaña, donde queda prácticamente sin árboles. (Williams & Martin, 2003)

La deforestación no es la única acción antropológica que perjudica al ser humano. Otras como la minería, la contaminación y el vertido de residuos al entorno siguen magnificando el problema.

Finalmente, desde la Edad Moderna y hasta la actualidad, debido sobre todo a la presión demográfica, a las guerras, al aumento tecnológico y al incremento de la actividad industrial y en definitiva al uso indiscriminado de los recursos naturales, hemos llegado a un punto de deterioro del medio ambiente el cual estamos a punto de no poder revertir. Por suerte, en los últimos tiempos se ha incrementado la conciencia social y numerosas instituciones de ámbito local, nacional e internacional han puesto el grito en el cielo y han llevado a cabo una labor de divulgación y presión sin precedentes.

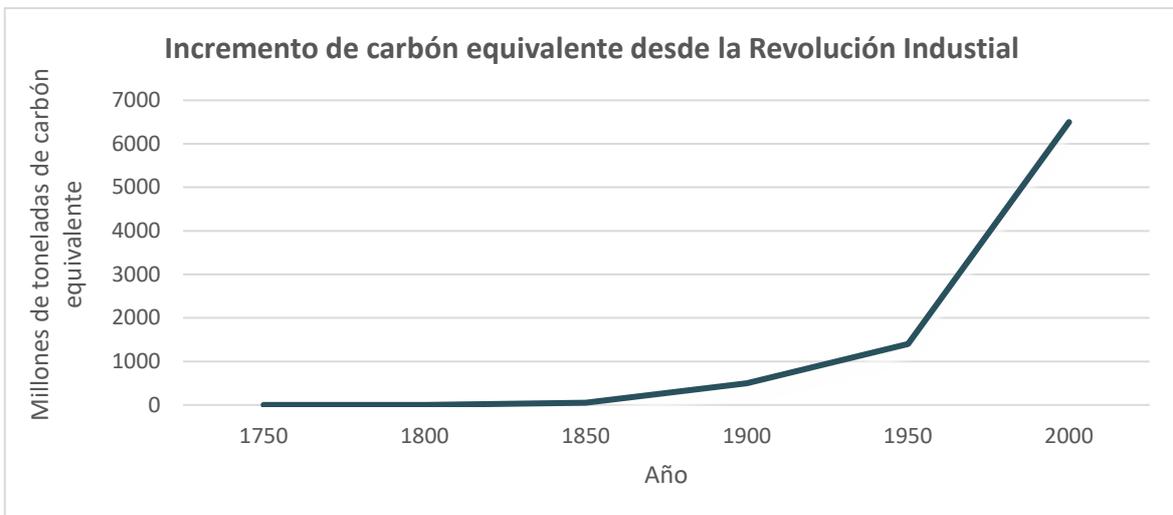
### **1.4.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

Gracias al estudio de la historia climática del planeta a lo largo de su existencia se puede demostrar que su clima ha cambiado constantemente pasando por periodos que van desde frías glaciaciones a cálidos periodos y con una gran variación en la cantidad de CO<sub>2</sub> existente en la atmósfera. En los últimos 600.000 años, un periodo minúsculo en comparación con los 4470 millones de años que se considera que tiene la tierra, ha habido un total de siete ciclos periódicos entre glaciaciones y épocas cálidas.

Cuánta radiación llega del sol a la tierra y cuánto se devuelve al exterior de nuevo es un método que utilizan algunos medidores a bordo de satélites para medir el efecto invernadero. Los resultados muestran cada vez menos radiación de vuelta al espacio y por lo tanto más cantidad absorbida por el planeta tierra. Este incremento de la radiación absorbida puede sugerir que es el sol el que incrementa su actividad, pero estudios como Efficacy of climate changins (Hansen et al., 2005) demuestran que solo una décima parte del calentamiento global actual es debido al sol. Demuestran que este incremento de la absorción de la tierra es debido al aumento desproporcionado de la cantidad de gases de efecto invernadero que contiene la atmósfera, como el vapor de agua, dióxido de carbono, metano u ozono, emitidos desde comienzos de la industrialización (Köhler et al., 2010)

Según el (Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, n.d.) podemos definir el efecto invernadero como “la retención del calor del Sol en la atmósfera de la Tierra por parte de una capa de gases en la atmósfera”. El mundo industrializado ha conseguido que la concentración de estos gases haya aumentado un 30% desde el siglo pasado. Antes, era la naturaleza la que se encargaba de equilibrar las emisiones.

La quema de energía fósil que ha dado lugar al mayor crecimiento tecnológico, político y social del ser humano también ha traído efectos negativos preocupantes entre los que se encuentra el propio efecto invernadero. Por ejemplo, desde la segunda mitad del s. XVIII la proporción de metano en la atmósfera casi se ha triplicado en comparación con la edad preindustrial.



Gráfica nº 1. Incremento de los gases de efecto invernadero. Fuente: Elaboración propia.

Cuanto más CO<sub>2</sub> se emite a la atmósfera, menos rayos del sol se reflejan al espacio y más absorbe la tierra, por lo que la temperatura aumenta. El consenso científico actual es que la temperatura media en el conjunto del globo terráqueo en este siglo probablemente aumente entre dos y cuatro grados centígrados, algo que nunca ha sucedido en la historia climatológica. (Raftery, Zimmer, Frierson, Startz, & Liu, 2017)

#### 1.4.3.1. EVIDENCIAS

Son muchas las investigaciones que evidencian y señalan al ser humano como causante de los daños al medioambiente y muchas más las que demuestran su destrucción. Todas estas investigaciones,

## PRESENTACIÓN DEL TEMA ELEGIDO

además están realizadas por entidades de gran reputación internacional. En España podemos mencionar la Oficina Española de Cambio Climático, El Consejo Nacional del Clima o La Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático (CCPCC). Internacionalmente son muchas más, como la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) o El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de la ONU (IPCC).

Estos organismos señalan la acción antropogénica como la principal causante de la destrucción del medio ambiente: extracción sin control de materias primas, deforestación sin precedentes, emisiones de gases de efecto invernadero, vertido incontrolado de desechos o uso irresponsable de recursos como el agua.

Cuando el ser humano efectúa estas acciones, el medio ambiente reacciona originando numerosos problemas que afectan al entorno y genera una destrucción paulatina insostenible.

Los principales problemas medioambientales son los siguientes:

### 1.4.3.1.1. Cambio climático.

Se refiere a las variaciones del clima global de la tierra y a su relación con las acciones humanas. La palabra clima se refiere al "conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar, constituido por la cantidad y frecuencia de lluvia, la humedad, la temperatura, los vientos, etc., y cuya acción compleja influye en la existencia de los seres sometidos a ella." (Real Academia Española, 2017). Estos cambios se refieren a los cambios que produce el ser humano en gran cantidad de factores interrelacionados entre sí como la variación de los gases de la atmósfera, el aumento de humedad relativa en zonas agrícolas, los procesos de deforestación o la pesca excesiva. Por lo tanto, toda modificación de las condiciones normales del planeta Tierra conlleva una reacción de cambio climático que llevamos experimentando cientos de años. (Sharma, 2009)

### 1.4.3.1.2. Destrucción de la capa de ozono

La capa de Ozono, cuyo objetivo es servir de escudo protector contra los rayos nocivos del sol, resulta imprescindible para la vida en el planeta. Su reducción paulatina por la emisión de agentes químicos como el cloro provoca una desestabilización general del planeta Tierra.

Entre los muchos desastres ocasionados, podemos destacar la contracción del hielo marino en el Ártico (Köhler et al., 2010; Xu, Wang, & Zhang, 2007).

### 1.4.3.1.3. Climas extremos

El excesivo calor en los veranos debido a las olas de calor y el excesivo frío producto de las olas de frío, sumado a cambios de las condiciones atmosféricas en forma de sequías, intensas lluvias o fuertes tormentas, también son evidencias del impacto ambiental que sufrimos.

### 1.4.3.1.4. Incremento de la población mundial

La población mundial no ha dejado de crecer, concretamente en los últimos 200 años, en una cantidad de 5000 millones de habitantes. Indudablemente las actividades que realizamos tienen y tendrán un impacto ambiental que hay que tener en cuenta, ya que el aumento de la población consumirá más recursos y generará más problemas.

Por lo tanto, es indudable que ante la los 7.350 millones de habitantes del planeta Tierra y las perspectivas de crecimiento exponencial, los problemas medioambientales se van a ver incrementados.

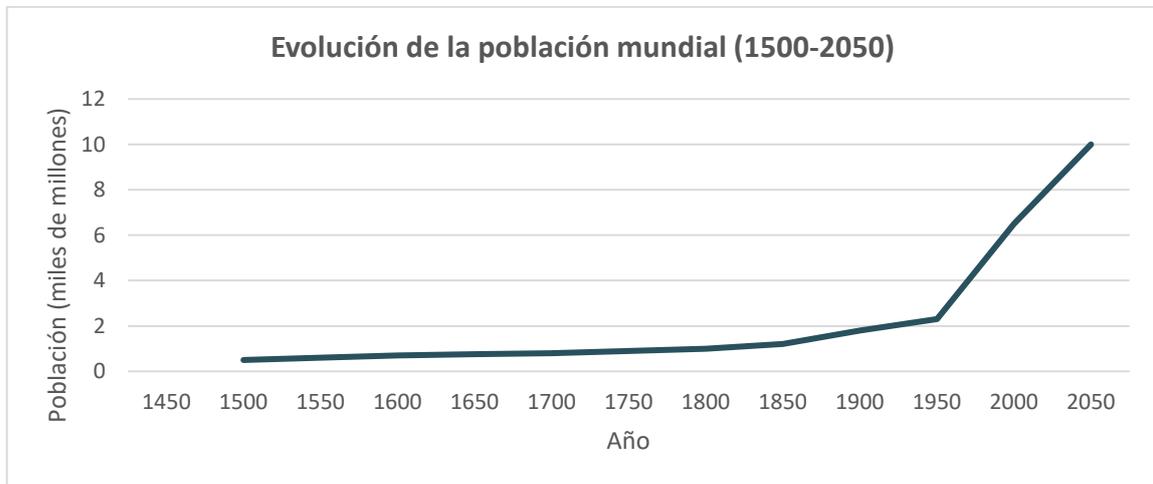


Gráfico nº 2. Evolución de la población mundial entre los años 1500 y 2050. Fuente: elaboración propia

#### 1.4.3.1.5. Deforestación

La deforestación causada por el ser humano en bosques imprescindibles para la vida como el del Amazonas o el del centro de África provoca desastres como la desertización, acidificación o la pérdida de biodiversidad (Ruddiman & Sans, 2008)

#### 1.4.3.2. NEGACIONISMO

Aunque la gran mayoría cree que el cambio climático causado por el ser humano es evidente, actualmente existe una corriente en aumento que considera que no.

La R.A.E define el negacionismo como la "actitud que consiste en la negación de hechos históricos recientes y muy graves que están generalmente aceptados " (Real Academia Española, 2017). Más concretamente y relacionándolo con el medio ambiente, podemos definirlo como el rechazo a las tesis internacionales que defienden que la causa principal del cambio climático y de los demás problemas ambientales está producida por el ser humano. Piensan que es un hecho intrínseco del planeta tierra que poco tiene que ver con las acciones que el ser humano ejerce sobre el planeta. Sin embargo, en el mundo académico no hay tanta discrepancia, ya que se considera que el ser humano es el responsable. La disputa sobre esta cuestión acerca del cambio climático nunca terminará. Siempre va a haber alguien (en cualquier tema de cualquier ámbito pasa lo mismo) que ponga en duda con argumentos más o menos objetivos, los problemas medioambientales de origen antropogénico. Este colectivo se autodenomina como negacionistas o escépticos y aseguran que por diversos motivos económicos, políticos o sociales se ha mentado acerca de muchos de los estudios y datos emitidos a lo largo de estos últimos años.

Muchos sugieren que el cambio climático simplemente es un fenómeno natural, que forma parte de los periodos variables de la tierra a lo largo de los siglos en los que interviene principalmente la actividad solar y sus ciclos según la cantidad de radiación que emite la tierra. Según esta posición, a lo largo de la historia ha habido infinidad de periodos glaciares y periodos cálidos donde el ser

humano ni siquiera existía, por lo que actualmente está surgiendo el siguiente periodo cálido, una etapa que no podemos evitar.

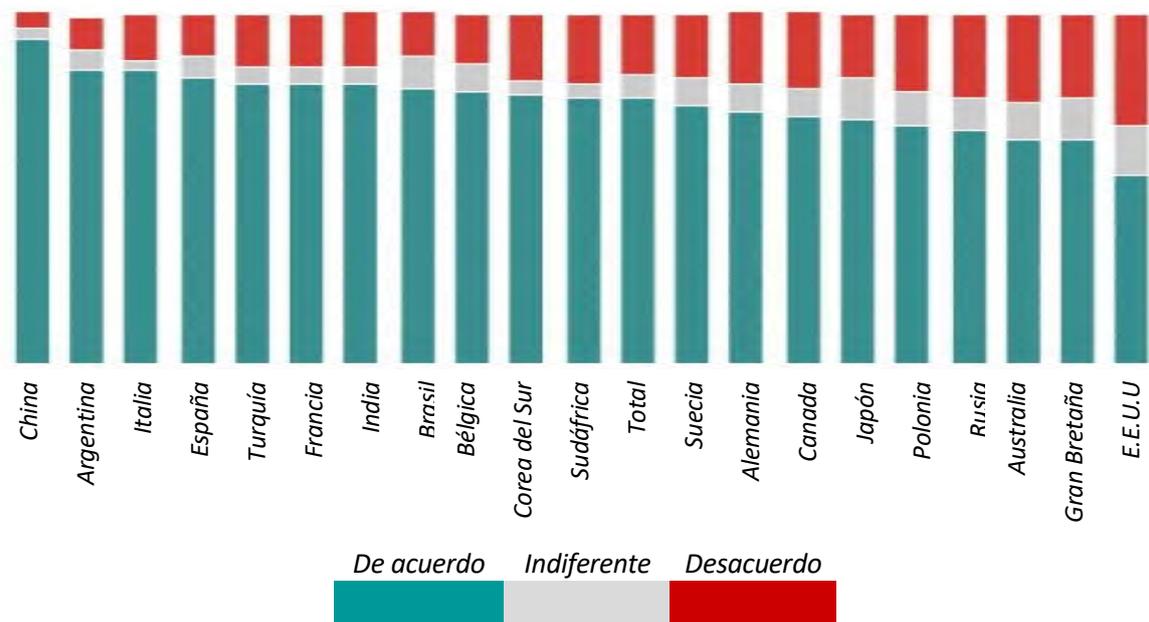


Gráfico nº 3. Negacionismo del cambio climático por países. Fuente: grupo de investigación Ipson Mori

También aseguran que muchas de las investigaciones desarrolladas no son especialmente rigurosas, que se limitan a simples teorías y predicciones. Incluso aseguran que muchos de los científicos encargados de dichos estudios están sobornados.

Un ejemplo es el estudio (Proistosescu & Huybers, 2017)(Mears & Wentz, 2017), publicado para revistas de gran prestigio como la Science Advances y Journal of Climate.

El estudio sobre la cantidad de personas que creen en el cambio climático en función de algunos países del grupo Británico de investigación Ipson Mori muestra que, aunque en general el pensamiento negacionista es minoritario, hay ciertos países con un número importante, como Estados Unidos de América.

#### 1.4.4. EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

El sector de la construcción es muy agresivo si se atiende al impacto que genera sobre el medio ambiente, gracias a algunos factores como el consumo de enormes volúmenes de materias primas, la gran distancia entre el lugar de explotación y el lugar de manufacturación y/o construcción, la cantidad de residuos de construcción generados, el agotamiento de los recursos humanos y la poca cantidad de productos que se reciclan. Estos factores producen un gran impacto ambiental, una huella ecológica importante y una emisión de dióxido de carbono enorme. No siempre fue así. Antiguamente y hasta la revolución industrial la construcción utilizaba materiales locales y menos manufacturados, por lo que afectaba mucho menos al medio ambiente.

En España la construcción es uno de los sectores principales de su economía. La generación de RCD en España según la Unión Europea representa el 18,5% (European Union, 2016), un porcentaje sin duda alto que puede ser reducido significativamente. Por eso es necesario un cambio en el modelo mediante el estudio de todas estas etapas y así poder analizar qué etapas, materiales o procesos pueden ser mejorados, optimizados o sustituidos.

Los problemas a los que se enfrenta el sector de la construcción son los siguientes:

#### **1.4.4.1. VOLUMEN Y EXPLOTACIÓN DE MATERIAS PRIMAS**

Según la ONU y más concretamente su organismo PNUMA, en los últimos 50 años hemos pasado de consumir 20.000 millones de toneladas a 70.000. Es un incremento del 250% en poco tiempo. (“La extracción de materias primas se triplicó en 40 años, según el PNUMA | Noticias ONU,” 2016)

#### **1.4.4.2. TRANSPORTE DE MERCANCIAS**

Antiguamente, las materias primas utilizadas para la construcción, salvo algunas excepciones, eran obtenidas de fuentes locales por lo que su transporte solía ser de pocos kilómetros. Sin embargo esto ha cambiado. En la actualidad el transporte de mercancías ya sea rodado, en agua (fluvial o marítimo) o aéreo está ocasionando una cantidad de emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero.

Según la International Energy Agency, el transporte terrestre de mercancías en Europa es el responsable de entre el 40% y el 50% de las emisiones de CO<sub>2</sub> del continente pese a ser un sector bastante optimizado. (Nederhoff, 2009). El problema entonces es otro, más bien social o cultural, porque en muchas ocasiones se importan innecesariamente materias primas de lugares muy lejanos, algo totalmente inútil que se puede evitar con una cultura y conciencia adecuadas.

#### **1.4.4.3. PRODUCCIÓN Y MANUFACTURA**

La manufactura de productos para la construcción no difiere mucho de otras industrias, pues los procesos no son muy diferentes a los de otros sectores.

La construcción es responsable del 20% del consumo mundial de combustible en el proceso de manufacturado de productos.(Dixit, Fernández-Solís, Lavy, & Culp, 2010)

Para hacer frente a los problemas de producción son necesarios métodos más eficientes, con energía procedente de medios renovables y sistemas de gestión ambiental aplicados tales como estudios de la huella ambiental o análisis del ciclo de vida. También es importante la utilización de materiales con baja energía incorporada.

De esta manera se consigue un diseño ecológico para crear más con menos materias primas y así poder reducir al máximo posible la repercusión al medio ambiente.

Estas iniciativas al fin y al cabo dependen del consumidor, pues pueden exigir que los productos tengan etiquetados ecológicos evitando o adquiriendo productos en función de este requisito.

#### **1.4.4.4. CONSTRUCCIÓN-DECONSTRUCCIÓN**

La actividad de construir (o deconstruir) modifica la orografía y la vegetación existente, producto del desbroce y excavación en prácticamente todos los proyectos.

Los materiales empleados tampoco ayudan al medio ambiente ya que participan en la descarga de contaminantes al entorno, como los derivados del petróleo, químicos, pinturas, aguas residuales o combustibles procedentes de las máquinas utilizadas. Estas máquinas, debido a la potencia que

tienen, emiten una cantidad de emisiones que hay que tener en cuenta a la hora de conseguir una construcción más sostenible.

La generación de residuos durante la ejecución tampoco beneficia al medio ambiente, ya que la construcción genera RCD's, en grandes cantidades que hay que tratar.

Por lo tanto, es necesario una organización, planificación y estrategia metodológica no solo de los procesos intervinientes en una obra, sino también de la manera en que dichos procesos afectan el medio mediante. Así se conseguiría mantener un equilibrio entre beneficio y sostenibilidad. (Mercader-Moyano & Ramírez-de-Arellano-Agudo, 2013)

**1.4.4.5. CONSUMO ENERGÉTICO**

La etapa de uso conlleva los gastos energéticos necesarios para que los usuarios de las construcciones puedan satisfacer las necesidades básicas que debe proporcionar una vivienda. Además, en la fase de uso no solo se tiene en cuenta el consumo debido al uso y disfrute, sino también el del mantenimiento, sustitución y reparación de los elementos dañados a lo largo de la vida útil del edificio.

El consumo energético depende de multitud factores: de la tipología de vivienda, de la correcta ejecución, del tipo de aparatos eléctricos, del tipo de generación energética o del mantenimiento. Según el Instituto para la Diversificación y ahorro de energía (IDEA), y haciendo una media entre todos los posibles casos diferentes que se pueden dar en la construcción, el 20% de la energía consumida en España se utiliza en las viviendas. (Institute for Energy Diversification and Saving - IDAE, 2016)

**1.4.4.6. DISPOSICIÓN FINAL.**

En el sector de la construcción es necesario el reciclaje industrial y la correcta gestión ambiental por el excesivo volumen de residuos generados, por la peligrosidad de algunos de ellos y por el equivocado manejo que se les suele aplicar. Si no se separan y se tratan, su acumulación puede generar un impacto ambiental muy considerable.

Estos residuos, de numerosa procedencia y composición, son aquellos, salvo excepciones, que se generan en una obra de construcción y demolición y se deben entregar a un gestor autorizado para que se destinen a la reutilización, reciclado o valorización. De esta manera se evita que acaben en vertederos.

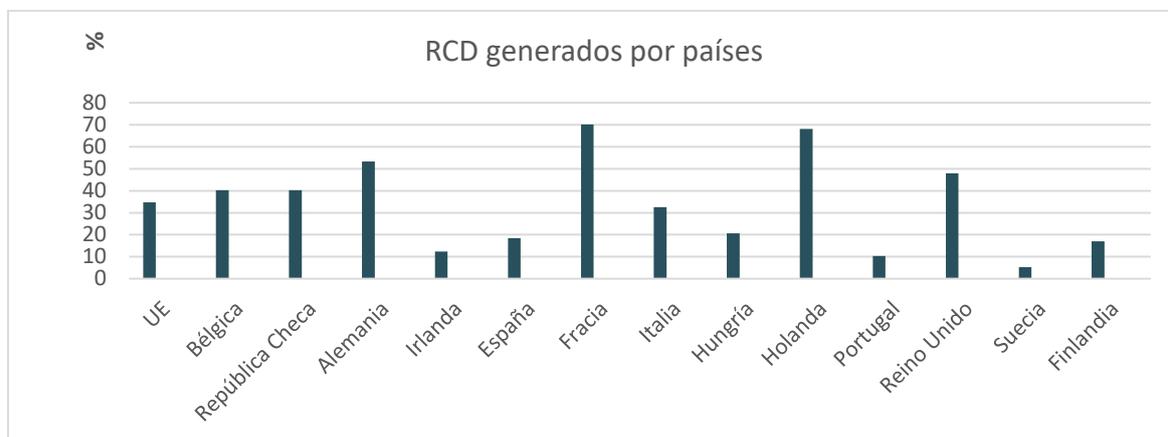


Gráfico nº 4. Generación de RCD según países de la UE. Fuente: EUROSTAT

Según la Oficina Europea de Estadística (EUROSTAT) "en la Unión Europea, en 2014 la construcción contribuyó con un 34,7% sobre el total de residuos"(EUROSTAT, 2017) Ese mismo estudio asigna a España un 18,5 % del total generado, un resultado estupendo teniendo en cuenta la importancia de este sector en España.

#### **1.4.4.1. BASES PARA UNA VIVIENDA SOSTENIBLE**

El concepto de arquitectura sostenible o sustentable se refiere a un proceso que conlleva una planificación y posterior construcción orientada a la sostenibilidad en beneficio del medio ambiente, las personas y la economía y en el que el estudio de su ciclo de vida supone una parte fundamental. (Brophy & Lewis, 2011)

En la actualidad hay un incremento en el interés de este tipo de arquitectura por la conciencia más generalizada y por la regulación.

Básicamente, una vivienda sostenible pretende seguir una estrategia en la que participen todos los elementos y formas de la construcción, como el aislamiento, la ventilación, la forma o las instalaciones. El objetivo es claro: vivir conforme a los estándares medioambientales de bajo impacto ambiental.

Los pilares en los que se basa una vivienda sostenible y que es necesario aplicar son los siguientes: (Vale, Vale, & Vale, 2000)

##### **1.4.4.1.1. La orientación, el lugar y su forma**

Estos aspectos maximizan la respuesta de la construcción respecto a la energía consumida, aprovechando al máximo la energía del sol al absorberla en invierno y reflejarla en verano, consiguiendo un confort interior adecuado.

El lugar también influencia en la respuesta que debe dar la construcción a las inclemencias atmosféricas.

##### **1.4.4.1.2. Los materiales de los que se compone**

Los materiales ecológicos que se utilizan deben ser naturales y obtenidos de fuentes renovables. Además, en todo su ciclo de vida pasando por la fabricación, extracción, colocación, mantenimiento y disposición final debe producir un bajo impacto ambiental.

Si también se obtienen de fuentes locales se reduce mucho la contaminación por el transporte, se diversifica el impacto ecológico y se beneficia la economía local.

##### **1.4.4.1.3. La envolvente térmica y el aislamiento térmico**

Este punto está íntimamente relacionado con la elección del lugar del edificio por depender de aspectos como el clima, la temperatura, la posición del sol o las inclemencias atmosféricas.

El aislamiento térmico está íntimamente ligado con el comportamiento energético mediante la disposición de un aislante adecuado en la envolvente.

##### **1.4.4.1.4. Técnicas de construcción**

De las técnicas de construcción y ejecución de las viviendas depende el desempeño ambiental, con aspectos como la generación de residuos, el consumo energético en obra o la demolición.

#### 1.4.4.1.4. Uso y energía

Uno de los cimientos en los que se basa la vivienda sostenible es el consumo energético, que depende de multitud de factores.

El primero y más básico es el consumo responsable de energía, que debe ser adquirido mediante una educación y una concienciación adecuada.

El segundo es su generación a partir de fuentes renovables que reduzcan tanto la extracción de residuos fósiles como su transporte.

Finalmente, también son importantes otros factores intrínsecos de la vivienda: aislante, forma, orientación etc.

#### 1.4.4.1.5. La gestión de sus desechos

La disposición final de los RCD decide el destino de los materiales, ya sea mediante su reutilización, su reciclaje, su almacenaje u otro tipo de valorización, y que depende únicamente del tipo de material, de su proceso manufacturero, de su mantenimiento y del proceso de demolición. De ahí la importancia de la planificación y del estudio de los procesos implicados para disminuir en lo posible el impacto que una construcción puede tener en el ecosistema.

## **1.5. INICIATIVAS INTERGUBERNAMENTALES PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO**

Los crecientes problemas medioambientales anteriormente descritos surgidos a partir de la Revolución Industrial y acentuados en el siglo XX y XXI, han provocado interminables problemas sociales, políticos, económicos y ambientales. Ante este panorama ha surgido una reacción en forma de una conciencia ecológica por parte de multitud de personalidades de diversos ámbitos importantes como el de la ciencia, la política o el comercio, y que ha promovido y divulgado las principales leyes y normativas que actualmente rigen el panorama respecto al cambio climático.

### **1.5.1. MARCO HISTÓRICO**

A principio de los setenta, en 1979, el Club de Roma se reunió en Ginebra e inició una ofensiva para concienciar a los gobiernos de los distintos países sobre la inminente amenaza del calentamiento global (Meadows, Randers, Meadows, & Pawlowsky, 2006) Esta reunión se consideró la Primera Conferencia Mundial de la historia de este tipo.

En 1987 se creó la Comisión Brundtland para el desarrollo del medio ambiente y se recomendó urgentemente reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> para el año 2005 en un 20% respecto a las de aquel año. Tras esta conferencia la ONU crea dos importantes organizaciones: la sede del Programa para las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). El objetivo es componerlas por profesionales interdisciplinarios e internacionales y estudiar, evaluar y, en su caso, demostrar las evidencias científicas de la contribución del hombre al calentamiento de la Tierra.

La semilla plantada con la creación de estas organizaciones dio sus frutos en 1992, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo de Río de Janeiro. En ella se adoptó el Marco sobre el Cambio Climático por el que los países desarrollados se comprometieron a intentar reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2000 a los niveles existentes en 1990. (Baylis, Smith, & Owens, 2007)

Es en Kioto, en 1997, donde se celebra la tercera conferencia y donde se logra demostrar la influencia humana en el cambio climático. Lo más importante fue el acuerdo para la creación del protocolo de Kioto (IPCC, 1995). Los países desarrollados se comprometieron a cumplir una serie de puntos clave, entre los que se destacaba reducir de forma global un 5% las emisiones con respecto al año 1990 para el periodo comprendido entre 2008 y 2012, marcando particularmente cada uno de ellos la cantidad de emisiones límite.

Otros puntos que contenía el Protocolo de Kioto consistían en fomentar las energías renovables y promover la investigación sobre nuevas fuentes de energía y tecnología para el secuestro de dióxido de carbono, y así proteger y fomentar los sumideros de carbono mediante la promoción de la gestión forestal sostenible, la reforestación y la agricultura sostenible. También se establecían medidas para reducir en el sector del transporte las emisiones no controladas. (Oberthür & Ott, 1999)

En el ámbito nacional español, el 14 de marzo del 2014 se aprobó el Real Decreto 163/2014 por el que se crea el Registro de Huella de Carbono, Compensación y Proyectos de absorción de dióxido de carbono. Se pretendía así cuantificar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y cumplir con los objetivos de la Unión Europea mediante el registro de la huella de carbono de las empresas. Lamentablemente es meramente voluntario.

En 2009 se celebró la XV Conferencia sobre el Cambio Climático de la ONU en el que se planearon utilizar grandes recursos económicos (de unos 100.000 millones de dólares al año) por parte de los países desarrollados, para permitir a los países en vías de desarrollo luchar contra el cambio climático, al tiempo que se favorecía su desarrollo de una manera sostenible.

En diciembre de 2015 Francia acogió en París la vigésimo primera Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en el que intervinieron todos los países para reducir el calentamiento global y en el que cada uno presentó en función de su situación el planteamiento para combatirlo. (Blau, 2017)

Desde la cumbre de Nueva York de septiembre de 2014 se están desarrollando en la actualidad otras numerosas iniciativas menores pero necesarias por parte de numerosas entidades no gubernamentales como ONG's, empresas, asociaciones etc.

## **1.5.2. ACUERDOS RECIENTES**

### **1.5.2.1. PROTOCOLO DE KIOTO**

El protocolo de Kioto es básicamente un acuerdo internacional cuya principal misión consiste en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La RAE define protocolo en su segunda acepción como “acta o cuaderno de actas relativas a un acuerdo, conferencia o congreso diplomático”, y en su acepción cuarta como “secuencia detallada de un proceso de actuación científica, técnica, médica, etc.” (Real Academia Española, 2017). Más concretamente en el derecho internacional público se define como un contrato privado de un tratado, es decir, un acuerdo entre ciertos sujetos que puede ser modificado, ampliado o complementado.

Fue aprobado el 11 de diciembre de 1997 en la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC) en la ciudad japonesa del mismo nombre, con el objetivo de proteger

el clima y reducir el efecto invernadero. El protocolo de Kioto pretendía regular los puntos clave donde las actividades humanas generan una mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero: el ganado, la quema de combustibles fósiles y la limpieza de los bosques. Específicamente, los gases que se pretenden limitar son el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, y los hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre. (Oberthür & Ott, 1999)

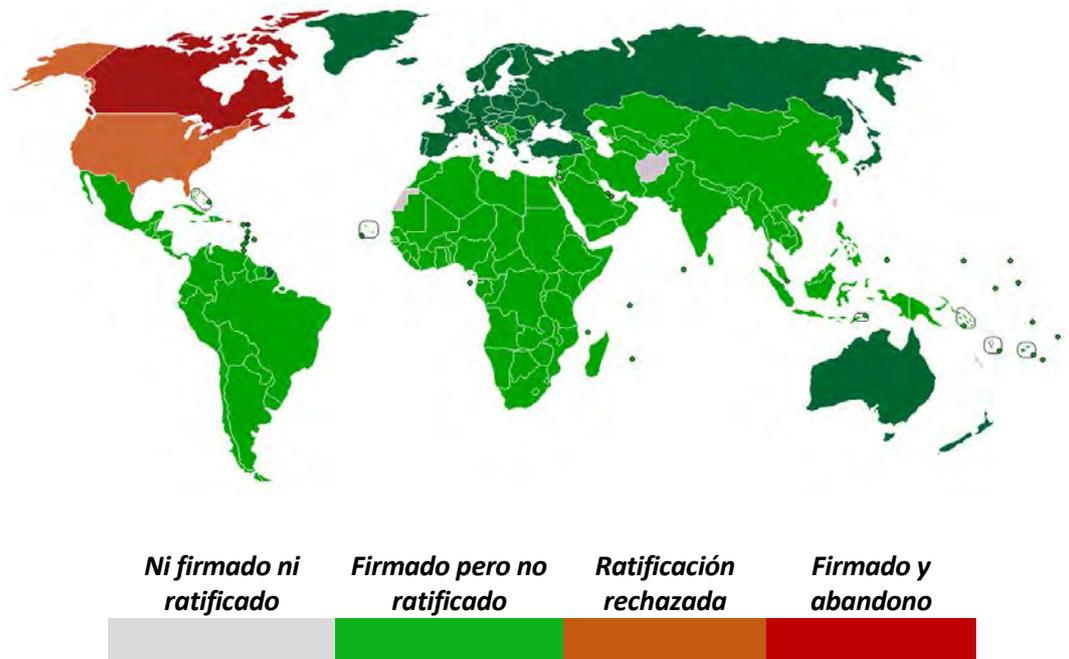


Imagen nº 3. Posición de los Países respecto al protocolo de Kioto. Fuente: EU

En el protocolo, los países industrializados se comprometieron a la reducción de los gases de efecto invernadero un 5,2% promedio respecto a los niveles de 1990 para un primer periodo comprendido entre los años 2008-2012. En Europa a cada país se le otorgó un porcentaje de reducción diferente en función de algunos factores como su economía o sus emisiones netas. (Naciones Unidas, 1998)

Estados Unidos rechazó la ratificación en 2001 y antes de terminar el año 2012, Canadá se retiró para no incumplir sus promesas de reducir las emisiones pactadas. En Europa, aunque algunos países entre los que figuraba España no habían cumplido lo pactado, el grueso de la Unión Europea sí fue capaz de mantener el acuerdo.

Tras el primer periodo y cinco años de negociaciones se consensó el segundo periodo, comprendido entre los años 2013 y 2020 y fue denominado como Kioto II. En este nuevo periodo debían integrarse más países emergentes, aunque la no ratificación de E.E.U.U., Canadá y Rusia enfrió mucho el acuerdo. (Gobierno de España. Ministerio de agricultura y pesca. Alimentación y medio ambiente, 2013)

### 1.5.2.2. ACUERDO DE PARÍS

El acuerdo de París es un acuerdo de los 195 Estados miembro de la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el clima para suceder al protocolo de Kioto cuando finalice en 2020. Fue adoptada el 12 de diciembre de 2015 en la ciudad de París con tres objetivos claros (Madrid, 2016):

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y por lo tanto el calentamiento global, manteniendo el aumento de la temperatura media global por debajo de 2°C respecto a los niveles preindustriales.
- Fortalecer la capacidad de adaptación del ser humano a los efectos adversos del cambio climático ya existentes.
- Crear un desarrollo mundial sostenible compatible con el mundo financiero internacional.

Dicho acuerdo es mucho más prometedor que el protocolo de Kioto, pues los países que más gases de efecto invernadero emiten como China, Alemania o Estados Unidos (este último, pese a las amenazas de echarse atrás y rechazar el acuerdo, sigue manteniendo su firma y ratificación) junto con la Unión Europea, casi toda América del sur y parte de Asia y África han firmado y ratificado el acuerdo. En 2018 un total de 169 Estados ya han firmado y ratificado el acuerdo, lo que representa el 82.95% de las emisiones mundiales, una oportunidad histórica en la que participa prácticamente todo el globo terrestre. (Salawitch, Canty, Hope, Tribett, & Bennett, 2017)

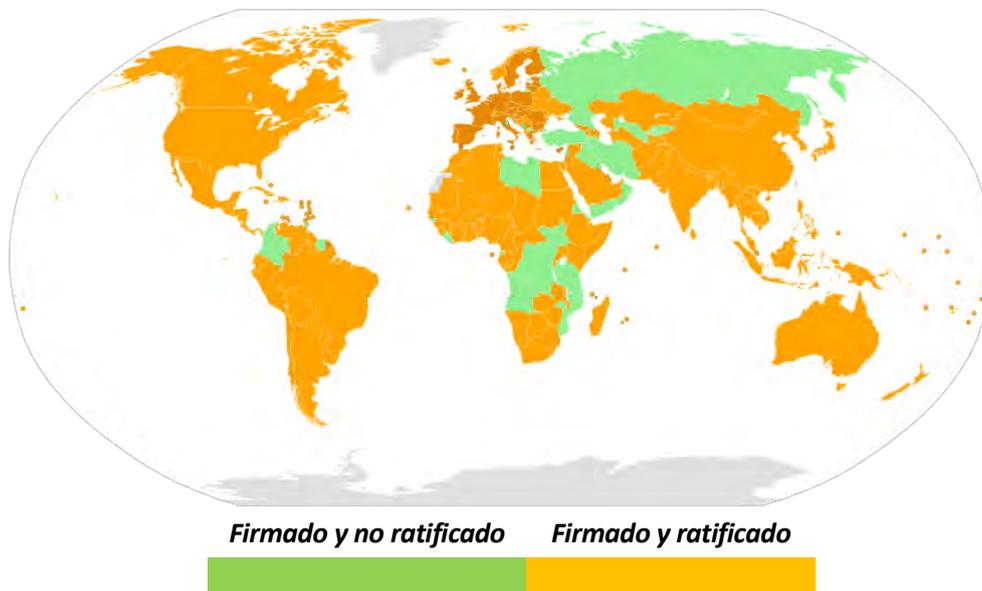


Imagen nº 4. Posición de los Países respecto al acuerdo de París Fuente: EU

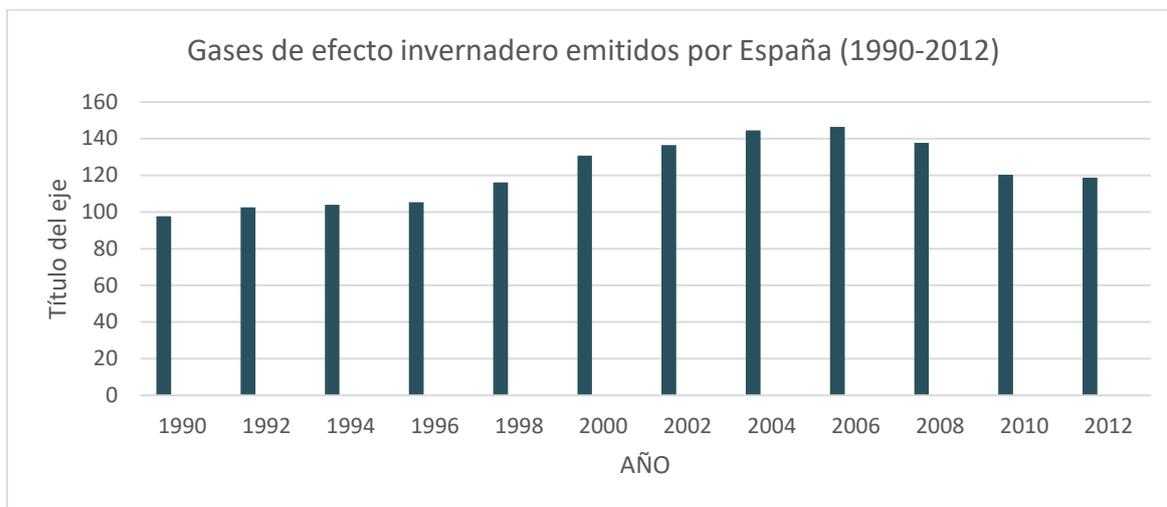
Algunos países como Francia ya han empezado a tomar medidas, como el hecho de anunciar la prohibición de los vehículos de gasolina y diésel en 2040 y del carbón para producir electricidad en 2022.

### 1.5.2.3. SITUACIÓN EN ESPAÑA

España, uno de los países que firmó y ratificó los compromisos del protocolo de Kioto, no ha conseguido cumplir los objetivos acordados pese a que tenía permitido aumentar de manera limitada sus emisiones a un máximo del 15%. La realidad es que en el año 2007 ya había llegado al límite propuesto. Es más, había llegado a aumentarlas un 52 %, por lo que estaba muy lejos de los objetivos marcados.

Entre 2008 y 2013, en el periodo de crisis económica y debido al descenso de la actividad económica e industrial, se consiguió una bajada del 27% de emisiones, por lo que ha tenido que ser mediante la compra de derechos de emisión, una herramienta administrativa utilizada para el control de

emisiones de gases de efecto invernadero, como ha podido cumplir lo pactado. (Ministerio de agricultura y pesca, 2018)



Gráfica nº 5. Gases de efecto invernadero emitidos por España Fuente: Unión Europea

España también se ha comprometido a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el conocido como Kioto II o segundo periodo del protocolo de Kioto, en un periodo comprendido entre 2013 y 2020.

En cuanto al acuerdo de París, España ya ha firmado y ratificado el acuerdo, por lo que se ha sumado conjuntamente con los 28 países que componen la Unión Europea para que a partir del año 2020 se comiencen a reducir en un 40% las emisiones de gases de efecto invernadero conjuntamente respecto al año de referencia, 1990. (Madrid, 2016)

Concretamente, el programa para España dentro de la contribución prevista determinada a nivel nacional consiste en reducir para 2030 en un 26% las emisiones para sectores como el transporte, la agricultura, la generación de residuos o la edificación, y un 43% para otros sectores industriales. (efeverde, 2016)

## 1.6. POLÍTICA, LEGISLACIÓN, NORMATIVA Y BUENAS PRÁCTICAS

Los movimientos ecologistas están ya asentados en la sociedad y con ellos se han dado las circunstancias necesarias para la creación de multitud de propuestas en forma de leyes, normas y buenas prácticas. Estas políticas pretenden mejorar la salud tanto del ser humano como del medio ambiente, reglando las pautas que hay que seguir, obligatorias en el caso de las leyes y recomendables en el caso de las normas, para regular las actividades del ser humano con la naturaleza.

Hay que diferenciar los conceptos de legislación y normativa. La RAE define legislación como el "conjunto o cuerpo de leyes por las cuales se gobierna un Estado o una materia determinada". También define normativa como "conjunto de normas aplicables a una determinada materia o actividad" (RAE, 2001). Por lo tanto, podemos deducir que la legislación se asocia a una ley de obligado cumplimiento de un estado o región y emitida por un sistema legislativo, mientras que las normas son emitidas por diversas asociaciones no gubernamentales y sin poder legislativo, (como AENOR en España o AFNOR en Francia) que pretenden ajustar las conductas y actividades de algún

tema en concreto, y que no suelen ser de obligado cumplimiento. No deben confundirse los términos de norma y norma jurídica.

### **1.6.1. DERECHO AMBIENTAL**

El conjunto de la legislación destinada a regular la relación del ser humano con el medio ambiente con el fin de protegerla lo podemos denominar derecho ambiental.(Jaquenod de Zsögön, 2004)

Dentro del derecho ambiental existe un conjunto bien definido de normas jurídicas en forma de tratados, leyes, reglamentos, estatutos, decretos, etc. con un objetivo claro: proteger al medio ambiente de los impactos ambientales generados por el ser humano. Podemos diferenciar un ámbito internacional, uno europeo y otro español.

#### **1.6.1.1. ÁMBITO INTERNACIONAL**

En el ámbito internacional, pocas organizaciones tienen potestad de legislar globalmente sobre territorios ajenos, siendo más común la creación de acuerdos, protocolos, declaraciones y convenios, que no son de carácter obligatorio, como puede ser el caso de la ONU y las iniciativas mostradas en el apartado 1.5. INICIATIVAS GUBERNAMENTALE CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO.

#### **1.6.1.2. ÁMBITO EUROPEO**

De la Unión Europea emanan reglamentos y directivas dirigidas a los estados miembro para que las implementen en la legislación nacional y cooperen entre ellos, según el artículo 249 del Tratado para el funcionamiento de la Unión Europea. (Rodríguez Carrión & Salinas de Frías, 2007) (AFEC noticias, 2008)

Estas normas jurídicas (no confundir con normas) suelen legislar sobre protección del suelo y del agua, gestión de residuos y del agua, contaminación atmosférica y cambio climático, protección de la naturaleza o contaminación acústica.

Algunos de los reglamentos y directivas importantes son: (Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2018)

- Reglamento (UE) nº 1227/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011, sobre la integridad y la transparencia del mercado mayorista de la energía.

- Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/C

- Reglamento (UE) nº 1210/2011 de la Comisión, de 23 de noviembre de 2011, por el que se modifica el Reglamento (UE) no 1031/2010, en particular con el fin de determinar el volumen de los derechos de emisión de gases de efecto invernadero por subastar antes de 2013.

- Directiva 1999/31/CE del Consejo de 26 de abril de 1999 relativa al vertido de residuos.

- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

### **1.6.1.3. ÁMBITO ESPAÑOL**

España, como país soberano que es, elabora normas jurídicas de carácter medioambiental por medio del parlamento. También adapta los reglamentos y directivas de la Unión Europea al ámbito nacional.

Estas leyes tratan de regular multitud de aspectos como la energía, el consumo, las emisiones de gases de efecto invernadero, el transporte o la gestión de residuos y el reciclaje,. (Miguel Perales, 2009)

Podemos destacar las siguientes:

- LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- Código Técnico de la Edificación.
- Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España
- LEY 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.
- Planificación energética indicativa según lo dispuesto en la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible.

Lamentablemente, se echa en falta una ley específica sobre cambio climático, que pese a estar prometida para el año 2018 aún no hay signos que indiquen que va a aprobarse.

### **1.6.2. NORMATIVA**

Las normas no son de obligado cumplimiento a no ser que un conjunto de leyes lo considere oportuno.

Con ellas se pretende elaborar y aplicar normas a distintos aspectos medioambientales con el objetivo de simplificar el modelo de aplicación y crear un lenguaje claro de algún asunto. También permite armonizar dichos temas internacionalmente de manera que diferentes países tengan criterios comunes . (Álvarez García, 1999)

Las organizaciones que se encargan de elaborar las normas pueden ser privadas, internacionales, regionales o estatales

#### **1.6.2.1. ÁMBITO INTERNACIONAL**

A nivel mundial, son dos las organizaciones más importantes sobre la normalización de temas medioambientales.

Una es la ONU, que a través de la Convención Marco de las Naciones Unidas promueve tratados como el protocolo de Kioto ya explicado en el apartado 1.5.2.1. PROTOCOLO DE KIOTO o las cumbres del clima que realizan anualmente para tratar de mantener los esfuerzos internacionales para luchar contra el cambio climático aplicando políticas adecuadas. También es la encargada de crear los acuerdos entre países de todo el mundo. Por poner un ejemplo, la conferencia XXI sobre el cambio climático en París fue el lugar donde se consiguió alcanzar el Acuerdo de París, explicado en el apartado 1.5.2.2. ACUERDO DE PARÍS.

Otros grupos importantes que dependen de la ONU son el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o IPCC, que promueve estudios científicos, técnicos y económicos sobre

el riesgo que supone el cambio climático antropológico y sus consecuencias, o el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, más destinada a ayudar a los países en vías de desarrollo a gestionar sus políticas a prácticas más ecológicas y sostenibles. (Madrid, 2016; Oberthür & Ott, 1999)

Otra organización con reputación en la normalización internacional es la Organización Internacional para la Normalización o ISO. La ISO es independiente y no gubernamental, y es la organización de referencia de creación de estándares internacionales. Los países afiliados, entre los que se encuentra España, adoptan sus normas por medio de organismos de ámbito estatal.

Otras organizaciones internacionales son la Comisión Electrotécnica Internacional o IEC y la Unión Internacional de Telecomunicaciones o ITU, que orientan sus estándares sus sectores de referencia

Algunas normas importantes son: (Núñez Fernández, 2007)

- Serie de normas ISO 14000
- ISO 15392: 2008 Sustainability in building construction -- General principles
- ISO 21929:2011 Sustainability in building construction -- Sustainability indicators -- Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings
- ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works -- Core rules for environmental product declarations of construction products and services
- ISO 21931:2010 Sustainability in building construction -- Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works -- Part 1: Buildings

#### **1.6.2.2. ÁMBITO EUROPEO**

La Unión Europea también emite normas europeas de carácter voluntario que son redactadas por el Comité Europeo de Normalización (CEN) con el objetivo de simplificar y unificar entre todos los miembros los criterios de algún tema en concreto. (CEN, 2018)

Es por medio de los diez Eurocódigos o EN mediante los cuales el CEN emite sus normas para que posteriormente los países que componen la Unión la implementen en sus estados.

En España es el comité técnico 140 de la Asociación Española de Normalización o AENOR la organización privada no gubernamental destinada a incorporar las normas EN.

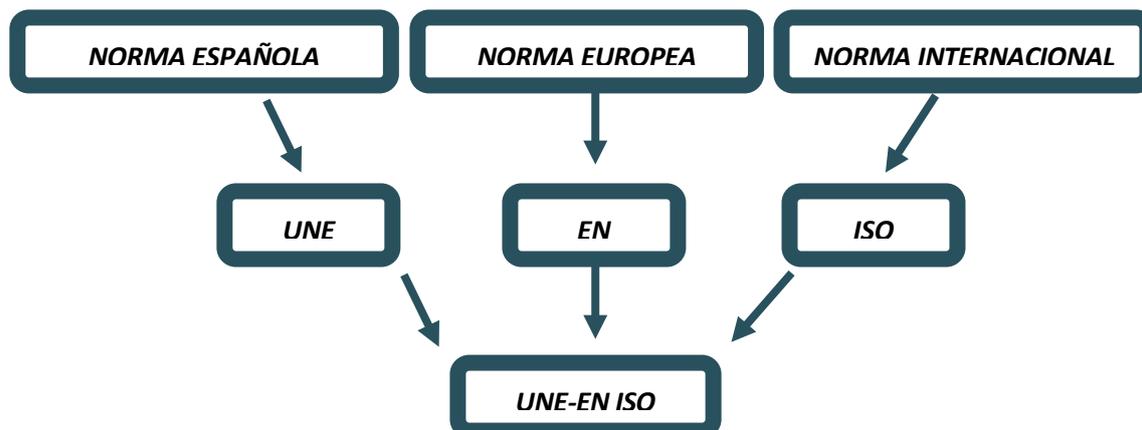
#### **1.6.2.3. ÁMBITO ESPAÑOL**

Como se ha mencionado anteriormente, AENOR es la asociación encargada de adaptar las normas procedentes del ámbito internacional (ISO) y europeas (EN), así como de crear normas propias de carácter voluntario, denominadas Una Norma Española o UNE.(AENOR, 2018)

Podemos destacar las siguientes normas:

- UNE-EN ISO 14040: 2006 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia
- UNE-EN ISO 14044: Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.
- UNE 71044:1999. Tecnología de la información. Procesos del ciclo de vida del software

- UNE-EN 60300-3-14: Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14. Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento.



Esquema nº 1. Nomenclatura de AENOR en función del origen de la norma. Fuente: elaboración propia

### 1.7. HERRAMIENTAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

Para hacer frente a los numerosos problemas mencionados en los puntos anteriores, se han ideado una serie de herramientas destinadas a resolverlos mediante la gestión ambiental.

La gestión ambiental es un método que trata de ocuparse de las actividades que el ser humano realiza sobre el medio ambiente en el transcurso de una ocupación y conseguir un equilibrio entre ambos que trate de preservar y administrar los recursos finitos existentes. (Prieto, 2011)

Estas herramientas suelen utilizarse para reducir el impacto ambiental de productos, procesos y servicios. Además, sus resultados permiten concienciar ética y medioambientalmente e instruir a las partes interesadas que se dedican a dichos temas mediante el estudio de estrategias beneficiosas desde un punto de vista sostenible. Las principales herramientas diseñadas para tal fin son las siguientes:

HERAMIENTAS DE GESTIÓN AMBIENTAL		
Análisis de ciclo de vida	Huella de carbono	Huella ecológica
Evaluación Impacto ambiental	Etiquetado ecológico	Auditoría medioambiental
Certificaciones	Legislación	Buenas prácticas

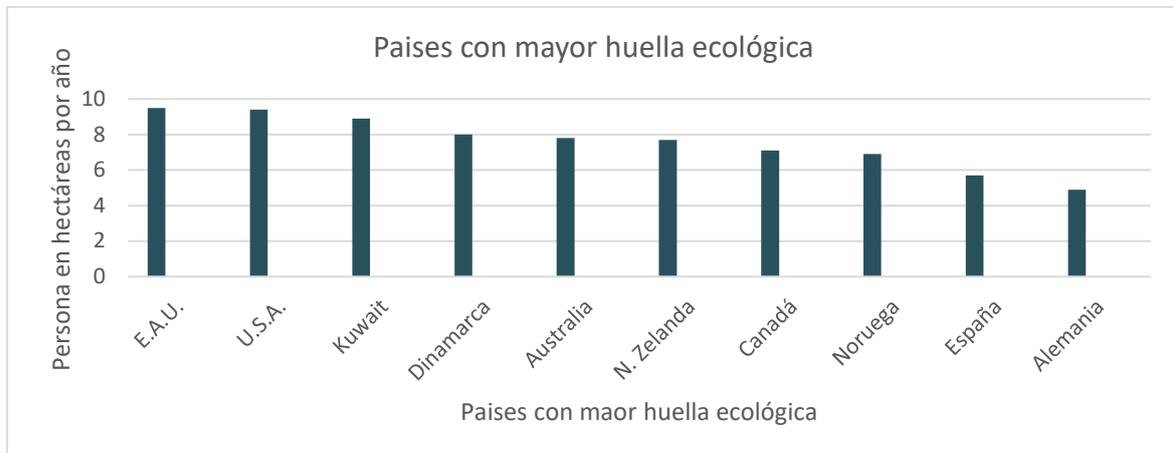
Tabla nº 2. Herramientas de gestión ambiental. Fuente: elaboración propia

#### 1.7.1. PRINCIPALES HERRAMIENTAS DE GESTIÓN AMIENTAL

##### 1.7.1.1. HUELLA ECOLÓGICA

Podemos definir la huella ecológica como un indicador de sostenibilidad que señala la cantidad de área de tierra o naturaleza que necesitamos para subsistir y mantener nuestro estilo de vida. Cuantifica el impacto ambiental generado por el ser humano relacionándolo con una actividad en específico y con la capacidad ecológica de su entorno. Tiene en cuenta por lo tanto el área y el volumen del ecosistema necesario para generar dicho recurso y para absorber los residuos generados. (Doménech Quesada & Asociación Española de Normalización y Certificación., 2007)

Este tipo de estudios demuestran que el ser humano consume a efectos globales de media más de lo que la tierra produce por lo que no es capaz de regenerarse en las condiciones de sostenibilidad normales.(Eisenberg, 2011)



Gráfica nº6. Clasificación de los países con mayor huella ecológica. Fuente: Global Footprint Network

#### 1.7.1.2. HUELLA DE CARBONO

La huella de carbono es un impacto ambiental que cifra la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por cualquier producto, proceso o servicio mediante un inventario de emisiones que se suele expresar como dióxido de carbono equivalente.

La huella está estrechamente relacionada con el ciclo de vida, pues en el estudio intervienen procesos unitarios como la extracción, el transporte o la disposición final. (Rodr & Avil, 2015) También sigue los estándares internacionales GHG protocolo y la norma ISO 14064-1 con el apoyo de la ISO 14040 e ISO 14044.

La huella de carbono se diferencia de la huella ecológica en que esta evalúa la sostenibilidad en función de la capacidad que tiene el planeta tierra para regenerar los recursos naturales, mientras que la huella de carbono está relacionada directamente con las emisiones de gases de efecto invernadero.

#### 1.7.1.3. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

La asociación internacional para la evaluación de impactos ambientales (IAIA en inglés) define la evaluación de impacto ambiental como "el proceso de identificar, predecir, evaluar y mitigar los efectos biofísicos, sociales del desarrollo propuesto antes de tomar cualquier tipo de decisión". (Brown, 1996)

Por lo tanto, es un conjunto de estudios técnicos ambientales que sigue un procedimiento determinado para evaluar las alteraciones del medio ambiente y sus posibles efectos positivos o negativos sobre un producto, proceso o servicio.

#### 1.7.1.4. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

El análisis del ciclo de vida es una herramienta de gestión ambiental que trata de evaluar todas las cargas ambientales de un producto, proceso o servicio mediante la cuantificación de los flujos de

entrada y salida de energía consumida, materiales empleados y vertidos de residuos. Posteriormente se realizan estrategias de mejora o comparaciones con otros productos o procesos.

Se basa en el estudio de lo que se conoce como ciclo de vida, en el que pueden intervenir desde el proceso de extracción hasta el de reciclado, pasando por la fabricación, uso o mantenimiento. Existen varios ciclos de vida, siendo el de la cuna a la tumba (de la extracción a la disposición final) el más exhaustivo. (AENOR, 2006a)

#### **1.7.1.5. AUDITORÍA MEDIOAMBIENTAL**

Las auditorías medioambientales se asemejan a las auditorías contables. Examinan la información de una empresa, organización, estado, instalación, proceso o transporte y cuantifican la posición medioambiental de este. (Rodríguez Ruiz, 2012)

Por lo tanto, la auditoría medioambiental trata de cuantificar y revisar la situación medioambiental para poder mejorar las partes que peor comportamiento ambiental tienen y optimizar su conducta. Se realiza desde la misma empresa por medio de personal especializado o mediante una asesoría exterior, con el fin de incorporar una política ambiental que mejore lo existente y planifique el futuro para reducir la incidencia negativa sobre el medioambiente.

#### **1.7.1.6. ETIQUETA ECOLÓGICA**

Las etiquetas ecológicas son un indicador ambiental de carácter voluntario que sigue la metodología del ciclo de vida y que define el cumplimiento ambiental de un producto o servicio al que se le asigna una marca o etiqueta. Sirve para ver el desempeño ambiental de dicho producto o servicio y compararlo con los de su mismo grupo. También pretende evitar el llamado *greenwashing* o lavado verde y evitar engaños en la información de los etiquetados de un producto. (Dopazo Fraguío, 2001)

Está ampliamente normalizada en los estándares ISO 14000, 14021, ISO 14024 e ISO 14025, donde se definen tres tipos de etiquetas ecológicas; la etiqueta tipo I, emitida por entidades independiente; la tipo II, otorgada por la propia empresa y por lo tanto no verificable; y la tipo III, basada en una declaración ambiental de terceros.

#### **1.7.1.7. CERTIFICACIONES**

Las certificaciones son herramientas de gestión ambiental voluntarias que garantizan que el sistema de gestión ambiental de una empresa sigue unas pautas ecológicas y sostenibles. Son adjudicadas por instituciones externas autorizadas y ajenas a la empresa en cuestión. (Dopazo Fraguío, 2001)

#### **1.7.1.8. OTROS INSTRUMENTOS MEDIOAMBIENTALES**

Todas las herramientas de gestión ambiental mencionadas que pueden ser utilizadas para mejorar un producto, una empresa o cualquier actividad, se ven complementadas con otros instrumentos que si bien no son herramientas en sí, permiten realizar unas actuaciones que repercute de manera positiva en el medio ambiente. Entre estos instrumentos podemos destacar la organización del territorio, las buenas prácticas

medioambientales de cualquier actividad y la legislación existente tanto municipal, provincial, autonómica como estatal o internacional, o cualquier otro método que ayude a propiciar un comportamiento más sostenible.

### **1.7.2. EL ACV FRENTE A OTROS MÉTODOS**

El ACV puede ser la herramienta ambiental más acertada para conocer el impacto real de la construcción de un edificio en el medio ambiente. Basado en el estudio del ciclo de vida, no solo analiza de forma objetiva los diferentes impactos ambientales, sino que ayudado de bases de datos y de programas informáticos, consigue evaluar y abarcar todos los procesos que intervienen en dicha empresa, analizando el comportamiento ambiental de las entradas y salidas de materiales, emisiones y energía. (Curran, 2012)

Una vez realizado este proceso de análisis, es posible adoptar una estrategia para optimizar o cambiar todos los aspectos que tengan un desempeño ambiental deficiente: es posible modificar los materiales utilizados por otros en función de su mantenimiento, del impacto ambiental, de su extracción o de la distancia de transporte.

Otros métodos de gestión ambiental, como la certificación o el etiquetado, simplemente puntúan el desempeño ambiental de lo que se quiera analizar, por lo que no profundizan en aspectos que con el ACV sí se podría.

En el caso de la huella ecológica o huella de carbono, solo se ocupa respectivamente del área de terreno consumido y de los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera, por lo que también resultaría un estudio incompleto.

#### **1.7.2.1. BREVE HISTORIA DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA**

El ACV tiene sus orígenes en la década de 1960, tanto en Estados Unidos como en Europa, donde debido a las grandes cantidades de energía consumida por el sector de la industria química, se propuso idear un método para contabilizar tales consumos. Debido a la crisis del petróleo y al creciente aumento de la población, varios fueron los estudios ideados que intentaron buscar el método más preciso para lograr estrategias de reducciones de consumo de energía. Uno de ellos se trataba de un estudio muy detallado que gestionaba los balances del material utilizado y la generación de residuos. Así se creó el ACV.

Sin embargo, no fue hasta 1979, con la creación de SETAC (Society Environmental Toxicology and Chemistry) y más concretamente a la década de 1990, cuando se empezó a tomar más en serio el tema con el desarrollo de estudios más exhaustivos por parte de SPOLD (Society for the Promoción of LCA Development) y sobre todo por el subcomité SC 5 perteneciente a la organización internacional de estándares (ISO). Este comité desarrolló y normalizó el ACV, sus principios, marcos de referencia y etapas de la metodología.

En la actualidad ya está totalmente asentado con las normas UNE-EN ISO 14040; 2006 y UNE-EN ISO 14044:2006, base principal de esta herramienta de gestión ambiental. (Guinée et al., 2011)

### **1.7.2.2. NORMATIVA EXISTENTE**

Como se ha mencionado anteriormente, las normativas UNE-EN ISO 14040: Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia y UNE-EN ISO 14044: Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices son los documentos que sirven como marco de referencia para la realización correcta de un ACV.

Estas normas no son las únicas, la UNE 71044:1999: Tecnología de la información. Procesos del ciclo de vida del software y la UNE 150041:1998 EX: Análisis de ciclo de vida simplificado también forman parte de la normativa aplicable a un ACV. (AENOR, 2018)

Su uso por lo tanto depende de una normativa comunitaria y no de una legislación, que hace que no sea una herramienta de obligado cumplimiento. Pese a no tener una legislación obligatoria detrás, esta metodología ha servido para la realización de varias directivas y reglamentos comunitarios relacionados con el medio ambiente y su gestión, tanto en Europa como en España.

### **1.7.2.3. BASES DE DATOS Y SISTEMAS GESTORES**

Para la realización del ACV es necesario conocer las entradas y salidas de materiales, energía y emisiones que generan los productos, procesos o servicios estudiados. Intentar obtener esta información in situ puede ser un trabajo complicado y tedioso, casi imposible, aumentando su complejidad cuanto más metódicos queramos ser.

Es entonces cuando se hace necesario el uso de las bases de datos, que en los últimos años han aumentado su desarrollo y exactitud, fruto de la estandarización del ACV. Las bases de datos no son más que bibliotecas digitales actualizables que funcionan como conjuntos de millones de datos objetivos almacenados y preparados para su consulta. Estas bases de datos son creadas en su mayoría por organismos dedicados a temas medioambientales en función de diversos parámetros.(Antequera Baiget, 2004)

Las más utilizadas son la base de datos Ecoinvent 3.4 de la organización suiza Ecoinvent, la base de datos ELCD dependiente de la Comisión Europea o la USLCI de la institución estadounidense National Renewable Energy Laboratory (NREL).

Estos reputados proveedores están especializados en este trabajo. Mediante un ejercicio y una conducta transparente, proporcionan miles de datos internacionales de todo tipo de productos, procesos y servicios, por medio de procedimientos que aseguran la calidad de los datos.

Una vez consiguen los datos necesarios y configuran la base de datos, obtienen amplias bibliotecas de donde es posible encontrar datos en función de múltiples factores.

Por ejemplo, podemos encontrar información que nos muestren valores sobre la cantidad de energía consumida por cualquier proceso de recolección de material prima del medio ambiente, como la arcilla de una mina o la madera de un bosque. También información acerca de la utilización de una motosierra eléctrica y los gases de efecto invernadero que emite su uso. Además, se pueden encontrar datos obtenidos en multitud de lugares, como Europa, Canadá, España o Suiza. Esto hace que la cantidad de información sea tan abundante que podamos optar casi siempre por la opción que más nos beneficie y así reducir la incertidumbre de los datos de nuestro estudio.

Actualmente se comercian una gran cantidad de bases de datos, cada una especializada en diversos sectores o procesos. Se muestra a continuación las más representativas:

BASES DE DATOS	EMPRESAS SUMINISTRADORAS
Agri-footprint	Blonk Consultants
Ecoinvent	Ecoinvent
ELCD	Comisión Europea
Gabi database	PE International

Tabla nº 3. Bases de datos y sus distribuidores. Fuente: elaboración propia

Para la visualización y correcta utilización de las bases de datos también se han creado sistemas gestores de bases de datos para su almacenamiento, análisis y utilización. Estos programas, que suelen contener varias bases de datos disponibles, son una gran herramienta de software para permitir un acceso más fácil a dichas bases de datos.

Actualmente la mayoría de estos programas son de pago y para su utilización es necesario poseer ciertos conocimientos tanto de la metodología de un ACV como del funcionamiento de bases de datos y del propio programa, por lo cual es necesario adquirir previamente estas competencias en cursos o mediante manuales especializados.

Los programas vinculados al ACV más utilizados actualmente son SimaPro, de la consultora holandesa Pre Consultants y el programa GaBi, creado por PE Internacional. También hay otros que intentan desarrollar un software potente relacionado con la metodología del ACV, como es el caso de CYPE ingenieros o el software BEESV.4.0, de Engineering laboratory.



## 2. CASO PRÁCTICO

<b>2.1. METODOLOGÍA DE UN ACV ENFOCADO A LA CONSTRUCCIÓN</b>	<b>29</b>
2.1.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN	29
2.1.2. METODOLOGÍA	30
2.1.3. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y DEL ALCANCE	31
2.1.3.1. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO	32
2.1.3.2. DEFINICIÓN DEL ALCANCE	32
2.1.4. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)	34
2.1.4.1. PREPARACIÓN, RECOPIACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS DATOS	35
2.1.5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV)	35
2.1.6. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	36
2.1.6.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ASUNTOS SIGNIFICATIVOS	36
2.1.6.2. EVALUACIÓN QUE CONSIDERE LAS VERIFICACIONES DE LOS ANÁLISIS	36
2.1.6.3. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES	37
<b>2.2. LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>37</b>
2.2.1. EL MATERIAL	37
2.2.1.1. ESTRUCTURA MICROSCÓPICA	37
2.2.1.2. ESTRUCTURA MACROSCÓPICA.	38
2.2.1.3. PROPIEDADES DE LA MADERA	39
2.2.1.4. LA ESPECIE DE MADERA ELEGIDA	42
2.2.2. MANUFACTURADOS	43
2.2.2.1. MADERA MACIZA	44
2.2.2.2. MADERA LAMINADA ENCOLADA	44
2.2.2.3. MADERA MICROLAMINADA	44
2.2.2.4. MADERA CONTRALAMINADA O CLT	45
2.2.2.5. OTROS TABLEROS DERIVADOS DE LA MADERA	45
2.2.3. TABLERO CLT FRENTE A OTROS PRODUCTOS DE LA MADERA	46
<b>2.3. LA VIVIENDA CASO DE ESTUDIO</b>	<b>47</b>
2.3.1. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	47
2.3.2. DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA	48
2.3.2.1. ESTRUCTURA	48
2.3.2.2. CIMENTACIÓN	48
2.3.2.3. ENVOLVENTE	48
2.3.2.4. CUBIERTA	49
2.3.2.5. COPARTIMENTACIÓN INTERIOR	50
2.3.2.6. CARPINTERÍA EXTERIOR	51
2.3.2.7. CARPINTERÍA INTERIOR	51
2.3.2.8. ACABADOS HORIZONTALES	51
2.3.2.9. ACABADOS VERTICALES	51
2.3.2.10. ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES	51
2.3.2.11. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	51
2.3.2.12. ELECTRICIDAD	51
2.3.2.13. ALUMBRADO	51
2.3.2.14. VENTILACIÓN	52
2.3.2.15. FONTANERÍA Y EQUIPAMIENTO	52
2.3.2.16. SANEAMIENTO	52
2.3.2.17. INSTALACIONES TÉRMICAS EN LA EDIFICACIÓN	52
2.3.2.18. TELECOMUNICACIONES	52
2.3.3. USOS Y SUPERFICIES	52



## 2. CASO PRÁCTICO

El caso práctico analizado en este estudio consiste en la evaluación del impacto ambiental de una vivienda unifamiliar de 49,92 m<sup>2</sup>, compuesta de tableros de madera CLT como material. La metodología empleada se basará en un ACV de la cuna a la tumba.

No se evaluará ni el coste del ciclo de vida ni el efecto social causado por los impactos ambientales.

Para la realización de este tipo de estudios es necesario conocer tres aspectos fundamentales que hacen posible su correcta ejecución. Uno trata sobre el conocimiento de la normativa existente. Otro está relacionado con el caso particular, sobre conocer las especificaciones constructivas de la vivienda. Finalmente, el último es conocer en qué consiste el ciclo de vida de la cuna a la tumba.

### 2.1. METODOLOGÍA DE UN ACV ENFOCADO A LA CONSTRUCCIÓN

#### 2.1.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Son muchas las normativas existentes relacionadas con el medio ambiente y que regulan numerosos aspectos de las relaciones entre el ser humano y el ecosistema. Menos son las que se encargan de las especificaciones técnicas y de la metodología del ACV.

El conjunto de normas que regulan la aplicación de la metodología del ACV depende de la organización internacional ISO y de su Comité ISO/TC 207: Gestión Ambiental, Subcomité SC 5. Podemos destacar las siguientes normas :



Imagen nº 5. Normas UNE-EN ISO 14040 y 14044. Fuente: AENOR

- ISO/TR 14047: 2012: Gestión ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Ejemplos ilustrativos sobre cómo aplicar la norma ISO 14044 a las situaciones de evaluación de impacto.

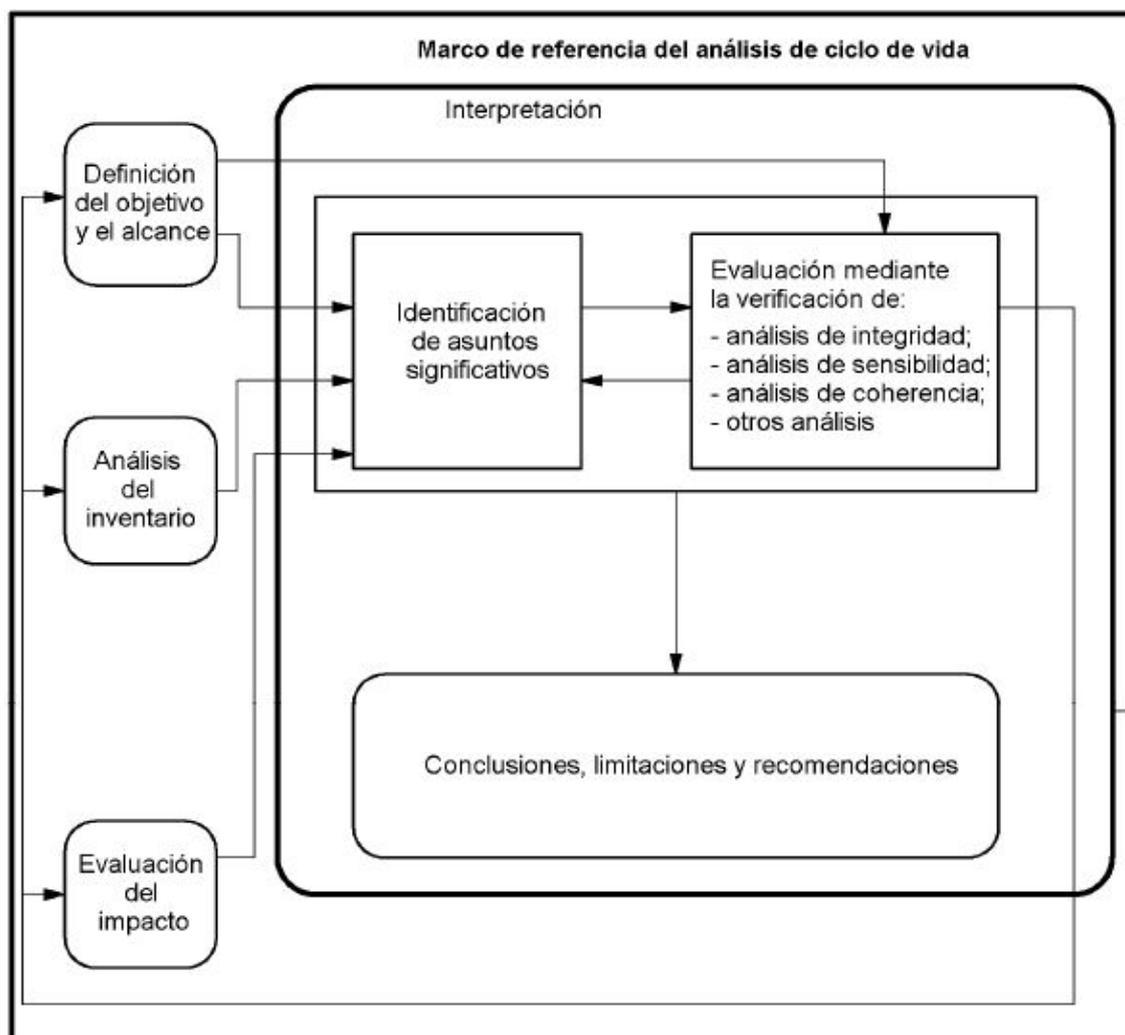
## CASO PRÁCTICO

- ISO/TR 14048:2002: Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Formato de la documentación de datos.
- ISO/TR:14029:2012: Gestión ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Ejemplos ilustrativos sobre cómo aplicar la norma ISO 14044 a la definición del objetivo y alcance y el análisis del inventario.
- ISO 14041:2006: Gestión Ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Principios y marco.
- ISO 14044:2006: Gestión Ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Requisitos y directrices.

De entre todas las normas del ACV hay que destacar dos, ya que tienen su versión en España gracias a AENOR. Se trata de las Normas UNE-EN ISO 4040 e UNE-EN ISO 14044 y de las que se extrae la metodología que se explica a continuación.

### 2.1.2. METODOLOGÍA

El ACV, como herramienta de gestión ambiental, tiene por objeto analizar de forma objetiva, metódica, sistemática y científica el impacto ambiental originado por un proceso, producto o servicio durante su ciclo de vida. En el caso del presente estudio, el ACV será de la cuna a la tumba, desde la fase de extracción hasta la fase de la disposición final.



Esquema nº 2. Marco de referencia del análisis del ciclo de vida. Fuente: Norma UNE-EN ISO 14044

Por lo tanto, el ACV tiene una metodología bien definida expuesta en la normativa UNE-EN ISO 14040 e UNE-EN ISO 14044 en la que expresa cómo aplicar el ACV a cualquier producto, proceso o servicio y según una serie de pasos a seguir. El método que utiliza para analizar el impacto ambiental se basa en cuantificar los inputs o entradas (energía, materias primas y agua utilizadas) y outputs o salidas (residuos generados y emisiones transmitidas a la atmósfera).

Las fases que hay que seguir son cuatro: definición del objetivo y alcance, análisis del inventario del ciclo de vida (ICV), evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) e interpretación de los resultados. (AENOR, 2006a)

La definición del objetivo y alcance y la interpretación del análisis del ciclo de vida constituye el marco de referencia en el que se debe basar el inventario del ciclo de vida. El inventario del ciclo de vida cuantifica la cantidad de consumos y residuos y la evaluación del impacto del ciclo de vida evalúa dicho inventario junto con los impactos ambientales. Finalmente, la interpretación evalúa la evolución del impacto del ciclo de vida en función del objetivo y el alcance.

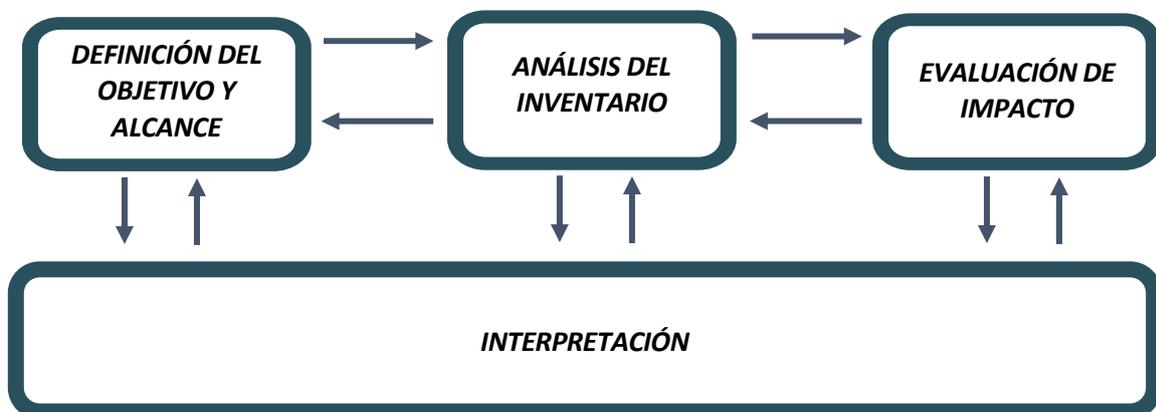
En ocasiones, la norma permite emplear solo tres fases en lugar de cuatro, pasando el estudio a denominarse Estudio del inventario del ciclo de vida (no debe confundirse con la fase del mismo nombre), y en la que no es necesario realizar la tercera fase denominada evaluación del impacto del ciclo de vida.

Estos puntos se definen en los siguientes apartados:

### 2.1.3. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y DEL ALCANCE

La definición del objetivo y alcance estructura el análisis del ciclo de vida de un producto, proceso o servicio señalando las partes que van a ser claves en el proyecto, es decir, sus detalles más técnicos. Es el manual donde se indica cómo va a ser el ACV y que lo diferencia de los demás, donde se describen detalladamente los procedimientos utilizados y cuáles son las razones para hacer el ACV. También se define la complejidad y profundidad que se quiere plantear. (AENOR, 2006b)

Una vez realizado el objetivo y el alcance, el siguiente paso es inventariar los datos necesarios referidos al caso estudiado y asignarle flujos de entrada y de salida que permitan analizar el impacto del ciclo de vida. Es en estos momentos cuando pueden surgir modificaciones de los objetivos y alcances definidos previamente, por lo que es una fase provisional iterativa en continuo cambio.



Esquema 9. Fases de un ACV y la interrelación entre ellas. Fuente: elaboración propia.

Esta fase podemos estructurarla en dos partes, una orientada a la definición del objetivo y otra orientada a la definición del alcance.

### 2.1.3.1. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO

El concepto de objetivo es el mismo que el del cualquier otro trabajo o proyecto que se realice. La guía de fundamentos para la dirección de proyectos o PMBOK en su quinta edición define en su glosario el objetivo de un proyecto como "una meta hacia la cual se debe dirigir el trabajo, una posición estratégica que se quiere lograr, un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto a producir o un servicio a prestar". (PMI Standards Committee. & Project Management Institute., 1996)

El objetivo debe ser coherente con la aplicación prevista y, según la norma UNE-EN ISO 14040, se debe especificar "sin ambigüedad" la aplicación prevista, las razones para realizar el estudio, el público revisto y si se pretende utilizar los resultados en aseveraciones comparativas previstas para su divulgación al público, es decir, comparar ambientalmente un producto respecto a otro.(AENOR, 2006b)

En resumen, el objetivo de un ACV es básicamente lo que se pretende lograr con dicho análisis.

### 2.1.3.2. DEFINICIÓN DEL ALCANCE

El concepto de alcance también es el mismo que el de cualquier otro trabajo o proyecto que se realice. La guía de fundamentos para la dirección de proyectos o PMBOK en su quinta edición también define en su glosario el alcance de un proyecto como "el trabajo realizado para entregar un producto, servicio o resultado con la funciones y características específicas". (PMI Standards Committee. & Project Management Institute., 1996)

La definición del alcance consiste, por lo tanto, en explicar detalladamente y dentro de las exigencias que marca la normativa cómo queremos realizar el ACV, es decir, lo que hay que hacer para lograr el objetivo antes definido. Según la Norma UNE-EN ISO 14044 "se deben considerar y describir claramente los siguientes puntos", definidos en la siguiente tabla: (AENOR, 2006b)

ALCANCE DEL ESTUDIO DEL ACV	
El sistema de producto bajo estudio	Las funciones del sistema del producto
La unidad funcional	Los procedimientos de asignación
La metodología y los tipos de impacto	La interpretación a utilizar
Los requisitos relativos a los datos	Las suposiciones
Los juicios de valor	Las limitaciones
Los requisitos de calidad de los datos	En su caso, el tipo de revisión crítica
El tipo y formato del informe	Los límites del sistema

Tabla nº 4. Puntos del alcance del estudio del ACV. Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.3.2.1. Unidad funcional

La norma UNE-EN ISO 14044 define en su glosario unidad funcional como "desempeño cuantificado de un sistema del producto para su utilización como unidad de referencia".(AENOR, 2006b). Cuando se refiere a unidad de referencia, se refiere a una unidad determinada elegida simplemente por convenio para que pueda expresarse el producto, proceso o servicio estudiado de una manera adecuada, con un criterio objetivo. También para que al realizar aseveraciones

comparativas de las mismas características y de igual utilidad pueda hacerse de manera adecuada. Debe ser medible.

Por ejemplo, en el caso de una ventana podría ser unas determinadas dimensiones en m<sup>2</sup> estandarizadas, o, en el caso del estudio de un material, podría ser un m<sup>3</sup> de dicho material.

#### 2.1.3.2.2. Los límites del sistema

Podemos definir este punto como las partes, procesos, materiales, flujos energéticos etc. que se deseen incluir en el estudio, razonando detalladamente los criterios utilizados para tomar dicha solución. Debe ser acorde con la normativa existente. También se suelen incluir límites geográficos que limiten la obtención de datos a una región determinada o límites temporales que limiten los datos obtenidos a una fecha en concreto. (Hastings & Wall, 2007)

Por ejemplo, en un ACV sobre la fabricación de cemento podríamos eliminar el proceso de transporte de la arcilla si la mina de arcilla se sitúa junto a la fábrica. También podríamos decidir incorporar el proceso de fabricación de los sacos.

#### 2.1.3.2.3. Los procedimientos de asignación

Los procedimientos de asignación son definidos en la norma UNE-EN ISO 14044 como la "distribución de los flujos de entrada o de salida de un proceso o un sistema de producto entre el sistema del producto bajo estudio y uno o más sistemas del producto diferentes". (AENOR, 2006b) Es decir, dentro del sistema que se desea estudiar existen multitud de procesos y subprocesos, productos y coproductos que generan unas entradas y unas salidas de energía y material. Es entonces cuando son necesarios los procedimientos de asignación para tratar de repartir dichas cargas ambientales generadas en el sistema, algo que a veces puede resultar bastante complejo.

Suelen darse estos casos de dos situaciones: una, en productos que están constantemente reciclándose y por lo tanto utilizándose de manera indefinida. Otra, en procesos que generan una gran cantidad de productos finales y subproductos industriales, por lo que sus flujos deben ser repartidos. (Hellweg, 2005)

Por ejemplo, en el ACV de una botella de vidrio en constante reutilización, habría que evaluar qué flujos de entrada y de salida se asignan en la fabricación y cuáles en sus respectivas fases de reciclaje.

#### 2.1.3.2.4. La metodología y los tipos de impacto

La metodología está relacionada con tres conceptos: las categorías de impacto, los indicadores de categoría de impacto y los modelos de caracterización.

La norma UNE EN ISO 14044 define la categoría de impacto como la "clase que representa asuntos ambientales de interés a la cual se pueden asignar los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida y los indicadores ambientales como la representación cuantificable de una categoría de impacto". (AENOR, 2006b). Deben estar aceptados internacionalmente por un organismo internacional competente.

Por lo tanto, la categoría de impacto pretende dividir en clases diferentes el impacto ambiental objeto del estudio con categorías como la acidificación, el cambio climático, la toxicidad humana o la eutrofización y asignarles un indicador de categoría que muestre los niveles de concentración. Estos indicadores de categoría se corresponden con una unidad de medida equivalente

referenciado solo a un compuesto: SO<sub>2</sub> en el caso de acidificación o CO<sub>2</sub> en el caso del cambio climático. Este método permite la obtención de datos de cualquier compuesto y convertirlas a unidades comunes (CO<sub>2</sub> o SO<sub>2</sub>) para simplificar los resultados.

Los modelos de caracterización son los mecanismos que relacionan estos dos conceptos.

Hay multitud de categorías de impactos ambientales desarrolladas por diversas entidades y organizaciones, como la metodología CML 2, EPD (2013), ReCiPe 2016 o IPCC 2013. En este estudio se utilizará la metodología CML 2. Se explicará más adelante.

Se exponen a continuación los modelos de caracterización del método CML 2:

CATEGORIAS DE IMPACTO	INDICADORES DE CATEGORÍA
Acidificación	Kg SO2 eq
Cambio climático	Kg CO2 eq
Agotamiento de recursos abióticos	Kg Sb eq
Agotamiento de recursos abióticos	MJ
Toxicidad humana	Kg 1,4 DB eq
Ecotoxicidad en aguas dulces	Kg 1,4 DB eq
Ecotoxicidad marina	Kg 1,4 DB eq
Ecotoxicidad terrestre	Kg 1,4 DB eq
Eutrofización	Kg PO4 <sup>---</sup> eq
Agotamiento de la capa de ozono	Kg CFC-11 eq
Oxidación fotoquímica	Kg C2H2 eq

*Tabla nº 5. Categorías de impacto . Fuente: CML, Universidad de Leiden, Holanda.*

#### 2.1.3.2.5. Calidad de los datos y las limitaciones

La calidad de los datos, según la norma UNE-EN ISO 14044, se corresponde con una etapa que intenta acotar el estudio con la mayor calidad y precisión posible mediante la especificación de ciertos requisitos como la antigüedad de los datos, su localización geográfica, su representatividad respecto a otros datos o la incertidumbre. (AENOR, 2006b)

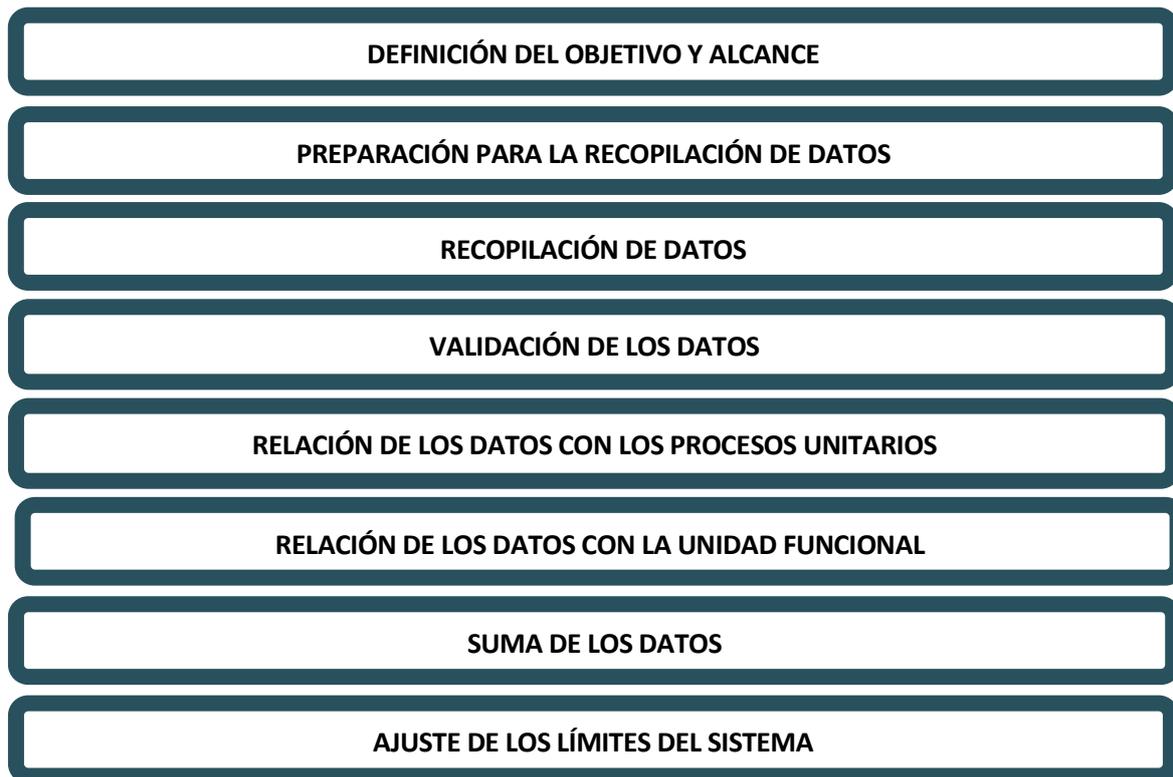
Las limitaciones se refieren a la especificación y acotación de los inconvenientes que surgen y que impidan la correcta realización del estudio. Pueden ser desde la ausencia de datos disponibles a la complejidad del método utilizado.

#### 2.1.4. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)

El análisis del inventario del ciclo de vida no es otra cosa que la compilación y la reunión de los datos necesarios para realizar el estudio, para así poder identificar y cuantificar las entradas o inputs y salidas u outputs al aire, suelo y agua de energía consumida, la difusión de emisiones y la generación de residuos. Este análisis debe basarse en la información que proporciona la definición del objetivo y alcance anteriormente definido. En caso de modificar alguna parte del objetivo o del alcance, hay que reflejarlo en el informe. (AENOR, 2006b)

La norma UNE-EN ISO 14044 describe unos pasos fundamentales y necesarios para la correcta realización del ACV. Entenderlos es complicado, por lo que en muchas ocasiones es necesario apoyarse en guías o manual que permita su comprensión.

A continuación se describen brevemente:



*Esquema nº 4 Pasos para realizar el inventario del ciclo de vida. Fuente: UNE-EN ISO 14044*

#### **2.1.4.1. PREPARACIÓN, RECOPIACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS DATOS**

La recopilación de los datos del ACV es una fase muy importante. Deben seguirse las pautas marcadas en el objetivo y alcance para poder definir detalladamente cada proceso unitario. También hay que referenciar el lugar de procedencia de los datos, ya sean calculados u obtenidos de fuentes bibliográficas o bases de datos.

Cuando se habla de datos, se hace referencia a las entradas y salidas de materia prima, productos, coproductos, residuos y emisiones.

Finalmente, y una vez obtenidos todos los datos, es necesario validarlos mediante una verificación adecuada y así poder confirmar que cumple con los requisitos mínimos de calidad exigidos tanto en la norma correspondiente como en el objetivo y el alcance.

#### **2.1.5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV)**

La evaluación de los impactos sirve para procesar los datos obtenidos en el inventario y generar los flujos de entrada y de salida de todos los procesos unitarios. (AENOR, 2006b) La norma UNE-EN ISO 14044 señala unos puntos obligatorios y otros opcionales para desarrollar con la mayor calidad posible la evaluación del impacto del ciclo de vida. Estos elementos han sido diseñados para lograr reducir la incertidumbre de los resultados que en algunas ocasiones puede dar lugar a confusiones.

Los elementos opcionales, aunque no son obligatorios, si se recomiendan ya que facilita la comprensión a la hora de exponer conclusiones.

Los elementos obligatorios y opcionales son:

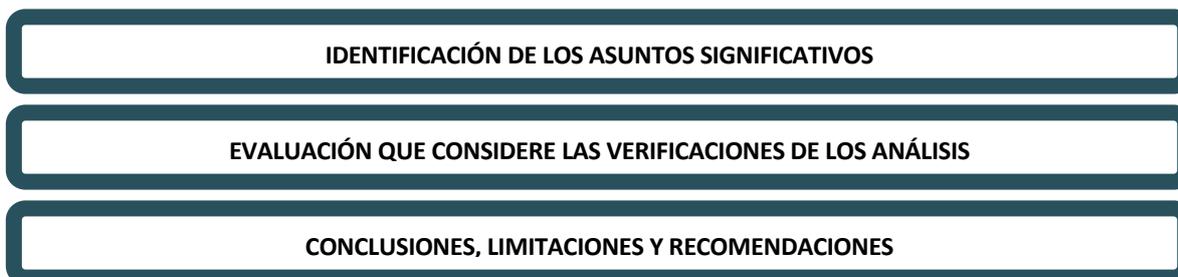
<b>ELEMENTOS OBLIGATORIOS</b>
Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización.
Asignación de resultados del ICV a las categorías de impacto seleccionados (clasificación)
Cálculo de los resultados de indicadores de categoría (caracterización)
<b>ELEMENTOS OPCIONALES</b>
Normalización
Agrupación
Ponderación
Análisis de la calidad de los datos
<b>SI LA EICV VA A SER UTILIZADA EN ASEVERACIONES COMPARATIVAS PARA SU DIVULGACIÓN</b>

Tabla nº 6. Elementos de la evaluación del impacto del ciclo de vida. Fuente: UNE-EN ISO 14044

### 2.1.6. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Esta última etapa incluye la suma de los resultados de las etapas anteriores con la finalidad de interpretar los correspondientes datos de entrada y de salida, para extraer conclusiones y recomendaciones que permitan adoptar una estrategia y una toma de decisiones a las partes interesadas. Con la interpretación y la evaluación se pretende expresar en un nivel de confianza aceptable los resultados finales, mediante una comunicación de los resultados obtenidos precisa y completa. La RAE define interpretar como "explicar o declarar el sentido de algo, y principalmente de un texto".(RAE, 2001). Por lo tanto esta fase trata de procesar los datos mediante una estructuración ordenada que permita obtener una perspectiva general.

El anexo B de la norma UNE-EN ISO 14044 da algunos ejemplos de algunos posibles enfoques, como estructurar los datos en función del ciclo de vida (extracción, utilización, mantenimiento...), en función del grupo de procesos (suministro de energía, transporte...) o en función de la clasificación de los procesos unitarios. La interpretación debe seguir las pautas definidas en el objetivo y el alcance y deben contener los siguientes elementos.



Esquema nº 5. Pasos para realizar la interpretación del ciclo de vida. Fuente: UNE-EN ISO 14044

#### 2.1.6.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ASUNTOS SIGNIFICATIVOS

Se entiende por asuntos significativos aquellos elementos que el estudio considera importantes desde el punto de vista del propósito. Pueden ser desde la energía a los residuos o vertidos emitidos, pasando por alguna de las categorías del cambio climático o proceso industrial.

#### 2.1.6.2. EVALUACIÓN QUE CONSIDERE LAS VERIFICACIONES DE LOS ANÁLISIS

Este punto se refiere a la valoración objetiva de los asuntos identificados mencionados en el punto anterior, de manera que se pueda disponer de una visión detallada, ordenada y clara de los resultados obtenidos. (AENOR, 2006b)

### 2.1.6.3. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

Este apartado se corresponde con el final del estudio. Se realiza mediante el desarrollo de un análisis conclusivo donde figure una argumentación objetiva que sea coherente con toda la metodología definida en el documento elaborado. En caso de encontrarse informaciones contradictorias, es necesario volver a pasos anteriores, donde existan puntos conflictivos.

## 2.2. LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

La madera es uno de los recursos naturales más antiguos utilizados por el ser humano. Su utilidad es múltiple: ha servido como leña para el fuego, como útil de servicio o de caza, como material para fabricar barcos, como material de construcción, como decoración o incluso como medicina. (MYTTING, 2017)

Aunque nunca se ha encontrado ningún resto fósil de ninguna construcción en madera, se sabe que su uso en la construcción se remonta a las edades primitivas, por ser un material fácil de transformar.

El primer documento sobre madera y construcción del que se tiene constancia pertenece al Imperio Romano, con el tratado de arquitectura de Marco Vitrubio titulado "De architectura". En él se muestran descripciones sobre la composición, cualidades y usos de la madera. (Vitruvius Pollio., Rowland, Howe, & Dewar, 1999) En los países escandinavos la madera siempre ha sido uno de los materiales principales de construcción, quizás por sus propiedades beneficiosas en esas regiones tan frías.

Hoy en día el uso de la madera como material de construcción está resurgiendo. Su uso difiere bastante en cada región del planeta, siendo por ejemplo el uso más habitual en Estados Unidos o en el Lejano Oriente que en los países del mediterráneo.

### 2.2.1. EL MATERIAL

La madera es un tejido leñoso, resistente y fibroso obtenido de los árboles o arbustos. Es un material heterogéneo, higroscópico y de estructura celular que puede contener elementos tales como resinas, grasas, aceites o incluso ceras. Como se ha mencionado anteriormente, ha servido como materia prima desde el principio de la humanidad por sus excelentes cualidades. Además, es cultivable, por lo que si se gestiona adecuadamente se convierte en un material renovable.

La composición estructural de la madera es la que le confiere sus propiedades características. Está compuesta principalmente por celulosa, que ejerce de estructura, y de lignina, que ejerce de aglomerante.. (Walker, 2007) Dentro de la composición de la madera, podemos distinguir:

#### 2.2.1.1. ESTRUCTURA MICROSCÓPICA

La estructura microscópica tiene que ver con su composición más pequeña, en la cual podemos encontrar una estructura celular y tubular con funciones de resistencia, sostén y almacenaje.

También se diferencian claramente dos direcciones de las fibras, una paralela al eje del árbol y otra perpendicular, que le confieren unas propiedades diferentes (AITIM et.al. 2010).

## CASO PRÁCTICO

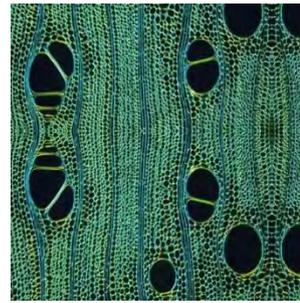
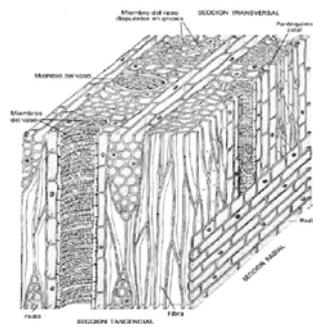


Imagen nº 6. Composición microscópica de la madera. Fuente: spoonflower y biologia.edu.ar

### 2.2.1.2. ESTRUCTURA MACROSCÓPICA.

La estructura macroscópica está más relacionada con la composición de mayor dimensión que puede ser observada a simple vista. Podemos encontrar las siguientes partes:

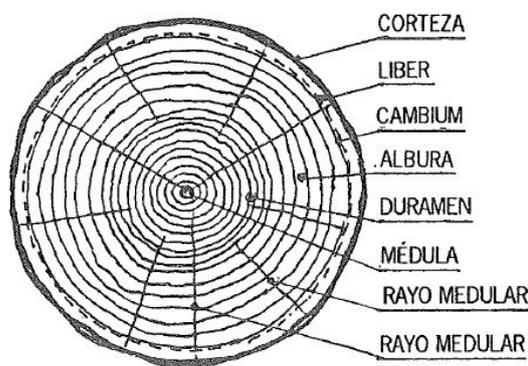


Imagen nº 7. Composición de la madera. Fuente: del Rio Zuloaga, J.M.. La construcción en las estructuras .

#### 2.2.1.2.1. Corteza

Es la parte más externa del árbol y está formada por células muertas. Tiene la función de proteger al árbol de los peligros exteriores, tanto de agentes abióticos procedentes de los impactos ambientales como de agentes bióticos. También evita que la madera se seque. La corteza dispone de una subcomposición compuesta de cuatro partes: corcho, felodermo, corteza y floema o liber (F. Peraza Sánchez et al., 2010).

#### 2.2.1.2.2. Cambium

Inmediatamente posterior a la corteza, el cambium, está compuesto por células embrionarias que pueden dividirse y por lo tanto producir más células. De esta manera, origina hacia el exterior el floema, perteneciente a la corteza, y hacia el interior el xilema. Ambos sirven para el transporte de líquidos como agua, sales minerales, azúcares y otros nutrientes. (F. Peraza Sánchez et al., 2010)

#### 2.2.1.2.3. Albura

Es la parte más joven de la madera. Dispone de un color más claro que el resto y se corresponde con los anillos de crecimiento más recientes, por lo que es menos densa y más húmeda que el resto. Ayuda al árbol al transporte de la savia y al soporte estructural. (F. Peraza Sánchez et al., 2010).

#### 2.2.1.2.4. Duramen

Formando parte del xilema, es la parte más central del tronco, y está compuesta por células muertas. Tiene un color oscuro, denso y resistente y puede considerarse la parte que realiza las funciones estructurales.(F. Peraza Sánchez et al., 2010)

#### 2.2.1.2.5. Médula

Es la zona central del tronco. Posee unas características que le confieren unas propiedades de liviandad y poca resistencia. En ocasiones esta parte puede aparecer hueca(F. Peraza Sánchez et al., 2010).

#### 2.2.1.2.6. Rayos medulares

Los rayos medulares son los anillos radiales del interior del árbol, que almacenan y transportan sustancias a lo largo del árbol(F. Peraza Sánchez et al., 2010).

### 2.2.1.3. PROPIEDADES DE LA MADERA

Las propiedades de la madera varían en función de la especie que se considere y de su crecimiento. Las más importantes son:

#### 2.2.1.3.1. Dureza

La dureza es una de las propiedades básicas de la madera. Es la capacidad que tiene un material para resistir la penetración o ralladura de otro material. Podemos distinguir dos tipos: maderas duras y maderas blandas.

Las maderas duras son aquellas que por lo general presentan una mayor densidad y peso, que les otorga una mayor resistencia frente a agresiones bióticas y abióticas. Suelen ser maderas de árboles de hoja caduca, de especies como el nogal, el ébano o la teca. (García Esteban, 2003)

Las maderas blandas suelen pertenecer a las especies de coníferas. Son menos resistentes que las maderas duras, de menor peso y poseen una mayor facilidad de transformación. Algunas especies de maderas blandas son el pino, el chopo o el tilo.

#### 2.2.1.3.2. Color

Una de las propiedades organoléptica más características de la madera es su color, dependiente de multitud de factores como la especie, la luz, el tratamiento o la edad.



Imagen nº 8. Colores de la madera en función de la especie. Fuente: decoracional.blogspot.com.

Esta propiedad muestra una riqueza tan amplia que hace que su uso decorativo en la construcción sea uno de sus principales destinos. Las maderas blandas suelen ser de colores más claros que las duras. Las hay de multitud de colores como el boj amarillo, el rojizo palo rojo o el negro caoba (F. Peraza Sánchez et al., 2010)

### 2.2.1.3.3. Olor

El olor es otra propiedad organoléptica típica de la madera. Depende de cada especie y generalmente tienen un olor más pronunciado cuando acaban de ser talados. Un olor desagradable puede dar indicios de pudrición.

### 2.2.1.3.4. Higroscopicidad

La higroscopicidad es la propiedad que tiene la madera para intercambiar agua con su entorno. Cede y absorbe agua en función de la humedad exterior, provocando hinchamientos, menguas y patologías.

Es importante conocer el concepto que se denomina humedad de equilibrio higroscópico y que hace referencia a la cantidad de humedad que establece un equilibrio entre la madera y el medio ambiente. (F. Peraza Sánchez et al., 2010).

### 2.2.1.3.5. Densidad

La densidad va íntimamente ligada a la higroscopicidad, pues al ser la densidad una relación entre masa y volumen, esta tendrá una mayor densidad cuando disponga de una mayor humedad en su interior.

La densidad cambia en función de cada especie y en función de cada parte de la estructura macroscópica del tronco del árbol, pues las partes centrales tienen mayor densidad (Gordon, 2002).

Por lo tanto, la densidad (y el peso) de una madera depende, sobre todo, de la especie de madera, de la parte del tronco de donde se extraiga y de la humedad relativa de su interior.

### 2.2.1.3.6. Propiedades acústicas

La madera tiene unas excelentes propiedades acústicas, tanto para la transmisión del sonido como para la absorción acústica, por lo que esta propiedad le confiere un lugar muy importante a la hora de realizar estudios acústicos en la construcción.

### 2.2.1.3.7. Propiedades térmicas

Por su baja conductividad térmica, la madera tiene ciertas capacidades de aislamiento térmico si está seca.

También tiene un buen comportamiento frente al fuego gracias a la carbonización que sufre cuando arde, que retarda su combustión más que otros materiales como el hormigón o el acero, y permite que la capacidad portante en incendios sea óptima. Además, una vez que la madera ha ardido, no emite gases tóxicos para la salud. (García Esteban, 2003)

### 2.2.1.3.8. Durabilidad

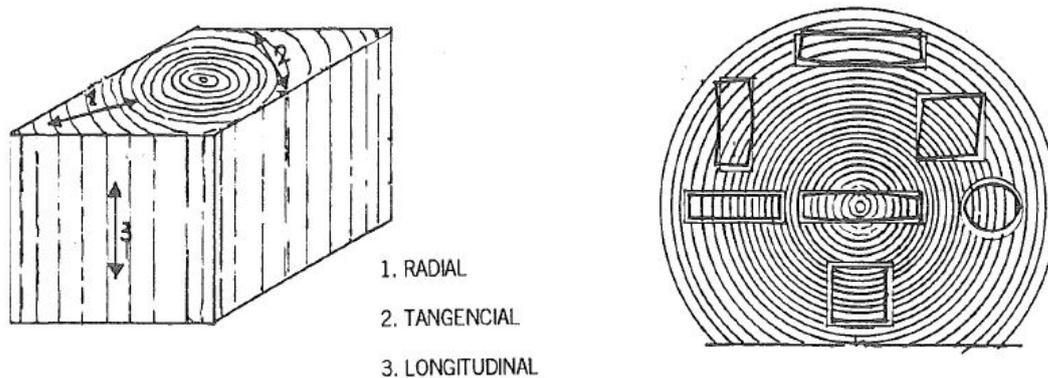
La durabilidad es la capacidad que tiene un material de tolerar en el tiempo los efectos negativos del medio que le rodea. La madera tiene una durabilidad natural limitada que aumenta con los tratamientos, en función de la clase de ambiente existente y a los agentes biológicos a la que está

sometida. También depende de otros factores como la parte de la estructura macroscópica de donde se extraiga o el tipo de madera,.

La alternancia seco-mojado produce una reducción importante en la durabilidad de la madera. Por lo que es necesario mantenerla siempre seca o siempre húmeda.

#### 2.2.1.3.9. Anisotropía

La madera es un material anisótropo. Esto quiere decir que sus propiedades físicas y mecánicas dependen, entre otras cosas, de la dirección de las fibras.



*Imagen nº 9. Anisotropía de la madera. Fuente: del Rio Zuloaga, J.M. La construcción en las estructuras*

Son tres las direcciones que podemos considerar: radial, tangencial y transversal. En función de la dirección de la fibra y del lugar de procedencia del tronco de la madera, variará su resistencia. (García Esteban, 2003).

#### 2.2.1.3.10. Resistencia mecánica

La madera es un material que a igual peso que otros materiales de construcción, mayores resistencias mecánicas tiene. Dentro de su resistencia a las sollicitaciones, tiene diferentes capacidades mecánicas, pues tolera de diferente manera los esfuerzos de compresión, tracción, y cortante. Estas resistencias dependen de la especie y por lo tanto de la densidad, del contenido de humedad, de la geometría, de las cargas a las que está sometido y de la dirección de las fibras de la madera.

La madera tiene muy buena resistencia a la tracción y a la compresión siempre y cuando las cargas sean paralelas a la fibra. (F. Peraza Sánchez et al., 2010)

La resistencia a flexión es muy alta en comparación con su peso, resistiendo alrededor de 1,3 veces más que el acero y 10 veces más que el hormigón.

#### 2.2.1.3.11. Sostenibilidad

La madera es obtenida de bosques certificados, que si son gestionados de manera adecuada, se considera un recurso renovable. Además, la gestión correcta de los bosques permite que ejerzan de sumidero de carbono como depósito natural al absorber el carbono y reducir la cantidad de CO<sub>2</sub> de la atmósfera. En este proceso también devuelven oxígeno a la atmósfera. Una vez terminado el ciclo de vida de la madera, es biodegradable y se descompone (Figuroa Clemente, 2007).

Su reciclabilidad es otro factor que hay que tener en cuenta, pues evita que el material se almacene en grandes vertederos con los problemas que eso conlleva: emisiones, lixiviados, impactos

ambientales, etc. Al reciclarla también se reduce la extracción de madera y el impacto ambiental, evitando el consumo energético fruto de este proceso.

Finalmente, la madera necesita menos energía consumida que otros materiales semejantes, como el hormigón o el acero, reduciendo también el consumo energético en la etapa de manufactura.

En su transformación, tanto a la hora de extraerla del medio natural como de la manufactura de productos elaborados, es posible utilizar los residuos generados como serrines, astillas, cortezas o ramas en forma de productos, como, por ejemplo, combustible para los secaderos o para la creación de tableros derivados de la madera.

#### 2.2.1.3.12. Defectos

La madera también tiene propiedades negativas que modifican y menguan sus propiedades

DEFECTOS DE LA MADERA	
Fibra torcida	Madera curvada
Fendas	Excentricidad del corazón
Nudos	Irregularidad de los anillos de crecimiento
Entrecorteza	Acebolladuras
Patas de gallo	Cantos

Tabla nº 7. Defectos de la madera. Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.1.4. LA ESPECIE DE MADERA ELEGIDA

La vivienda caso de estudio posee buena parte de su composición en madera. La especie de madera que se ha creído conveniente utilizar es pino radiata. Su utilización responde a la pregunta de buscar una especie cultivable en España que se pueda extraer industrialmente de bosques gestionados de manera sostenible. Evidentemente, también debe disponer de unas propiedades específicas que permita su uso en edificación.

La especie pino radiata es conífera semiligera de color blanco amarillento y con una densidad de 0.5 Kg/m<sup>3</sup>. Es originaria de California, aunque ha sido introducida en Europa y en el norte de España para ser utilizada industrialmente. (AENOR, 2012)

La especie pino radiata se usa para multitud de industrias: celulosa, construcción, ornamentación, náutica, postes, minería, carpintería, embalaje, etc. por su aserrado y su facilidad de transformación. La normativa española "UNE-EN 1912:20112: Madera estructural. Clases resistentes. Asignaciones de calidades visuales y especies" considera a esta especie como madera estructural. (García Esteban, 2004) A continuación se muestra las características técnicas de la especie de madera pino radiata:

CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA PINO RADIATA		
PROPIEDADES	VALOR	UNIDADES
Densidad aparente	0.5	Kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de contracción	0.44	%
Dureza (Chaláis-Meudon)	2.15	-
Resistencia a flexión	8.74	Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	90000	Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión	434	Kg/cm <sup>2</sup>

Tabla nº 8. Características técnicas de la madera pino radiata. Fuente: Maderas Medina

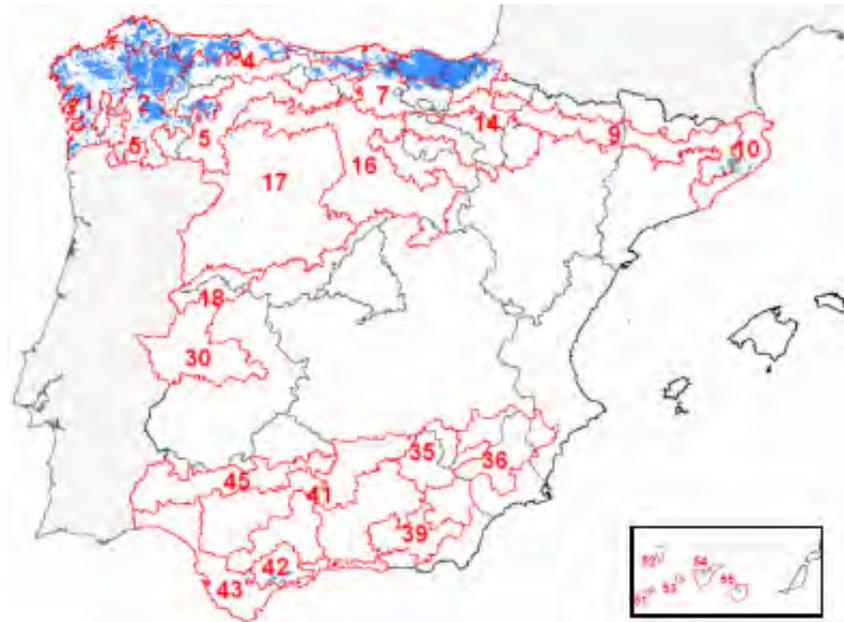


Imagen nº 10. Distribución de la especie de madera pino radiata. Fuente: Especiesforestales

Los beneficios de utilizar una especie cultivable en España son numerosos. Salvando el hecho de los beneficios económicos que genera su explotación en la economía local, consumir productos cercanos reduce significativamente la distancia de transporte y por lo tanto el impacto ambiental de este proceso, además de que permite conocer el origen del bosque y su gestión ambiental.

### 2.2.2. MANUFACTURADOS

Si bien las numerosas características beneficiosas de la madera permiten su utilización como producto macizo, es con sus manufacturados y derivados como consigue aprovechar el máximo partido de sus propiedades. Algunos de los productos más habituales son los siguientes.

DERIVADOS DE LA MADERA	
<p>Madera maciza</p> 	<p>Tablero de virutas orientadas</p> 
<p>Madera laminada encolada</p> 	<p>Tablero de partículas</p> 
<p>Madera laminada encolada</p>	<p>Tableros de fibras de densidad</p>

	
<p>Madera contralaminada</p>	<p>Tablero de madera y cemento</p>
	
<p>Tablero contrachapado</p>	

Tabla nº 9. Derivados de la madera. Fuente: novarquhaustecnica,, interempresas, materfad y coproyectosweb

### 2.2.2.1. MADERA MACIZA

La madera maciza es la alternativa menos manufacturada de la madera. Es una pieza entera formada por una masa sólida que por sus características tiene unas dimensiones limitadas en función del árbol de donde proceda y de las dimensiones del transporte.

Su uso principal es para entramados ligeros o como parte de la estructura de elementos con pocas dimensiones, como travesaños, correas etc., aparte de otros usos no estructurales como puertas, marcos de ventanas o muebles.

### 2.2.2.2. MADERA LAMINADA ENCOLADA

La madera laminada encolada o MLE es un producto derivado de la madera. Está compuesto de al menos tres láminas de madera aserrada de la misma especie superpuestas unas sobre otras en paralelo con respecto a las fibras y empalmadas para aumentar sus dimensiones. Estas uniones se hacen mediante un encolado. Su fabricación está normalizada con las norma UNE-EN 14080 y UNE-EN 386 y su uso principal es estructural para conformar vigas con longitudes muy grandes

### 2.2.2.3. MADERA MICROLAMINADA

La madera microlaminada es un material compuesto por láminas muy finas de madera encoladas entre sí, con las fibras generalmente colocadas en la misma dirección. El empalme encolado de sus láminas le confiere unas dimensiones longitudinales muy amplias que no sería posible conseguir con madera aserrada.

Su uso principal es el estructural debido a su gran resistencia, con un peso muy reducido en comparación con otros derivados de la madera. Se utiliza para viguetas, cerchas, paneles prefabricados, pórticos y vigas. (F. Peraza Sánchez et al., 2010)

#### **2.2.2.4. MADERA CONTRALAMINADA O CLT**

Los tableros de madera contralaminada o CLT son paneles encolados transversal y longitudinalmente por un número variable de tablas siempre impares, cruzadas ortogonalmente para conseguir resistencias mecánicas altas en ambas direcciones. De esta forma pueden obtenerse escuadrías muy superiores a las que se obtendrían utilizando madera maciza.

Su uso es principalmente es de carácter estructural, en forma de forjados, muro, tabiques y cubiertas.

#### **2.2.2.5. OTROS TABLEROS DERIVADOS DE LA MADERA**

Un tablero derivado de la madera tiene su origen en la necesidad de crear un elemento superficial y de entramado ligero capaz de cerrar un lugar, y que resista las acciones físicas, químicas, mecánicas y biológicas a las que está sometido en cualquiera de las direcciones de las fibras. Su elaboración también permite aumentar la escuadría de las piezas.

Podemos encontrar en el mercado los siguientes tableros: (F. Peraza Sánchez et al., 2010)

##### **2.2.2.5.1. Tablero contrachapado**

El contrachapado es un tablero derivado de la madera formado por finas chapas de la misma especie de madera, alternadas según la dirección de sus fibras y encoladas en el plano superficial. De este modo el conjunto forma una tabla de espesor igual a la suma de las chapas, que consigue aumentar la estabilidad dimensional de la pieza.

Aunque su uso es extendido en decoración o para muebles, tiene un fuerte carácter estructural.

##### **2.2.2.5.2. Tablero de virutas orientadas u OSB**

Como su propio nombre indica, el tablero OSB está formado por multitud de partículas de forma alargada, orientadas, aglomeradas y encoladas por capas perpendiculares en distintas direcciones ante una presión y temperatura determinada.

Su uso es predominantemente estructural, aunque también se emplea como tabiques divisorios o revestimientos.

##### **2.2.2.5.3. Tablero de partículas**

El tablero de partículas es un tablero generalmente no estructural que se forma por la aglomeración y encolado bajo presión de partículas de madera más pequeñas que las que componen el tablero de virutas orientadas. Su uso es fundamentalmente no estructural, utilizándose mayoritariamente en carpinterías.

##### **2.2.2.5.4. Tableros de fibras**

Son tableros formados por fibras de madera, aglomerados o no, con adhesivos. Se pueden encontrar tres tipos: tableros de fibras de alta densidad, con una densidad entre 850-1200 Kg/m<sup>3</sup>, tableros de fibras de densidad media, con una densidad entre 550-850 Kg/m<sup>3</sup> y tableros de fibras de baja densidad, con una densidad inferior a 500 Kg/m<sup>3</sup>.

Su uso poco estructural, más acentuado cuanto menos densidad tenga el tablero, limita su uso a usos no resistentes.

#### 2.2.2.5.5. Tableros de madera y cemento.

Mediante presión de partículas de madera y sustituyendo otros adhesivos por cemento como aglomerante, se consigue este tipo de tablero, utilizado muy frecuentemente para cerramientos. Tiene sus principales ventajas en su reacción al fuego y su respuesta a la humedad.

### 2.2.3. TABLERO CLT FRENTE A OTROS PRODUCTOS DE LA MADERA

El uso del tablero de madera CLT es principalmente estructural, debido principalmente a la estabilidad dimensional que tiene en las dos direcciones perpendiculares. También porque no deja de ser un tablero macizo pero con las ventajas de un tablero contrachapado, con versatilidad de uso y propiedades técnicas apropiadas. Es un material versátil porque puede utilizarse para uso estructural o decorativo. También por sus propiedades físicas y mecánicas, que permiten utilizar el CLT en multitud de elementos, como forjados, voladizos, pilares, muros, tabiques, cubiertas o mediante el efecto de diafragma. Además, su pequeño peso propio permite utilizar escuadrías de bajo espesor y eliminar gran parte de los pilares. (J. E. Peraza et. al, 2014)

A continuación se muestra un resumen de sus propiedades mecánicas.

PARALELAS AL TABLERO			
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL TABLERO CLT	Resistencia a flexión	Perpendicular	24 N/mm <sup>2</sup>
	Resistencia a tracción	Perpendicular	0.15 N/mm <sup>2</sup>
	Resistencia a compresión	Perpendicular	2.7 N/mm <sup>2</sup>
	Resistencia a cortante	Paralelo	2.7 N/mm <sup>2</sup>
		Perpendicular	1.5 N/mm <sup>2</sup>
	Módulo de elasticidad	Paralelo	12000 N/mm <sup>2</sup>
		Perpendicular	370 N/mm <sup>2</sup>
	Módulo cortante	Paralelo	690 N/mm <sup>2</sup>
		Perpendicular	370 N/mm <sup>2</sup>
	PERPENDICULARES AL TABLERO		
	Resistencia a flexión	Paralela	23 N/mm <sup>2</sup>
	Resistencia a tracción	Paralela	16,5 N/mm <sup>2</sup>
	Resistencia a compresión	Paralela	24 N/mm <sup>2</sup>
		Concentrada	30 N/mm <sup>2</sup>
	Resistencia a cortante	Paralelo	5.2 N/mm <sup>2</sup>
	Módulo de elasticidad	Paralelo	12000 N/mm <sup>2</sup>
	Módulo cortante	Paralelo	250 N/mm <sup>2</sup>

Tabla nº 10. Propiedades mecánicas del tablero CLT. Fuente: Guía de la madera II. AITIM

El bajo peso propio no solo se debe al tipo de tablero sino también a la madera utilizada. En el caso específico de este estudio, se trata de la madera pino radiata por lo que la densidad media es de alrededor de 500 Kg/m<sup>3</sup>. Sumado a su contenido de humedad que oscila en torno al 12%, permite una reducción de pesos de entre el 65 y el 90% comparado con el hormigón armado. (J. E. Peraza Sánchez et. al, 2014)

Gracias a las tablas superpuestas perpendicularmente unas sobre otras su estabilidad dimensional es muy buena en comparación con la madera aserrada o con otros derivados de la madera como la madera microlaminada.

Su reacción y resistencia al fuego es buena debido a la aplicación de retardadores del fuego, al monolitismo por el grosor elevado del tablero debido a las capas superpuestas y a las propiedades intrínsecas propias de la madera. La resistencia térmica es idéntica al de la madera maciza por lo que necesita una capa de aislante que aumente el aislamiento. Aun así, sus propiedades aislantes son superiores a las del ladrillo, el hormigón y, por supuesto, el acero.

El aislamiento acústico tanto a ruido aéreo como a ruido de impacto y su absorción acústica es prácticamente el mismo que el de la madera maciza aserrada.

Este tipo de producto, muy demandado para casas modulares, suele estar relacionado con construcciones sostenibles, cuya energía consumida es baja. También reduce mucho los tiempos de construcción y los costes económicos, al ser más sencilla su construcción.

En la vivienda caso de estudio se ha empleado como elemento estructural en el forjado de cubierta y como muro y tabique portantes. También como carpintería exterior.

Es útil emplearlo como forjado porque funciona como losa que transmite los esfuerzos en las dos direcciones, ya que las fibras colocadas perpendiculares en ambas direcciones lo permiten.

También es útil emplearlo como muro estructural por el monolitismo que genera la estructura, que debe tener la mayoría de las fibras de la madera en vertical. Puede llegar a alturas que otros derivados de la madera no podrían a igualdad de espesor. (J. E. Peraza et. al, 2014)

## **2.3. LA VIVIENDA CASO DE ESTUDIO**

Este estudio pretende, con la elección de los materiales escogidos para su estructura (madera), con el sistema constructivo elegido (CLT) y con la tipología de la vivienda (vivienda prefabricada), mejorar enormemente todos aquellos aspectos que el modelo tradicional de construir no permite. Entre estos aspectos podemos encontrar la optimización del espacio y por lo tanto sus usos y superficies, un entorno adecuado en función de la economía, el medio ambiente, y unos elementos constructivos adecuados que permita satisfacer las necesidades básicas requeridas para una vivienda.

### **2.3.1. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO**

El entorno de la vivienda está situado en el Municipio de Villagarcía de Arosa, en la provincia de Pontevedra, en la Rúa Marxión nº11. El solar tiene una superficie según catastro de 226 m<sup>2</sup> y es un suelo urbanizado sin edificar.

La vivienda se integra en un entorno comunitario armonioso que cuenta con las infraestructuras y equipamientos adecuados, en una zona donde la tipología característica de su alrededor está destinada a viviendas unifamiliares aisladas de dos plantas.

El solar cuenta con las acometidas a los servicios urbanísticos, además de servicios comunes de alumbrado público y de recogida de residuos.



Imagen nº 11. Localización de la parcela. Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2. DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA

La construcción utiliza materiales de construcción sostenibles que garantizan una vida útil alta, de manera que su fabricación trata de manera eficiente los recursos utilizados. El alto grado de prefabricación reduce los residuos sólidos generados durante la construcción.

Los sistemas constructivos elegidos también disminuyen el consumo de agua, electricidad y combustibles fósiles, mediante el aislamiento y la ventilación adecuada. Así, se pretende promover una industria que debería ser más amigable con el medio ambiente.

La vivienda objeto del estudio está configurada por los siguientes sistemas constructivos:

#### 2.3.2.1. ESTRUCTURA

Se dispone una estructura formada por paneles de madera contralaminada CLT apoyados sobre vigas perimetrales de hormigón armado y un forjado sanitario de encofrado perdido.

#### 2.3.2.2. CIMENTACIÓN

La cimentación consiste en un forjado sanitario de hormigón armado de 45 cm de canto total, sobre un encofrado perdido de módulos de polipropileno reciclado, realizado con hormigón HA-25/B12/IIa, fabricado en central y vertido en obra; acero según UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 3 Kg/m<sup>2</sup> y malla electrosoldada ME 15 x 15 Ø 5-5 B 500 T 6 2.20 según UNE-EN 10080 sobre separadores homologados. La capa de compresión es de 5 cm de espesor, con juntas de retracción, encofrado y todos los medios auxiliares. Sobre este forjado sanitario se dispone de una barrera de vapor, seguido de un aislante térmico de poliestireno extrusionado.

Se harán las excavaciones hasta las cotas apropiadas de la totalidad de elementos de cimentación. Para garantizar que no se deterioren las armaduras inferiores de cimentación se realizará una base de hormigón de limpieza en el fondo de zapatas y zanjas de 10cm de espesor.

Se prevé que la excavación se realice por medios mecánicos y los perfilados y las limpiezas finales de los fondos se realizarán a mano.

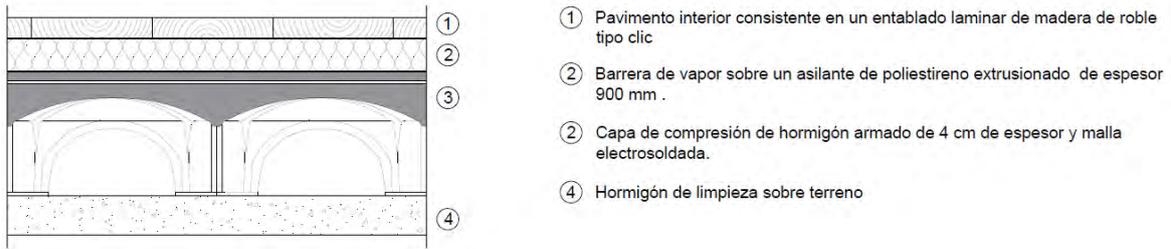


Imagen nº 12. Detalle de la cimentación de la vivienda caso de estudio. Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2.3. ENVOLVENTE

Se ha diseñado la fachada de manera que el aislamiento térmico esté colocado hacia el exterior de la fachada, de modo que se minimizan o eliminan los posibles puentes térmicos.

El cerramiento está formado por una hoja autoportante de tablero contralaminado de madera CLT de 10 cm de espesor. De interior a exterior, está constituido por una doble capa de yeso laminado de 12.5 mm cada una, y unido al tablero CLT mediante rastreles de 38x58 mm. El espacio comprendido entre las placas de yeso y el CLT se rellena con un aislante de corcho de 50mm. Tras el tablero de CLT de 10cm se dispone un aislamiento de corcho de 80cm, sobre el que se anclan unos rastreles de 38x58, como los anteriores, colocando entre ellos otro aislamiento de corcho de espesor 50mm. Finalmente, se coloca una barrera de vapor, un travesaño de 28x38 y un acabado a base de madera de roble tratado de 20mm de espesor. El espacio comprendido entre los travesaños exteriores funciona de cámara de aire ligeramente ventilada.

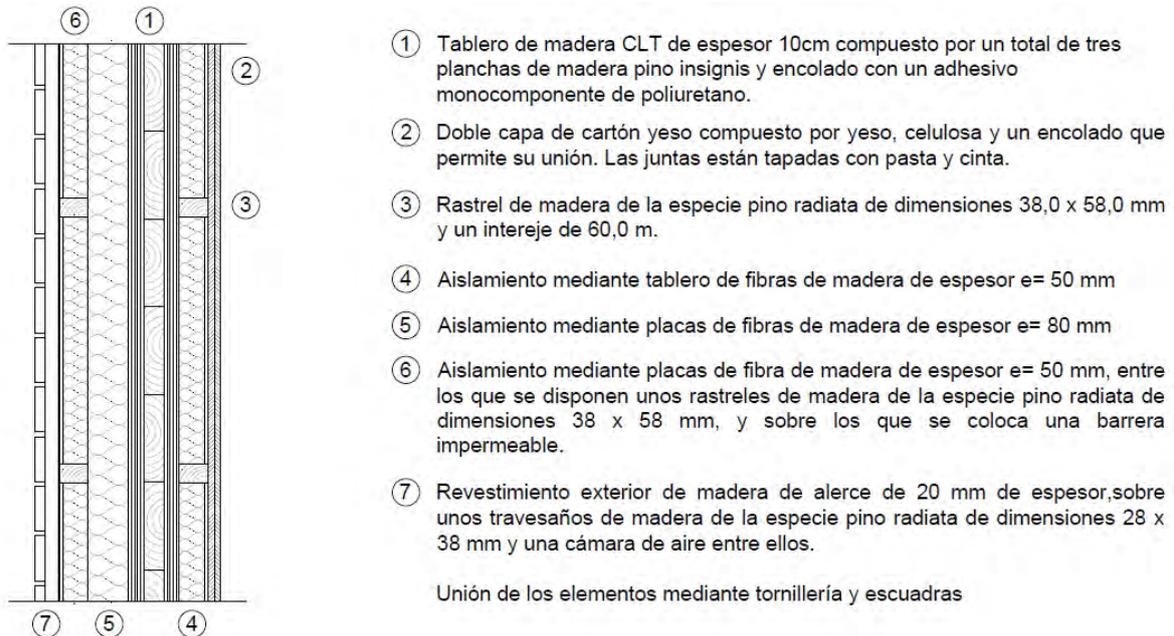


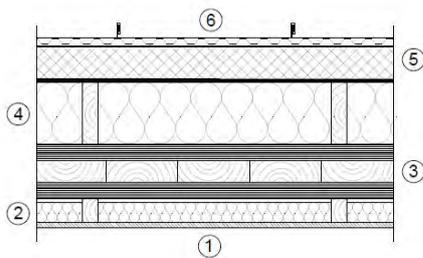
Imagen nº 13. Detalle de la envolvente de la vivienda caso de estudio. Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2.4. CUBIERTA

La cubierta de la vivienda se resuelve de interior a exterior con los siguientes elementos: una placa de cartón yeso de espesor 12,5 mm anclada a unos rastreles de madera de la especie pino radiata y colocados cada 60cm, y de dimensiones 38 x 58 mm. Sobre el espacio que queda entre los

## CASO PRÁCTICO

rastrales se dispone de un aislamiento de corcho de 50 mm de espesor. A continuación, se dispone un tablero CLT de la especie pino radiata de 135 mm de espesor, y sobre él un aislamiento de corcho de 150 mm de espesor. Le sigue una subestructura de madera de la especie pino radiata de dimensiones 38 x 150 mm y una barrera de vapor. Finalmente, se dispone de un aislamiento de 50 mm, un geotextil y una lámina de polietileno de nódulos, conformando una cámara de aire ventilada que evite posibles condensaciones. Por último, se instala una chapa de zinc titanio a junta alzada.

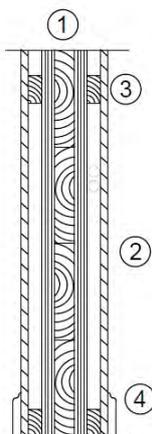


- ① Placa de cartón yeso compuesto de yeso, celulosa y un encolado que permite su unión. Las juntas están tapadas con pasta y cinta.
- ② Rastrel de madera de la especie pino radiata de dimensiones 38,0 x 58,0 mm y un intereje de 60,0 m entre los que se coloca un aislante de placas de fibra de madera de espesor 50 mm
- ③ Tablero de madera CLT de espesor 135 mm compuesto por un total de tres planchas de madera pino insignis y encolado con un adhesivo monocomponente de poliuretano.
- ④ Aislamiento mediante placas de fibra de madera de espesor  $e=150$  mm, entre los que se disponen unos rastreles de madera de la especie pino radiata de dimensiones 38 x 150 mm, y sobre los que se coloca una lámina bituminosa.
- ⑤ Aislamiento de poliestireno extruido de espesor  $e=80$  mm, sobre el que se coloca una lámina desoladizadora
- ⑥ Chapa de zinc titanio con juntas alzadas, colocadas sobre una lámina tipo huevera

Imagen nº 14. Detalle de la cubierta de la vivienda caso de estudio. Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2.5. COPARTIMENTACIÓN INTERIOR

La compartimentación interior está compuesta por paneles prefabricados de madera contralaminada CLT de espesor 8cm, altura 2,70 cm y longitud variable según planos. Están trasdosados con tableros de yeso laminado de 12,5 mm de espesor y anclados mediante travesaños de madera de dimensiones 20 x 60 mm cada 60 cm, de modo que quede un hueco libre de 20cm a ambos lados para el paso de las instalaciones.



- ① Tablero de madera CLT de espesor 8cm compuesto por un total de tres planchas de madera pino insignis y encolado con un adhesivo monocomponente de poliuretano.
- ② Cartón yeso compuesto por yeso, celulosa y un encolado que permite su unión. Las juntas están tapadas con pasta y cinta.
- ③ Travesaño de madera de la especie pino radiata de dimensiones 2,0 x 5,0 cm y un intereje de 60,0 m.
- ④ Rodaié de madera de la especie pino radiata tratado con un lasur incoloro de dispersión acuosa unido mediante adhesivo de poliuretano.

Unión de los elementos mediante tornillería y escuadras

Imagen nº 15. Detalle de particiones interiores de tableros de madera CLT Fuente: Elaboración propia

#### **2.3.2.6. CARPINTERÍA EXTERIOR**

La carpintería exterior de fachada estará formada por vidrio doble de seguridad, marcos de madera de pino radiata de CLT con moldura, precerco, galce y tapajuntas también de madera. Los herrajes de colgar y de cierre son de acero inoxidable. La madera se ha protegido con la clase de penetración NP1 y NP2.

#### **2.3.2.7. CARPINTERÍA INTERIOR**

La carpintería interior será de tablero de madera maciza de la especie pino radiata, trabajada en taller, con moldura, precerco, galce y tapajuntas de madera. Los herrajes de colgar y de seguridad son de acero inoxidable.

#### **2.3.2.8. ACABADOS HORIZONTALES**

Los pavimentos interiores serán un laminado de madera de roble tipo clic, de espesor 16 mm. Los locales húmedos serán de baldosas cerámicas de 30 x 30 cm<sup>2</sup> recibidos con mortero de cemento M-5 y rejuntado con mortero de cemento blanco coloreados.

#### **2.3.2.9. ACABADOS VERTICALES**

Los revestimientos verticales interiores se acabarán mediante guarnecido y enlucido de la placa de yeso laminado y posterior pintado. En los locales húmedos, como baños y cocinas, se emplearán alicatados de azulejo liso de 15 x 15 cm soportado mediante mortero de cemento M-5 posterior aplicado de lechada de cemento.

#### **2.3.2.10. ACONDICIONAMIENTO E INSTALACIONES**

Los servicios urbanísticos con los que cuenta la parcela comprenden los de abastecimiento municipal de agua potable, red de saneamiento municipal, suministros de energía eléctrica, y de telefonía y acceso rodado por Vía Pública.

#### **2.3.2.11. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

La vivienda dispondrá de equipos e instalaciones adecuados para hacer posible la detección, el control y la extinción de un incendio. Esto está presente en el propio diseño de la vivienda, que induce a una correcta evacuación y a la existencia de extintores.

#### **2.3.2.12. ELECTRICIDAD**

El edificio contará con suministro de energía eléctrica en baja tensión, proporcionado por la red de la compañía suministradora. La instalación eléctrica se diseñará en función de las cargas para las que esté previsto el edificio.

#### **2.3.2.13. ALUMBRADO**

Contará igualmente con una instalación de alumbrado que proporcione las condiciones adecuadas de iluminación en los distintos locales. Se elegirán las lámparas y luminarias con un alto rendimiento para proporcionar el mayor ahorro energético posible.

#### **2.3.2.14. VENTILACIÓN**

Dispondrá de medios para que los recintos del edificio puedan ventilar adecuadamente, de forma que se aporte caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes. La evacuación de productos de combustión de las instalaciones térmicas se realizará por la cubierta del edificio.

#### **2.3.2.15. FONTANERÍA Y EQUIPAMIENTO**

El edificio dispondrá de medios adecuados para suministrar al equipamiento higiénico previsto de agua apta para el consumo de forma sostenible, aportando caudales suficientes para su funcionamiento. La red incorpora medios que permitan el ahorro y el control de caudal del agua.

#### **2.3.2.16. SANEAMIENTO**

El equipamiento dispondrá de los medios adecuados para extraer las aguas residuales y provenientes de precipitaciones atmosféricas y de escorrentía.

La parcela donde se ubica el nuevo equipamiento cuenta con red de alcantarillado. La instalación de evacuación de aguas se diseñará, por lo tanto, como separativa.

#### **2.3.2.17 INSTALACIONES TÉRMICAS EN LA EDIFICACIÓN**

La vivienda dispondrá de medios adecuados destinados a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción y agua caliente sanitaria, con objeto de conseguir un uso racional de la energía que se consume.

#### **2.3.2.18. TELECOMUNICACIONES**

La vivienda dispondrá de un sistema de acceso a los servicios de telecomunicaciones, audiovisuales y de información, de acuerdo con el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicaciones en el interior de los edificios y de la actividad de instalación de equipos y sistemas de telecomunicaciones, así como de todas las instrucciones técnicas o actualizaciones que le supongan una modificación.

#### **2.3.3. USOS Y SUPERFICIES**

La vivienda debe cumplir unos requisitos de funcionalidad y habitabilidad. Es necesario plantear una vivienda que más allá de los requisitos técnicos de estabilidad estructural, resistencia y estabilidad y seguridad en caso de incendio, cumpla también como espacio funcional, habitable, accesible y sostenible.

Para cumplir todos estos requisitos, la vivienda de 49,92 m<sup>2</sup> dispone de una clara división entre zona de día y zona de noche. Dispone de una entrada principal claramente diferenciada de los demás locales. Por ella se accede a un salón-comedor que dispone de todas las necesidades básicas. Este salón está unido a la cocina-americana, haciendo de separador una península que parte de la pared y que hace también la función de mesa. Estas tres estancias conforman el denominado espacio destinado al día.

Saliendo del salón comedor se accede a un distribuidor abierto y limitado solo por tres tabiques, uno correspondiente al baño y dos a habitaciones. El baño tiene un wáter, un lavabo y una ducha de obra. Las habitaciones son de parecidas dimensiones.

CUADRO DE SUPERFICIES ÚTILES	
Recibidor	0,75 m <sup>2</sup>
Salón comedor	12,90 m <sup>2</sup>
Cocina	5,72 m <sup>2</sup>
Dormitorio A	9,19 m <sup>2</sup>
Baño	2,57 m <sup>2</sup>
Dormitorio B	6,87 m <sup>2</sup>
Distribuidor	1,36 m <sup>2</sup>
Superficie útil total	39,36 m <sup>2</sup>
Superficie construida total	49,92 m <sup>2</sup>

Tabla nº 11. Cuadro de superficies de la vivienda caso de estudio Fuente: elaboración propia



### **3. RESOLUCIÓN**

<b>3.1. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO</b>	<b>55</b>
3.1.1. REALIZADOR DEL ESTUDIO	55
3.1.2. APLICACIÓN PREVISTA	55
3.1.3. RAZONES PARA REALIZAR EL ESTUDIO	55
3.1.4. PÚBLICO PREVISTO	56
3.1.5. RESULTADOS ESPERADOS	56
3.1.6. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	56
<b>3.2. DEFINICIÓN DEL ALCANCE</b>	<b>57</b>
3.2.1. LAS FUNCIONES DEL SISTEMA DE PRODUCTO	57
3.2.1.1. EXTRACCIÓN DE LOS MATERIALES	57
3.2.1.2. FABRICACIÓN DE LOS PRODUCTOS	58
3.2.1.3. CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA	58
3.2.1.4. MANTENIMIENTO Y RENOVACIÓN	10
3.2.1.5. DECONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA	11
3.2.1.6. DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RCD	11
3.2.1.7. TRANSPORTE	12
3.2.2 LA UNIDAD FUNCIONAL	13
3.2.3. LOS PROCEDIMIENTOS DE ASIGNACIÓN	13
3.2.3.1. PROCESOS DE ASIGNACIÓN DE MATERIALES RECICLADOS	13
3.2.4. LOS LÍMITES DEL SISTEMA	13
3.2.5. LÍMITES GEOGRÁFICOS Y TEMPORALES	146
3.2.6. CATEGORIAS DE IMPACTO	146
3.2.7. MODELOS DE CARACTERIZACIÓN	156
3.2.8. LA INTERPRETACIÓN A UTILIZAR	156
3.2.9. REQUISITOS RELATIVOS A LOS DATOS, SUPOSICIONES Y JUICIOS DE VALOR	15
3.2.9.1 REFERENCIAR SIEMPRE LA FUENTE DE LOS DATOS	16
3.2.9.2. CONTRASTAR DIFERENTES BASES DE DATOS Y COMPARAR SUS DATOS	16
3.2.9.3. PROCEDENCIA DE LOS DATOS ACREDITADA	16
3.2.9.4. EVITAR DATOS CONTRADICTORIOS	16
3.2.10. LAS LIMITACIONES	16
3.2.11. TIPO DE REVISIÓN CRÍTICA	16
3.2.12. EL TIPO DE FORMATO DEL INFORME REQUERIDO PARA EL ESTUDIO	16
<b>3.3. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)</b>	<b>17</b>
3.3.1. PREPARACIÓN PARA LA RECOPIACIÓN DE LOS DATOS	17
<b>3.4. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV)</b>	<b>18</b>
<b>3.5. INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA</b>	<b>18</b>
3.5.1. LOS RESULTADOS	18
3.5.2. SUPOSICIONES Y LIMITACIONES	20
<b>3.6. MÉTODO APLICADO</b>	<b>20</b>
3.6.1. HERRAMIENTAS	21
3.6.2. SOFTWARE INFORMÁTICO SIMAPRRO	21
3.6.3. BASE DE DATOS ECOINVENT	23
3.6.4. METODOLOGÍA	26
3.6.4.1. ANALIZAR UN PRODUCTO	26
3.6.4.2. FASE DE USO Y ELIMINACIÓN	30
3.6.4.3. CONCLUSIONES	33



### 3. RESOLUCIÓN

La resolución del problema planteado en el presente estudio se basa en aplicar el modelo definido en las normas UNE-EN ISO 14040 e UNE-EN ISO 14044, en las que se desarrollan los puntos descritos en el apartado "2.1. METODOLOGÍA DE UN ACV ENFOCADO A LA CONSTRUCCIÓN". A continuación se explican las consideraciones que se han tenido en cuenta y los pasos llevados a cabo para cumplir con los requisitos mencionados en las citadas normas.

#### 3.1. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO

El objetivo del estudio trata de plantear el propósito y la utilidad del estudio. Consta de los siguientes apartados:

##### 3.1.1. REALIZADOR DEL ESTUDIO

El presente estudio ha sido realizado por Enrique Arroyo Martínez como estudiante del último curso del Grado en Arquitectura Técnica de la Universidad de La Coruña.

El interés y la preocupación por los múltiples problemas medioambientales existentes en la actualidad ha sido un factor fundamental para decidir analizar los impactos ambientales de una vivienda.

##### 3.1.2. APLICACIÓN PREVISTA

El estudio está diseñado para explicar los procedimientos que marca la normativa del ACV con el objetivo de poner en práctica en el ámbito de la edificación los conocimientos adquiridos. El producto que se estudia consiste en una vivienda unifamiliar compuesta por tableros de madera CLT como elemento estructural y divisorio.

También se trata de concienciar a los lectores sobre cómo afecta al medio ambiente la elección de materiales sostenibles en función de los impactos ambientales generados en cada fase de su ciclo de vida.

El tipo de ciclo de vida utilizado es el ciclo de vida de la cuna a la tumba, y tiene en cuenta las fases de extracción, transporte, producción, construcción, uso, mantenimiento, demolición y disposición final.

##### 3.1.3. RAZONES PARA REALIZAR EL ESTUDIO

Las razones llevadas a cabo para la realización de un ACV enfocado a la edificación son múltiples.

1. La facultad que tiene el ACV para saber la magnitud de los impactos ambientales consecuencia de cada proceso implicado en el ciclo de vida del producto,
2. Propicia que las partes interesadas ideen estrategias dirigidas a reducir los efectos negativos del producto sobre el medio ambiente.
3. Contribuye a aumentar la biblioteca existente de este tipo de análisis. También proporciona una guía que oriente a las futuras personas que deseen realizar un ACV sobre cualquier producto deseado.

### 3.1.4. PÚBLICO PREVISTO

El ACV está dirigido a la comunidad universitaria, y en especial, al profesorado y alumnado interesado en los problemas medioambientales de hoy en día.

### 3.1.5. RESULTADOS ESPERADOS

Se pretende obtener información cuantitativa sobre el impacto ambiental de todos los procesos que integran el ciclo de vida de la vivienda, clasificando los resultados según los elementos constructivos y las fases del ciclo de vida. También es necesario interpretar las conclusiones en función de las otras partes claves de este estudio: su relación con el tipo de vivienda y su característica constructiva particular, al estar formado por tableros de madera CLT.

Una vez finalizado el estudio, no se pretende utilizarlo para la realización de aseveraciones comparativas ni verificaciones de terceros más allá que las del propio interés académico.

### 3.1.6. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El producto analizado es una vivienda unifamiliar aislada de 49,92 m<sup>2</sup> de superficie construida y ubicada en una parcela de 226,0 m<sup>2</sup>, de forma aproximadamente rectangular y de dimensiones 17,00 x 13,40 m<sup>2</sup>. Está situada en la rúa Marxión nº 11, en Villagarcía de Arosa, Pontevedra, en un entorno donde la tipología edificatoria está dominada por viviendas unifamiliares.

La construcción y el proyecto arquitectónico y constructivo, aún en desarrollo, está siendo elaborado por el arquitecto Francisco Javier López Rivadulla, profesor del Departamento de Construcciones y Estructuras Arquitectónicas, Civiles y Aeronáuticas, en el área de construcciones arquitectónicas de la Universidad de La Coruña. Está formada por siete estancias bien diferenciadas que se iluminan y ventilan desde el exterior, diferenciando claramente zonas de día y de noche.



Imagen nº 16. Distribución de la vivienda caso de estudio Fuente: elaboración propia

### 3.2. DEFINICIÓN DEL ALCANCE

El alcance del estudio pretende indicar como se obtendrá el resultado deseado, mediante una información objetiva y bien explicada e identificando los puntos considerados más importantes.

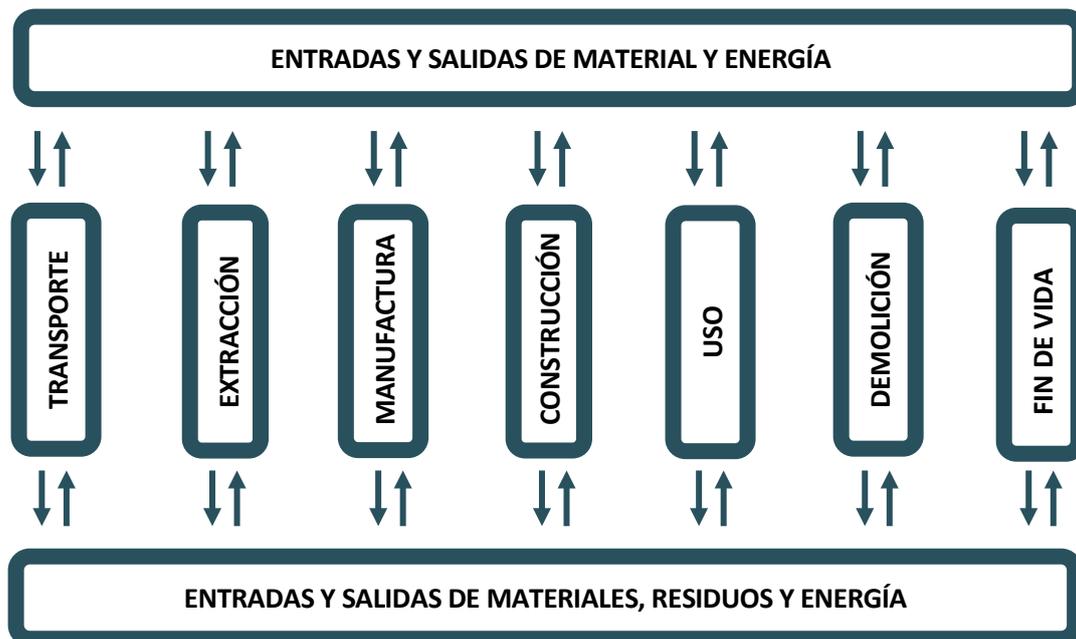
En el apartado 2.1.2.2. DEFINICIÓN DEL ALCANCE se muestran las pautas que marca las normas UNE-EN ISO 14040 E UNE-EN ISO 14044, y que se desarrollan a continuación.

#### 3.2.1. LAS FUNCIONES DEL SISTEMA DE PRODUCTO

El sistema de producto es el conjunto de procesos unitarios con flujos de entrada de materiales y energía extraídos de la naturales y flujos de salida que se liberan al suelo, al aire y al agua en forma de emisiones y materiales.

El sistema de producto comprende el ciclo de vida de la cuna a la tumba en el que se incluyen todos los procesos de extracción de los materiales del medio ambiente, todos los transportes intervinientes entre las distintas fases del ciclo de vida, el proceso de manufacturado de los productos en fábricas, la construcción en el lugar de la obra, el uso, mantenimiento y renovación de los elementos que componen la vivienda y por último su demolición y disposición final.

En el apartado 3.3. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA se definirán detalladamente los procesos unitarios, y en el anejo 6.1. "HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO", la relación de las cantidades de materiales y productos medidas en proyecto.



Esquema nº6. Ciclo de vida de la cuna a la tumba Fuente: elaboración propia

##### 3.2.1.1. EXTRACCIÓN DE LOS MATERIALES

Los productos empleados en la construcción de la vivienda se fabrican a partir de materias primas extraídas directamente de la naturaleza de fuentes generalmente no renovables y de materiales reciclados o reutilizados. Esta etapa comprende desde la extracción de dichos materiales hasta que son preparados para el transporte a una fábrica. Forman el tipo de producto más básico que podemos analizar al no estar elaborado ni manufacturado.

Se incluyen todos los procesos necesario llevados a cabo para la extracción de las materia primas, incluido el transporte dentro de la zona de explotación, el consumo de combustible y electricidad de las maquinaria y la preparación de las materias primas antes de ser enviadas a la fábrica.

### 3.2.1.2. FABRICACIÓN DE LOS PRODUCTOS

La fabricación es el proceso industrial que sucede cuando se desea obtener un producto semielaborado o final. Comprende desde que el producto llega a la fábrica hasta que está listo para enviarlo a la obra, e incluye todos los labores llevados a cabo: la maquinaria utilizada y sus consumos, los consumos de agua, energía y combustible utilizados y los transportes dentro y entre fábricas.

Se incluyen todos los procesos necesarios llevados a cabo para la fabricación de producto y coproductos incluido el transporte dentro de la fábrica, el consumo de combustible y energía de la maquinaria y la puesta a punto para ser enviado al lugar de trabajo de la obra.

Es una parte importante del ciclo de vida estudiado ya que se suelen emplear grandes cantidades de agua, materias primas y energía.

Será en el anejo 6.1. "HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO", correspondiente al inventario, donde se definan los procesos unitarios junto con las cantidades de proyecto.

### 3.2.1.3. CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA

La fase de construcción no es más que ejecutar lo diseñado, es decir, el proceso que comprende la construcción de la vivienda desde el acta de replanteo y la llegada de los productos a la obra hasta que finaliza la construcción y se entrega el certificado final de obra.

En esta fase se pretende obtener conclusiones que permitan pensar en estrategias que se basen en el respeto al medio ambiente, mediante la buena organización de los medios humanos, materiales y energéticos. También mediante la elección de procesos que se comporten de manera eficiente.

Para realizar el estudio de esta fase es conveniente disponer de la organización de la obra y así poder estimar todos los consumos de agua, energía y combustibles, así como la maquinaria utilizada y los RCD generados. Todos estos valores se muestran en el anejo 6.1. "HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO".

CLASIFICACIÓN DE RCD GENERADOS	
Tierras y pétreos de la excavación	
Otros	
RCD de naturaleza no pétreo	
Asfalto	Madera
Metales (incluido sus aleaciones)	Papel y cartón
Plásticos	Vidrios
Yeso	Basura
RCD de naturaleza pétreo	
Arena, grava y otros áridos	Hormigón
Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	Piedra

Tabla nº 12. Resumen de los RCD generados en la fase de construcción. Fuente: elaboración propia

Para el cálculo de los RCD, se ha estimado su peso y su volumen aplicando a las cantidades medidas en proyecto una densidad aparente definida por el cociente entre el peso del residuo y el volumen que ocupa una vez depositado en el contenedor. En el anejo 6.1. "HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO" se muestran los resultados.

Para el cálculo de la energía eléctrica y el agua consumida durante la obra, se estimará, en el primer caso, el tiempo de utilización de los medios eléctricos/electrónicos y en el segundo, la cantidad de agua necesaria a lo largo de toda la obra, según necesidades.

Para calcular los consumos de combustible de la maquinaria durante el transcurso de la obra, se multiplicará el rendimiento y la producción por el tiempo estimado de utilización.

MAQUINARIA Y EQUIPOS AUXILIARES UTILIZADOS EN LA OBRA		
Pala mixta	Sierra circular	Sierra circular
Desbrozadora	Grúa autopropulsada	Regla vibradora
Camión de transporte	Rana compactadora	Focos
Camión basculante	Mezcladora bombeadora	Taladro
Camión grúa	Fratasadora	Motovolquete
Camión cisterna	Sierra de mesa	Grúa autopropulsada

Tabla nº 13. Resumen de los quipos utilizados en la fase de construcción. Fuente: elaboración propia

### 3.2.1.3. USO DE LA VIVIENDA

El uso y disfrute de la vivienda conlleva unos gastos de electricidad, de agua y de combustible que se deben estimar, considerando que su vida útil es de 50 años.

Para poder estimar los consumos es necesario conocer la ocupación que va a tener la vivienda durante esos 50 años. Según el CTE, en el DB SI, sección SI 3, apartado 2, "Cálculo de ocupación", en la tabla 2.1. "Densidades de ocupación" indica que para el tipo de uso de vivienda residencial, se dispone de 20 m<sup>2</sup>/persona, y como la vivienda caso de estudio tiene una superficie de 49.96 m<sup>2</sup>, el resultado es 2,5 personas, que se redondea por comodidad y realismo a 3 personas.

Para poder hacer los cálculos relativos al consumo durante el uso de la vivienda, se deben disponer de datos objetivos. Un estudio realizado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), otorga en su estudio de 2011 denominado "Proyecto Sech-Spanhousec", sobre el análisis del consumo energético del sector residencial en España, un consumo anual para las viviendas de 10.521 kWh. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2011) Este resultado tiene en cuenta los consumo de calefacción, ACS, cocina, refrigeración y electrodomésticos. Finalmente, teniendo en cuenta que el combustible empleado es gas natural, el INE considera un consumo de 5.350 kWh por persona cada año, y por lo tanto 267.500 kWh durante toda la vida útil de la vivienda. En el anejo 6.1. "HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO" se desglosan los valores

Respecto al consumo de agua, y según la última encuesta publicada por el instituto Nacional de Estadística (INE) el 1 de Octubre de 2015, en España se consume una media de 130 l por habitante y por día. Para una ocupación de 3 personas y 50 años resulta un consumo de 7.117.500,00 l. (Instituto Nacional de Estadística, 2013)

**3.2.1.4. MANTENIMIENTO Y RENOVACIÓN**

Cualquier producto que se utilice se desgasta, por lo que su uso conlleva una responsabilidad de mantenerlo en condiciones óptimas.

En el caso de una vivienda, la mayoría de los elementos de los que se compone duran más de 50 años, por lo que en general se mantiene en buenas condiciones. Aun así, siempre hay algunas partes que hay que mantener para garantizar la durabilidad del inmueble y evitar sus alteraciones funcionales.

El objetivo de analizar esta fase se debe a las ventajas ambientales que tiene procurar un buen mantenimiento de los productos. Reduce el deterioro y por lo tanto alarga el periodo de servicio, por lo que se consumen menor productos no renovables. También mejora el funcionamiento de los elemento y el confort térmico, reduciendo el consumo de energía.

Para obtener los valores ambientales en la fase del mantenimiento del edificio, se aplicará un coeficiente a aquellos elementos que se considere que necesitan un mantenimiento o renovación, de manera que aquellos que necesitan ser conservados intervengan con una cantidad mayor en la vivienda. Estos coeficientes se han estimado en función de la periodicidad del mantenimiento según las recomendaciones de algunos libros de mantenimiento del edificio, obligatorios por ley y sancionados por la práctica.

En el anejo 6.1. “HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO” se describen los elementos necesitados de mantenimiento junto con el coeficiente de mantenimiento y el incremento de participación de dichos productos.

<b>MANTENIMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE LA VIVIENDA</b>	
<b>ELEMENTOS DE LA VIVIENDA</b>	<b>COEFICIENTES</b>
Banda de caucho EPDM extruido de e= 5mm	2,00
Tratamiento superficial hidrofugante	10,00
Espuma de poliuretano	1,67
Lasur en base acuosa	10,00
Banda de caucho EPDM extruido de e= 5mm	2,00
Tratamiento superficial hidrofugante	10,00
Rodapié de madera de pino radiata	3,33
Espuma de poliuretano	2,00
Lasur en base acuosa	10,00
Lechada de cemento blanco BL 22,5 X	5,00
Pintura de base acuosa	5,00
Lasur en base acuosa	10,00
Banda de caucho EPDM de 100 mm de anchura	2,50
Imprimación monocomponente a base de elastómeros	1,67
Lasur en base acuosa	10,00
Espuma de poliuretano	2,00
Lasur en base acuosa	10,00
Sellante EPDM (bastidor-vidrio)	2,00
Burlete de caucho sintético	2,50
Espuma de poliuretano de densidad 30 kg/m <sup>2</sup>	1,67
Adhesivo de caucho sintético	2,50
Instalaciones	0,2

Tabla nº 14. Factor de reciclabilidad utilizados para la fase de mantenimiento. Fuente: elaboración propia

### 3.2.1.5. DECONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA

El desmantelamiento de la vivienda marca el fin de vida del edificio pero no de los productos que lo componen.

Los actuales métodos de dividir la deconstrucción en elementos y materiales sencillos e iguales permite la reutilización y el reciclado antes de optar por otros sistemas como la valorización energética o el desecho de vertederos.

Para analizar esta fase es conveniente disponer de la organización y los tiempos de la demolición, para tener una idea clara que permita estudiar adecuadamente todo el proceso.

Mediante el análisis elemento por elemento de la capacidad de reutilización, reciclado, u otro tipo de valorización, es posible estimar el destino final de los productos. Para el cálculo de los RCD, se ha estimado su peso y su volumen aplicando a las cantidades medidas en proyecto una densidad aparente definida por el cociente entre el peso del residuo y el volumen que ocupa una vez depositado en el contenedor. En el anejo 6.1. "HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO" se muestran los resultados.

Debido al tamaño de la vivienda de 49,92 m<sup>2</sup> y por tratarse de una sola planta, la mayoría de los trabajos serán por medios manuales y en orden inverso a la construcción.

Los escombros serán depositados en los correspondiente contenedor manualmente, por medio de un motovolquete de descarga frontal o de una grúa autopropulsada.

A continuación se muestra en una tabla el listado de equipos y medios auxiliares utilizada para dicha tarea, dichos equipos se han estimado siguiendo los modelos proyectos de ejecución de obra sancionados por la práctica:

MAQUINARIA Y EQUIPOS AUXILIARES UTILIZADOS EN LA FASE DE DECONSTRUCCIÓN		
Martillo neumático	Camión basculante	Desbrozadora
Perforador neumático	Rana compactadora	Buldócer
Sierra de cortar	Grúa móvil autopropulsada.	Sierra industrial
Pala mixta	Niveladora	

Tabla nº 15. Equipos utilizados en la fase de deconstrucción. Fuente: elaboración propia

### 3.2.1.6. DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RCD

Todos los materiales liberan emisiones más o menos dañinas al medio ambiente una vez acaba su vida útil. Más en el sector de la construcción, donde tradicionalmente se ha generado una cantidad enorme de residuos. Si a este problema le añadimos el hecho de que España tiene a la construcción como una de sus primeras industrias, el problema se agrava

Por eso, analizar la disposición final de los materiales y productos de la construcción, permite reducir el impacto ambiental de los elementos y sacar el máximo partido a la gran cantidad de RCD generados, evitando el consumo de otros nuevos. Se considera que los residuos generados son gestionados para ser valorizados de una de las siguientes formas: reciclaje, reutilización, compostaje, valorización energética, y finalmente vertido a vertedero.

La clasificación de RCD que interviene en la fase de la disposición final pueden ser reutilizados, reciclados, valorizados energéticamente o vertido en vertederos autorizados. Los que aparecen en la vivienda caso de estudio son los siguiente:

CLASIFICACIÓN DE RCD DE LA FASE DE DISPOSICIÓN FINAL	
Tierras y pétreos de la excavación	
Otros	
RCD de naturaleza no pétreo	
Asfalto	Madera
Metales (incluido sus aleaciones)	Papel y cartón
Plásticos	Vidrios
Yeso	Basura
RCD de naturaleza pétreo	
Arena, grava y otros áridos	Hormigón
Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	Piedra

Tabla nº 16. Resumen de los RCD que intervienen en la disposición final. Fuente: elaboración propia

En el anejo 6.1. "HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO" se muestra el programa de manejo ambiental de los RCD con los aprovechamientos y disposiciones finales.

### 3.2.1.7. TRANSPORTE

El proceso de transporte es la última fase que hay que analizar. El objetivo es contabilizar cuantitativamente los efectos negativos que tiene sobre el entorno y así poder planificar una estrategia que reduzca significativamente dichos impactos.

Se ha optado por considerar siempre el transporte rodado por carretera con distancias reducidas y procedentes de entornos locales. No obstante, algunos elementos son transportadas desde otros lugares más lejanos. Debido a que inventariar todos los transportes de todas las fases a lo largo del ciclo de vida es una tarea absurda e ineficiente, se considerarán las siguientes distancias en función de la procedencia:

MAQUINARIA Y EQUIPOS AUXILIARES UTILIZADOS EN LA FASE DE DECONSTRUCCIÓN					
Procedencia	Local	Provincial	Autonómico	Nacional	Internacional
Distancia (km)	10 km	40 km	100 km	1.000km	3.000 kmm

Tabla nº 17. Resumen de los RCD que intervienen en la disposición final. Fuente: elaboración propia

Como norma general, la mayoría de los transportes de materias primas de la fase de extracción que se dirigen hacia las fábricas de manufacturado serán de ámbito nacional, ya que se considera España como origen de la mayoría de las materias primas.

No se considera el transporte de los productos elaborados al punto de venta final, ya que este dato ya está dentro de los datos calculados relativos al periodo de producción.

Los transportes de los productos elaborados que van a formar parte de la vivienda, es decir, los que suceden entre la fase de producción y uso, son generalmente locales. Algo lógico dada la gran disponibilidad de estos suministros por la importancia que tiene el sector de la construcción en España.

Los consumos y las distancias de las maquinarias utilizadas en la obra para la construcción y la demolición ya están considerados en los cálculos de consumo del anejo 6.1. "HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO", tratándose todos de transportes locales.

Finalmente, el transporte de los residuos para la disposición final será con distancias reales, por la importancia que tiene esta fase sobre el medioambiente.

Eligiendo productos mayoritariamente de distancias cercanas, siempre dentro de España, se pretende mostrar como el transporte, comparado con otras fases del ciclo de vida, no tiene un impacto ambiental grande.

Todos los transportes se realizarán por medios mecánicos y considerando un viaje de ida y vuelta, con los equipos totalmente cargados. Comprende todos los traslados de los materiales, productos y residuos entre las distintas fases del ciclo de vida:

1. Transportes de las materias primas desde el lugar de la extracción a la fábrica.
2. Transportes de los productos de la fábrica a la construcción
3. Transporte de la maquinaria hasta el lugar de la construcción y demolición
4. Transportes de los RCD de la construcción al gestor de residuos o vertedero.

En el anejo 6.1. "HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO" se muestra una tabla en la que se define la relación de los transportes intervinientes en el ACV y sus distancias recorridas

### **3.2.2 LA UNIDAD FUNCIONAL**

La unidad funcional, conforme a las normas UNE-EN ISO 14040 y UNE-EN ISO 4044 (AENOR, 2006a, 2006b) se definen y se expresan en persona equivalente por año vivido y superficie construida, para una vida útil determinada. Por lo tanto corresponde a una superficie construida de una única planta (baja) de 49,99 m<sup>2</sup>, una ocupación de 3 personas y una vida útil de 50 años.

### **3.2.3. LOS PROCEDIMIENTOS DE ASIGNACIÓN**

Los procedimientos de asignación pretenden distribuir los flujos de entrada y de salida producidos por cada proceso unitario estudiado entre los coproductos generados y reciclados, asignando a cada uno un valor en función de distintos factores, como la reciclabilidad o la generación de coproductos.

Los procesos de asignación tenidos en cuenta son los siguientes

#### **3.2.3.1. PROCESOS DE ASIGNACIÓN DE MATERIALES RECICLADOS**

Plantear como se solucionan las asignaciones de flujos en los materiales ya reciclados o que van a ser reciclados es complicado, y no solo por la incertidumbre sobre el porcentaje de elementos reciclados incorporados a la vivienda, sino por la proporción del impacto ambiental que se le debe asignar.

En este estudio se estimará el porcentaje reciclado de los elementos utilizados y no se le asignarán flujos de entrada y salida más allá que los producidos por el reacondicionamiento del producto para que vuelva a ser utilizado en el mercado. Por lo tanto, para un elemento reciclado o reutilizado no se tendrá en cuenta el ciclo de vida de sus anteriores periodos de servicio.

#### **3.2.4. LOS LÍMITES DEL SISTEMA**

Los edificios son productos de difícil comprensión, multitud de procesos y materiales componen su totalidad. Estos elemento participan tanto de una manera directa como indirecta y es difícil su cuantificación exacta. Por eso se debe establecer unos límites del sistema bien definidos que

aclaren los puntos que son estudiados y los que no, con el objetivo de no crear resultados que den lugar a interpretaciones.

En este punto se pretende evitar excesivas complicaciones y datos poco fiables o complejos. También partes que representen una porción minúscula, que apenas afecten negativamente al medio ambiente y que su recopilación suponga un arduo trabajo. Se ha decidido no considerar aquellos materiales que representen menos del 1,00% del total del producto y menos del 1,50% de la energía emitida.

Los límites que definen este proyecto lo marca el ciclo de vida de la cuna a la tumba y por lo tanto la fase de extracción, fabricación, construcción, vida útil mantenimiento, deconstrucción, disposición final y transporte.

Otros aspectos que hay que tener en cuenta a la hora de marcar los límites del sistema son los siguientes:

<b>PRODUCTOS, PROCESOS Y SERVICIOS NO CONSIDERADO EN EL ESTUDIO</b>
Impactos ambientales en los ecosistemas e infraestructuras locales.
Algunos elementos de difícil cuantificación, como los de la industria química
Fabricación de maquinaria
Paisajismo.
Muebles y materiales fungibles.
Conexiones con infraestructuras públicas.
Consumos de productos tangibles durante el uso de la vivienda.
Generación de electricidad con energías renovables.
Tratamiento de residuos domésticos.
Métodos exactos constructivos y deconstructivos.
Forma y volumen y energía
Aspectos geopolíticos relacionados con la procedencia de los materiales
Embalajes
Transporte de la mano de obra
Trasportes de los trabajadores al lugar de la obra

*Tabla nº 18. Límite del sistema. Fuente: elaboración propia*

### **3.2.5. LÍMITES GEOGRÁFICOS Y TEMPORALES**

Los límites geográficos se refieren a la acotación del lugar de procedencia de los datos utilizados. Los datos serán Europeos, Australianos y Norteamericanos (Canadá y E.E.U.U).

El límite temporal consiste en limitar la información a valores obtenidos en tiempos recientes. No siempre es posible, pese a que las bases de datos están en continua actualización.

### **3.2.6. CATEGORIAS DE IMPACTO**

Las categorías de impacto, los indicadores de impacto y los modelos de caracterización que se van a emplear se basan en la metodología CML 2, creada por la Universidad de Leiden, Holanda. Es uno de los métodos más utilizados para mostrar los distintos impactos ambientales en función de modelos que afectan al medio ambiente, como cambio climático, eutrofización o reducción de la capa de ozono.

Son los siguientes:

CATEGORIAS DE IMPACTO	INDICADORES DE CATEGORÍA
Acidificación	Kg SO2 eq
Cambio climático	Kg CO2 eq
Agotamiento de recursos abióticos	Kg Sb eq
Agotamiento de recursos abióticos (c. fósiles)	MJ
Toxicidad humana	Kg 1,4 DB eq
Ecotoxicidad en aguas dulces	Kg 1,4 DB eq
Ecotoxicidad marina	Kg 1,4 DB eq
Ecotoxicidad terrestre	Kg 1,4 DB eq
Eutrofización	Kg PO4--- eq
Agotamiento de la capa de ozono	Kg CFC-11 eq
Oxidación fotoquímica	Kg C2H2 eq

Tabla nº 19. Categorías de impacto . CML, Universidad de Leiden, Holanda.

### 3.2.7. MODELOS DE CARACTERIZACIÓN

Con los modelos de caracterización se consigue unificar y normalizar las diferentes emisiones que contiene cada categoría de impacto en una unidad equivalente mediante un factor de caracterización. Este factor de caracterización está relacionado con el efecto que tiene en el medio ambiente cada unidad primaria, siendo mayor a 1,0 si contamina más que el valor de referencia y menor de 1,0 si contamina menos.

A modo de ejemplo se enumeran los factores de caracterización para la categoría de impacto de acidificación.

FACTORES DE CARACTERIZACIÓN PARA EL CALENTAMIENTO GLOBAL			
Compartimento	Sustancia	Factor de conversión	Unidad
AIRE	Amoníaco	1,60	Kg SO2 eq / kg
AIRE	Dióxido de nitrógeno	0,50	Kg SO2 eq / kg
AIRE	Monóxido de nitrógeno	0,76	Kg SO2 eq / kg
AIRE	Óxido de nitrógeno	0,50	Kg SO2 eq / kg
AIRE	Dióxido de sulfuro	1,20	Kg SO2 eq / kg
AIRE	Monóxido de sulfuro	1,20	Kg SO2 eq / kg
AIRE	Trióxido de sulfuro	0,96	Kg SO2 eq / kg
AIRE	Ácido sulfúrico	0,78	Kg SO2 eq / kg

Tabla nº 20. Factores de caracterización para el calentamiento global. Fuente: CML 2

### 3.2.8. LA INTERPRETACIÓN A UTILIZAR

El apartado de interpretación pretende servir para corregir la información más imprecisa y obtener datos coherentes.

El presente ACV pretende obtener conclusiones objetivas basadas en medidas cuantitativas, siendo la conclusión el desenlace que analice lo expuesto con anterioridad y haga comprender el los resultados obtenidos .

### 3.2.9. REQUISITOS RELATIVOS A LOS DATOS, SUPOSICIONES Y JUICIOS DE VALOR

Los datos serán fiables y corroborables, debido a que se han obtenido de bases de datos y de bibliografías existentes.

Para evitar juicios de valor, se han seguido los siguientes puntos:

#### **3.2.9.1 REFERENCIAR SIEMPRE LA FUENTE DE LOS DATOS**

Es un paso fundamental que debe ser obligatorio en cualquier estudio académico con dos motivos básicos. Primero, asegurar que los datos que se muestran son fiables y segundo, poder acceder a ellos en caso de necesitar su consulta.

#### **3.2.9.2. CONTRASTAR DIFERENTES BASES DE DATOS Y COMPARAR SUS DATOS**

Contrastar diferentes bases de datos en función de distintos factores como la credibilidad o los límites del sistema del proyecto, permite obtener un estudio más fiable y con puntos de vista diferentes, algo fundamental para obtener resultados verídicos.

#### **3.2.9.3. PROCEDENCIA DE LOS DATOS ACREDITADA**

En España son pocas las bases de datos fiables y menos aún la cantidad de datos disponible, por lo que la mayoría de los datos son obtenidos de localizaciones Europeas, Australiana y Norteamericana. Además como se ha explicado en anteriores puntos, la fuente siempre es la base de datos Simapro o algún libro de referencia.

#### **3.2.9.4. EVITAR DATOS CONTRADICTORIOS**

Es importante no mezclar los datos obtenidos entre sectores industriales diferentes, pues a menudo el proceso de manufacturado, de transporte e incluso de extracción cambia. Lamentablemente, no siempre es posible cumplir este punto, por lo que en ocasiones es necesario utilizar datos de otros sectores intentando que se asemejen en la medida de lo posible a los propios.

#### **3.2.9.5. UTILIZAR DATOS ESTIMADOS**

En este estudio no habrá juicios de valor ni datos no contrastados. Se deben dar explicaciones de los datos estimados y calculados para una mayor comprensión, verificación y posterior conclusión.

Debido a que la vivienda caso de estudio está aún en fase de proyecto, se han estimado múltiples valores basándose en la práctica profesional. Cada vez que se estime un valor, quedará reflejado.

#### **3.2.10. LAS LIMITACIONES**

Este ACV está limitado por la decisión de utilizar el software Simapro 8.4.0 y la base de datos Ecoinvent 3.4.

El producto estudiado, tiene las limitaciones de estar aún en fase de diseño, quedando a merced de cambios que modifiquen el proyecto.

#### **3.2.11. TIPO DE REVISIÓN CRÍTICA**

No se realizará ninguna revisión crítica más allá de las conclusiones fruto de los resultados obtenidos. Como consecuencia tampoco habrá ninguna aseveración comparativa.

### 3.2.12. EL TIPO DE FORMATO DEL INFORME REQUERIDO PARA EL ESTUDIO

El ACV de la vivienda objeto forma parte de la formación obligatoria realizada en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica en forma de TFG,, desarrollando parte del contenido de las docencias con un espacio dedicado al medio ambiente y aplicando nuevo contenido fruto de la investigación.

Por lo tanto este estudio es un informe fruto de la finalización de los estudios de Arquitectura Técnica que pretende acercar este tipo de metodologías y aplicarlas al ámbito de la edificación.

La estructura y el contenido del informe se ha realizado teniendo en cuenta aspectos como la bibliografía disponible, otros estudios similares, la normativa existente, y el estándar metodológico desarrollado por el Comité Técnico 350 del Comité Europeo de Normalización (CEN/TC 350) denominado "Sustainability of construction works". (British Standards Institution, 2011)

### 3.3. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)

Una vez realizadas las definiciones del objetivo y alcance y basándose en los requisitos expresados en dichos puntos, hay que proceder a la medición de todos los elementos que participan en las distintas etapas del ciclo de vida.

Tras realizar el proceso de medición, se realizará el procedimiento de cálculo para cuantificar los flujos de entradas y salidas del sistema de producto.

Por medio del programa SimaPro y la base de datos Ecoinvent, junto con los propios cálculos fruto de la recopilación e información de proyecto, se han obtenido:

- Datos relativos a las entradas de energía, de materia prima y de otras entradas físicas.
- Los productos, coproductos y residuos generados
- Las emisiones y vertidos al aire, al agua y al suelo

Para el análisis del inventario se han seguido los pasos marcados en la norma UNE-EN ISO 4044:

#### 3.3.1. PREPARACIÓN PARA LA RECOPIACIÓN DE LOS DATOS

Para facilitar el inventariado del conjunto de todos los datos, se ha considerado necesario dividir el proceso en tres fases.

La primera fase consiste en medir cada uno de los materiales y productos de la vivienda en una unidad de medida acorde. Por ejemplo, m<sup>3</sup> de madera, m<sup>2</sup> de baldosa cerámica o kg de acero. Para el cálculo se utilizan los planos del proyecto anejo 6.1. "HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO".

La segunda fase trata de desglosar los materiales y productos medidos en el punto anterior en materias primas más simples y así poder analizar los procesos unitarios en los que intervienen a lo largo del ciclo de vida. Por ejemplo, la extracción de grava, arena, agua, caliza, arcilla y aljéz para la fabricación, transporte y formación del hormigón.

Los elementos procedentes de la industria química como emulsiones, poliuretanos, EPDM etc. no se desglosarán en materiales simples, por la complicación que supone investigar los procesos industriales.

La medición de los cálculos se ha complementado con datos de los rendimientos, pesos, densidades y cualquier otro valor necesario obtenidos de fichas técnicas de casas comerciales, bases de datos de la construcción y cálculos propios.

En el anejo 6.1. “HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO” se describen todos los datos recopilados a lo largo del ciclo de vida de la vivienda, incluido información cuantitativa, cualitativa, rendimientos y porcentaje reciclado, y desglosando todos los materiales con las especificaciones y dimensiones correspondientes. Todo según recomienda la Norma UNE-EN ISO 14040:2006 y UNE-EN ISO 14044:2006. (AENOR, 2006a, AENOR, 2006b).

Los datos serán referenciados según la unidad funcional definida en el apartado 3.2.2. UNIDAD FUNCIONAL

Finalmente y combinando la fase uno y la fase dos y con la ayuda del programa SimaPro y la base de datos Ecoinvent, se obtienen los flujos de entrada y salida intervinientes en cada proceso unitario según la metodología de impacto elegida, los indicadores de categoría y los modelos de caracterización empleados. Esta fase corresponde al punto 3.4. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS (EICV).

### **3.4. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV)**

Para realizar la evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) y poder obtener conclusiones sobre los impactos ambientales, hay que cruzar los datos obtenidos en el punto anterior 3.3. “ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)”, con las categorías de impacto y los indicadores de categoría seleccionados en la definición del objetivo y alcance.

También se pretende introducir los elementos opcionales de normalización, agrupación y ponderación, para reducir la incertidumbre de las cosas.

Esta asociación entre distintas partes del proyecto se efectúa con el programa SimaPro y la base de datos Ecoinvent, y los resultados se muestran en el anejo 6.1. “HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LOS DATOS DEL INVENTARIO”

### **3.5. INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA**

#### **3.5.1. LOS RESULTADOS**

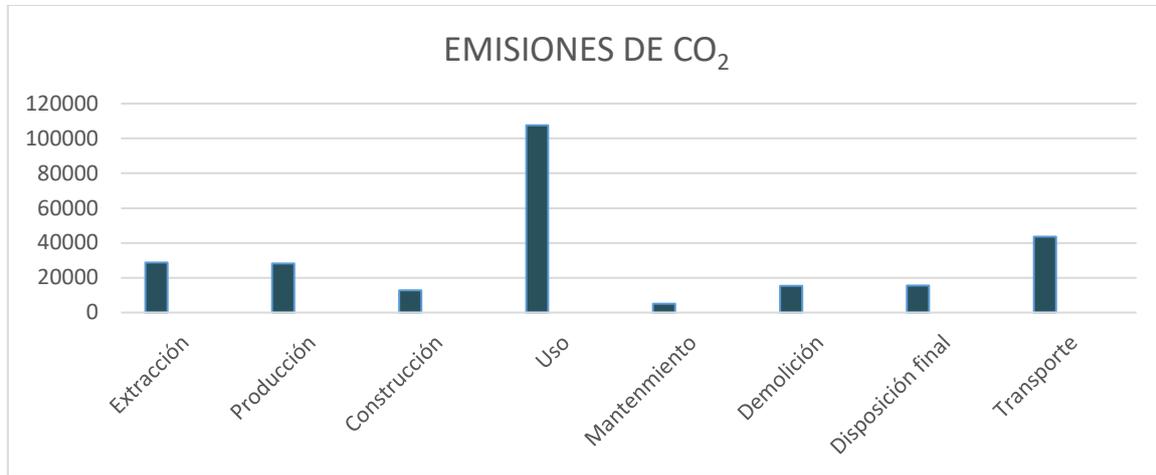
Los resultados mostrados tras la realización del ACV invita a sacar conclusiones sobre la utilización del tablero de madera CLT y sobre las emisiones generadas por los distintos elementos. También sobre otros temas importantes, como se muestra a continuación:

Los resultados obtenidos muestran que dentro del sector de la construcción, es necesario llevar a cabo estrategias que reduzcan de manera notable el impacto ambiental de los procesos durante todo el ciclo de vida, en especial en la fase de producción y extracción. La cantidad tan baja de emisiones vertidas al medio ambiente se debe a la utilización de productos de bajo impacto ambiental como es la madera.

También sería interesante abrir una línea de investigación sobre la realización de estudios más detallados del ciclo de vida en la fase de uso, pues resulta evidente que es una fase conflictiva que genera un daño importante al medioambiente, y que hay un gran abanico de posibilidades de

mejora. Podría realizarse un ACV exhaustivo solo de la fase de uso como consecuencia, para que permita llevar a cabo futuras estrategias.

La disposición final, que no deja de ser una fase de manufacturado que procesa materiales, debería emitir más emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, pero la valorización de los productos provoca un impacto positivo que reste dichas emisiones.

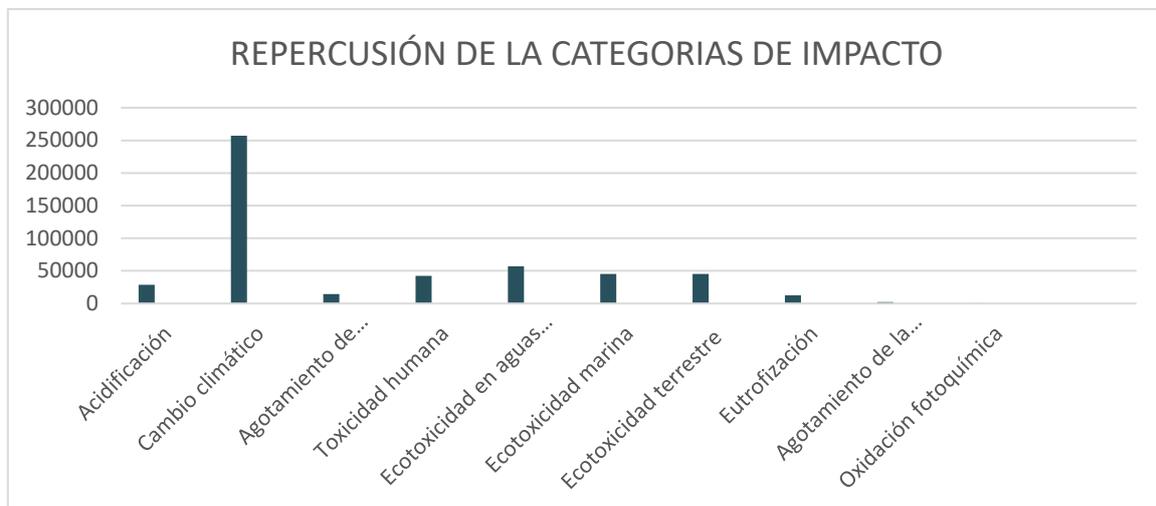


Gráfica n 7. Emisiones de CO<sub>2</sub> durante las distintas fases del ciclo de vida. Fuente: elaboración propia.

Hay ciertos materiales, como espumas de poliuretano o ciertos adhesivos, que pese a que su ciclo de vida tiene un impacto ambiental grande, en la vivienda estudiada es imperceptible debido a la escasa cantidad utilizado. Sería interesante haber acotado su utilización.

Finalmente, la elección de una vivienda de reducidas dimensiones y con abundantes elementos prefabricados genera poca cantidad de emisiones en la fase de demolición y de construcción. Específicamente, se debe al poco tiempo que se necesita para llevar a cabo dichos procesos, y a necesidad de pocos equipos y medios mecánicos en el lugar de trabajo.

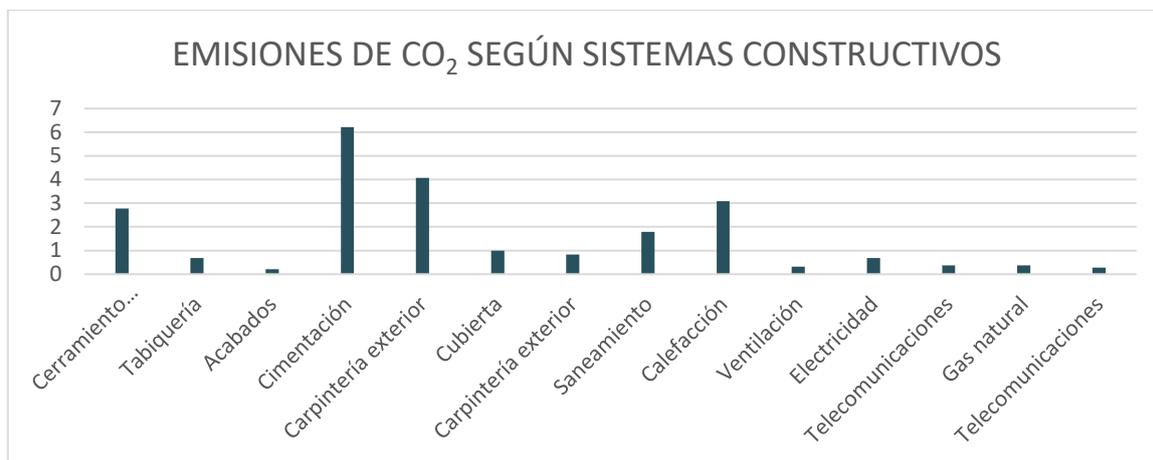
En cuanto al resultado de los impactos ambientales generados según las distintas categorías de impacto, podemos observar en la gráfica que se muestra a continuación como el cambio climático, que se mide en CO<sub>2</sub> equivalente, es con diferencia el mayor de los problemas.



Gráfica n 8. Evaluación del impacto según las categorías de impacto. Fuente: elaboración propia.

También es interesante comparar los distintos sistemas constructivos que conforman la vivienda. La cimentación es claramente la parte que más emisiones de CO<sub>2</sub> emite a la atmósfera. Se debe principalmente al impacto que tienen los elementos de los que se compone: encofrados perdidos de polipropileno, hormigón y acero principalmente. Estos, generan una huella muy grande tanto en la fase de producción como en la fase de extracción por los procesos tan dañinos que generan para su fabricación.

Por eso la elección de tableros de madera contralaminada permite reducir significativamente los impactos causados. El hormigón armado, hoy en día, es uno de los productos más utilizados en la construcción, y en especial de la edificación. Si se hubiera realizado la vivienda utilizando el hormigón armado como material principal estructural, las emisiones de CO<sub>2</sub> se dispararían. No es por lo tanto descabellado pensar que su uso no solo genera una huella ecológica fruto de la extracción de los materiales que necesita, sino que es uno de los principales emisores de CO<sub>2</sub> en España, considerando que el sector de la construcción es una parte fundamental de su economía. Sería un interesante estudio analizar la relación que tiene el hormigón con la contaminación que genera la construcción



Gráfica n 9. Evaluación del impacto según las categorías de impacto. Fuente: elaboración propia.

### 3.5.2. SUPOSICIONES Y LIMITACIONES

Las suposiciones parecen que no han tenido un gran efecto en los resultados finales, seguramente porque sean un porcentaje pequeño respecto de los datos verídicos. Los transportes, donde más datos subjetivos se han estimado, parece que no tiene un gran impacto final, posiblemente porque las cantidades cargadas no son de poca cantidad, por lo que el problema que genera dicho sector puede que no se vea reflejado.

Respecto a los límites del sistema, se han escogido correctamente, ya que no se han encontrado complicaciones excesivas más allá de la complicada metodología estudiada.

### 3.6. MÉTODO APLICADO

El método empleado para la realización del ACV tiene el objetivo de analizar el impacto medioambiental de la vivienda que se ha decidido estudiar.

Este procedimiento tiene una metodología definida y es complicada, requiriendo estudiar una gran cantidad de pequeños procesos. Además, el caso particular de la edificación resulta más complicado por ser una actividad menos industrializada y prefabricada en favor de actividades producidas in situ. Por lo tanto, aplicar el método del ACV en este caso tiene una triple complicación: el propio método, la edificación y finalmente el caso particular.

La elección de tener en cuenta las fases del ciclo de vida de la cuna a la tumba por encima de otras alternativas permiten saber con exactitud qué aspectos dentro de dicho ciclo, ya sea en la extracción de materias prima, en la producción, en la construcción, en el uso, en la demolición o en la disposición final, tienen más afinidad con el medio ambiente. En consecuencia, también permite saber que fases afectan negativamente al medio ambiente y así conocer los aspecto clave que desde el punto de vista de la sostenibilidad tengan una importancia objetiva.

Como se ha mencionado en el apartado 2.1. “METODOLOGÍA DE UN ACV ENFOCADO A LA CONSTRUCCIÓN”, la metodología de ACV consta de cuatro fases, consistiendo básicamente en la definición del estudio a realizar, en el inventariado de todos los procesos, materiales y productos intervinientes, en un análisis y en conclusiones de los resultados obtenidos tras procesarlos en un programa específicamente diseñado y con una base de datos adecuada.

Para lograr los propósitos mencionados y aplicarlos a un caso de estudio en particular es necesario conocer la metodología y herramientas a aplicar.

### 3.6.1. HERRAMIENTAS

Las herramientas necesarias para trabajar en la tarea de un ACV son dos: una base de datos que permita realizar correctamente la tarea de evaluación del ciclo de vida (EICV) según el inventario realizado previamente y un software informático que posibilite una recolección ordenada de dicha información que facilite su lectura.

En este caso particular se ha usado la base de datos Ecoinvent versión 3.4. y el software informático Simapro 8.



*Imagen nº17. Logos de las herramientas utilizadas. Fuente: Simapro y Ecoinvent.*

### 3.6.2. SOFTWARE INFORMÁTICO SIMAPRO

Como se ha mencionado en el punto anterior, debido a los numerosos cálculos necesarios para realizar un ACV, es necesario auxiliarse de softwares específicamente diseñados para procesar las bases de datos y la metodología a aplicar. Afortunadamente en la actualidad existen numerosas herramientas informáticas desarrolladas para poder realizar estudios de análisis de ciclo de vida.

## RESOLUCIÓN

Entre ellas, el programa Simapro es uno de los más utilizados para la realización de un ACV de cualquier producto, proceso o servicio, incluido el sector de la construcción.

Para poder utilizar el programa es necesario conocerlo previamente.

Una vez dentro del programa en el menú principal se reconoce en la interfaz varias partes.

1. Una cinta de opciones diferentes en la parte superior
2. Una barra de herramientas de accesos rápidos en la parte superior, debajo de la cinta de opciones
3. Un listado con numerosas entradas relacionadas con el ACV en la parte izquierda
4. Un conjunto de ventanas accesibles en la parte central.

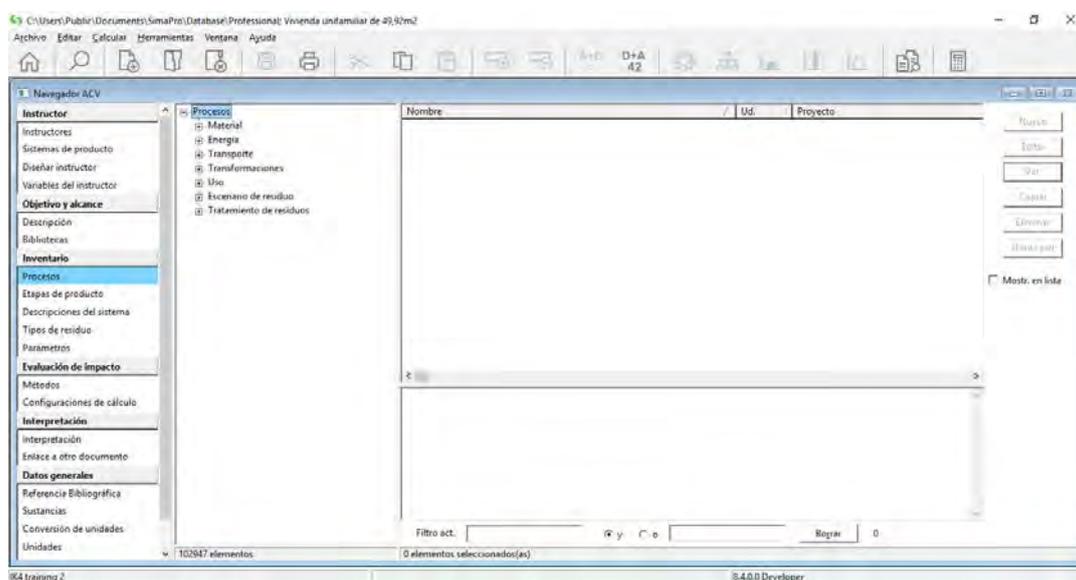


Imagen nº18. Menú con la interfaz del software Simapro. Fuente: Simapro.

La barra de herramientas es el lugar de la interfaz que contiene los botones que permite acciones comunes a otros programas: personalizar diferentes aspectos, opciones de guardado y carga o imprimir.

En la parte izquierda se sitúan las opciones y las fases relacionadas con la metodología del ciclo de vida: instructor, objetivo y alcance, inventario, evaluación de impacto, interpretación y datos generales.

En ellas se especifican las características propias de cada análisis, desde los objetivos y alcance hasta las categorías de impacto o el acceso a las bases de datos, que se explicarán en el punto Es por lo tanto el lugar donde se especifican los requisitos y los objetivos y donde se realiza y procesan todos los impactos ambientales.

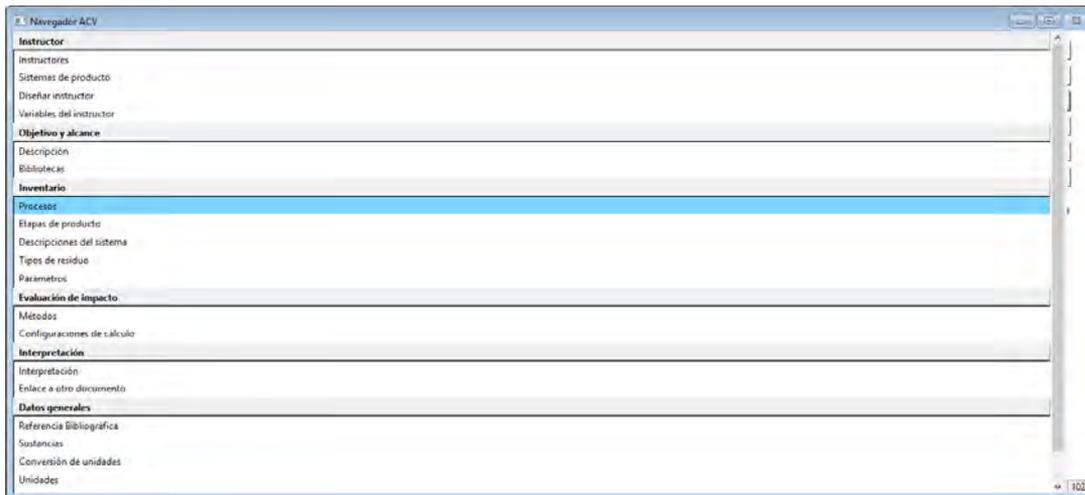


Imagen nº19. Menú del programa Simapro. Fuente: Simapro

Estas actividades se ejecutan en las ventanas que dispone el programa en la parte central. Son cómodas e intuitivas.

Una vez realizado el proceso completo del ACV, que se explicará en el apartado 3.2.4. METODOLOGÍA se emplea la barra de herramientas de la parte superior para poder obtener los resultados por medio de tablas, gráficas, esquemas etc.

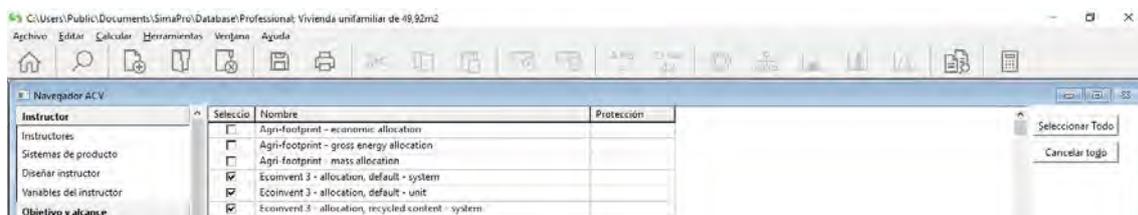


Imagen nº20. Barra de herramientas del programa Simapro. Fuente: Simapro

### 3.6.3. BASE DE DATOS ECOINVENT

La base de datos tiene una importancia fundamental por disponer de una gran cantidad de datos de manera estructurada, que permitan facilitar el trabajo de recopilación de entradas y salidas de flujos a lo largo de todos los procesos unitarios.

Para facilitar el desarrollo del estudio, en el presente análisis se ha decidido utilizar solamente la base de datos Ecoinvent 3 y así evitar el exceso de información que supondría utilizar todas las bases de datos disponibles en el programa Simapro.

Para el ACV de la vivienda que se estudia, es suficiente la base de datos Ecoinvent 3 por ser suficiente la cantidad de información que contiene de diversos sectores, incluyendo la producción de energía, transporte o materiales de construcción.

Particularmente en el programa Simapro hay disponibles seis bibliotecas en las que se divide Ecoinvent. En cada una de ellas se alternan diferentes modelos de asignación de flujos para que el usuario pueda elegir el que más le conviene en función de, por ejemplo, del contenido reciclado del producto estudiado.

## RESOLUCIÓN

En el caso que nos ocupa se han elegido todas las alternativas que nos proporciona la base de datos Ecoinvent.

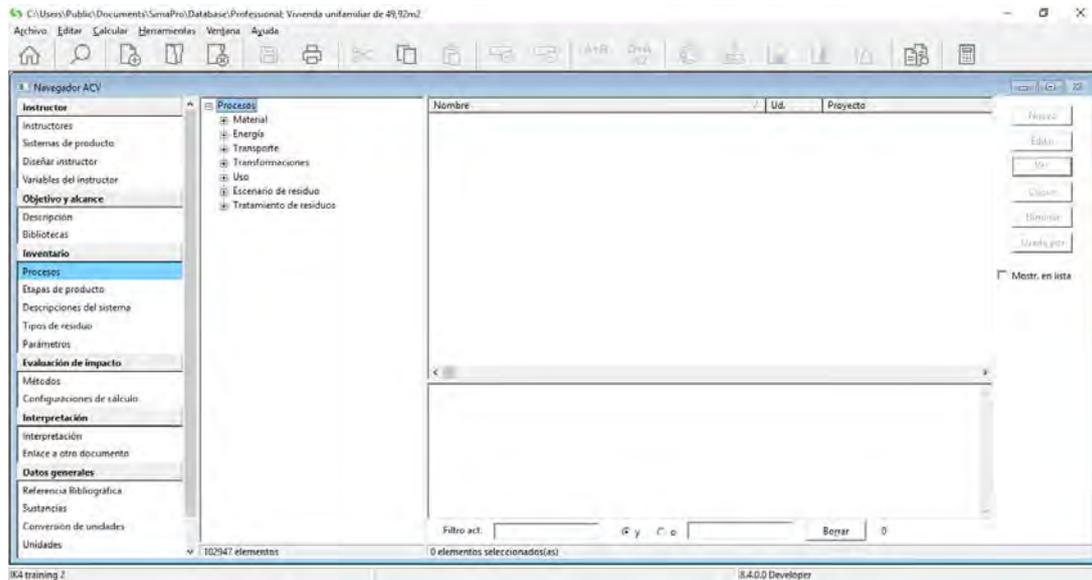


Imagen nº21. Bases de datos contenidas en el programa Simapro. Fuente: Simapro

Tras seleccionar la base de datos que queremos utilizar en el apartado objetivo y alcance, sección bibliotecas, inmediatamente todo su contenido se vuelve visible y disponible.

A la hora de utilizar la base de datos elegida, es necesario haber inventariado previamente todos los materiales y procesos unitarios contenidos en el cada caso de estudio particular. De esta manera, solo es necesario buscar dichos materiales y procesos y asignarles el valor de proyecto. Automáticamente el programa procesa los datos introducidos y asigna valores en forma de flujos de emisiones, materiales y energía de entrada y de salida.

Esta labor se realiza en el apartado Inventario, sección procesos, donde se aprecia cómo se estructura.

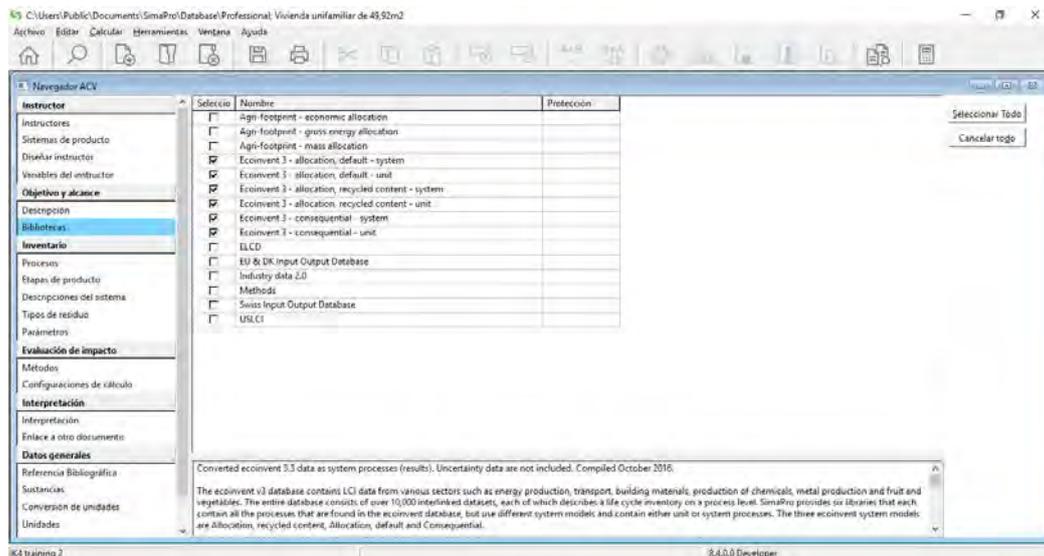


Imagen nº22. Contenido de la base de datos. Fuente: Simapro

La división que realiza la base de datos se basa en el tipo de proceso unitario que queremos estudiar: materiales, energía, transporte, transformaciones, uso, escenario de residuos y tratamiento de residuos. Además, cada una de ellas tiene una estructura en árbol donde las subdivisiones facilitan la búsqueda

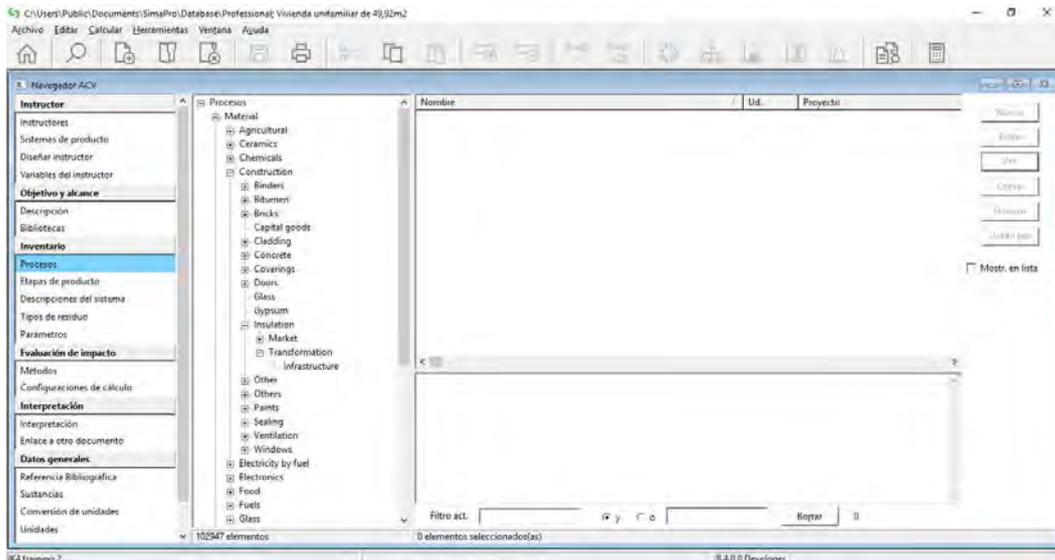


Imagen nº23. Estructura en árbol de las bases de datos contenidas en Simapro. Fuente: Simapro

Tras escoger el dato necesario, del que una breve explicación expone las características propias de cada uno de ellos, podemos extraer toda la información mediante la opción "ver" situada en el margen derecho. Esta opción nos permite adentrarnos en los metadatos (datos sobre datos) completamente desglosados sobre cada flujo de entrada y de salida que interviene en el impacto ambiental y en relación con su cantidad

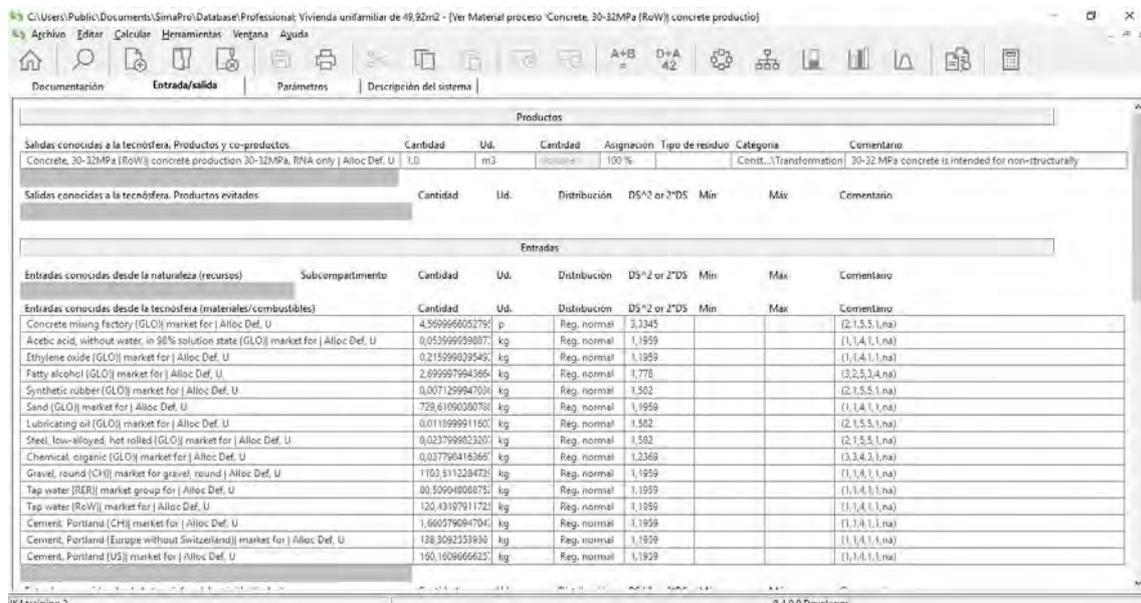


Imagen nº24. Metadatos de las entradas y salidas de un proceso unitario. Fuente: Simapro

### 3.6.4. METODOLOGÍA

Para comenzar a utilizar el software informático Simapro, es conveniente dividir la metodología empleada en tres pasos. Primero se trata de analizar el producto, a continuación se trata del uso y desecho y finalmente las conclusiones.

#### 3.6.4.1. ANALIZAR UN PRODUCTO

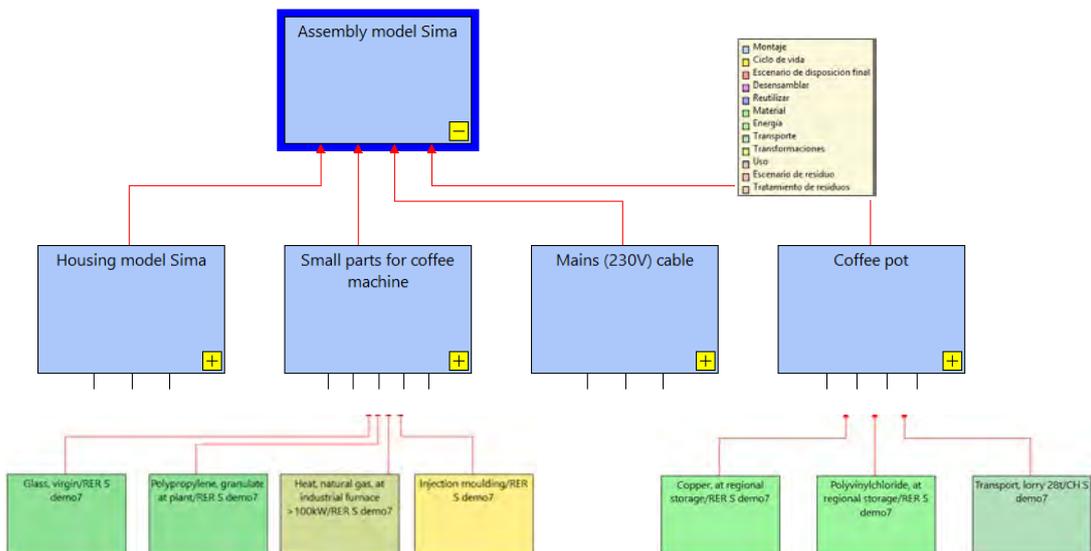
Para analizar un producto tenemos que saber el tipo de producto que vamos a analizar. Por ejemplo, y para que sea simple y fácil de entender, no se explicará el proceso de la vivienda caso de estudio por ser largo y complicado, sino que se utilizará un elemento sencillo como es una cafetera, obtenido del programa SimaPro. Esta cafetera está compuesta de múltiples piezas y materiales diferentes:

- La carcasa está hecha de polipropileno (PP)
- Alrededor de 15 piezas más pequeñas, principalmente de acero, plásticos y cobre (cables)
- Un cable de red (cobre y PVC) para obtener electricidad
- Un mango de polipropileno (PP).

Los productos se definen en un proceso llamado ensamblaje, en donde hay una lista de materiales y procesos de producción, así como procesos de transporte. Estos ensamblajes no contienen datos ambientales, por lo que hay que vincular mediante las bases de datos los procesos que contienen dichos datos.

Algunos ensamblajes como por ejemplo el cable se pueden definir en subconjuntos o ensamblajes más pequeños.

Para visualizar la estructura y el contenido de un ensamblaje se utiliza la función "proceso de red".



Esquema nº 7. Árbol de procesos de un ensamblaje. Fuente: Simapro 8

Una vez que se haya definido un conjunto de producto, SimaPro puede calcular inmediatamente los resultados del inventario (LCI). Esta es una lista de todas las extracciones y emisiones de materia prima que ocurren en la producción del ensamblaje y los materiales y procesos que lo vinculan.

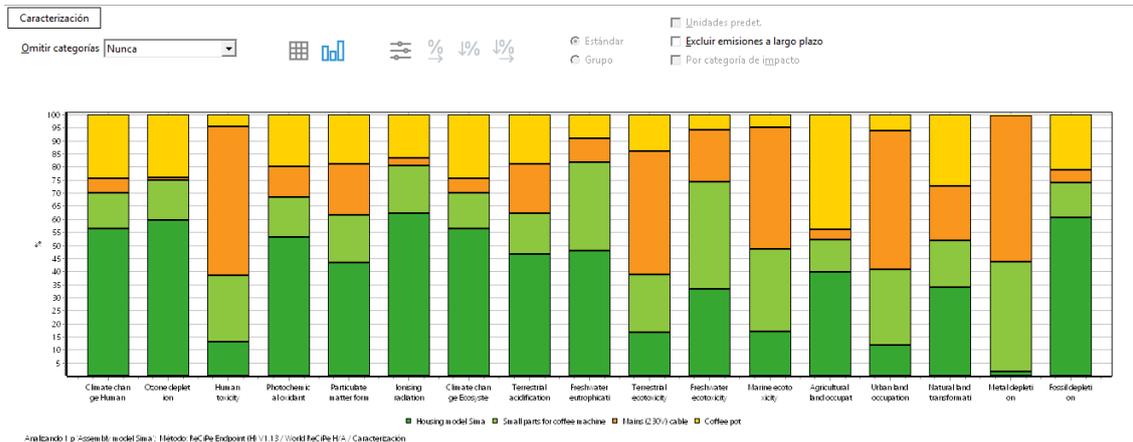
SimaPro puede especificar los resultados como una tabla o por compartimento, como emisiones en el aire o en el agua. La primera columna proporciona la cantidad total (acumulada) de todos los procesos. Las otras columnas especifican las contribuciones de los subconjuntos utilizados en el modelo de ensamblaje Sima.

Compartimento: **Materia prima** | Indicador: **Cantidad** | Valor de Corte: **0%** |  Unidades predet. |  Excluir emisiones a largo plazo |  Por subcompartimento |  Omitir no utilizados |  Estándar |  Grupo |  Por categoría de impacto

No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Housing model Sima	Small parts for coffee machine	Mains (230V) cable	Coffee pot
1	Aluminium	Crudo	g	151	150	0,626	0,572	0,502
2	Anhydrite	Crudo	mg	4,27	2,6	0,577	0,424	0,669
3	Barite	Crudo	g	1,84	0,857	0,209	0,0773	0,692
4	Basalt	Crudo	mg	837	187	226	287	138
5	Borax	Crudo	µg	167	127	10,2	9,71	19,9
6	Calcite	Crudo	g	173	33,8	37,3	18,4	84
7	Carbon dioxide, in air	Crudo	g	153	66,3	19,9	4,81	62
8	Chromium	Crudo	g	2,47	0,195	1,61	0,575	0,0888
9	Chrysotile	Crudo	µg	364	234	18,6	12,4	99,2
10	Cinnabar	Crudo	µg	33,5	21,5	1,71	1,14	9,12
11	Clay, bentonite	Crudo	g	1,93	0,237	1,55	0,0394	0,108
12	Clay, unspecified	Crudo	g	30,1	8,18	6,7	6,62	8,61
13	Coal, brown	Crudo	g	480	297	86	19	77,6
14	Coal, hard	Crudo	g	520	311	104	34,4	70,3
15	Cobalt	Crudo	µg	2,14	1,42	0,298	0,0904	0,337
16	Colemanite	Crudo	mg	1,33	0,741	0,182	0,0662	0,336
17	Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore	Crudo	g	3,66	0,0212	0,911	2,73	0,00405
18	Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore	Crudo	g	20,3	0,118	5,05	15,1	0,0224

Imagen nº 26. Flujos de entrada y de salida de materias primas. Fuente: Simapro 8.0

Aunque los resultados del inventario proporcionan la mayor cantidad de detalles, no es fácil interpretar estas largas listas de sustancias. La relevancia ambiental de cada extracción o emisión de materia prima no está clara. La norma ISO 14042 especifica una serie de procedimientos para la evaluación de impacto que se pueden utilizar para comprender mejor los resultados del inventario.



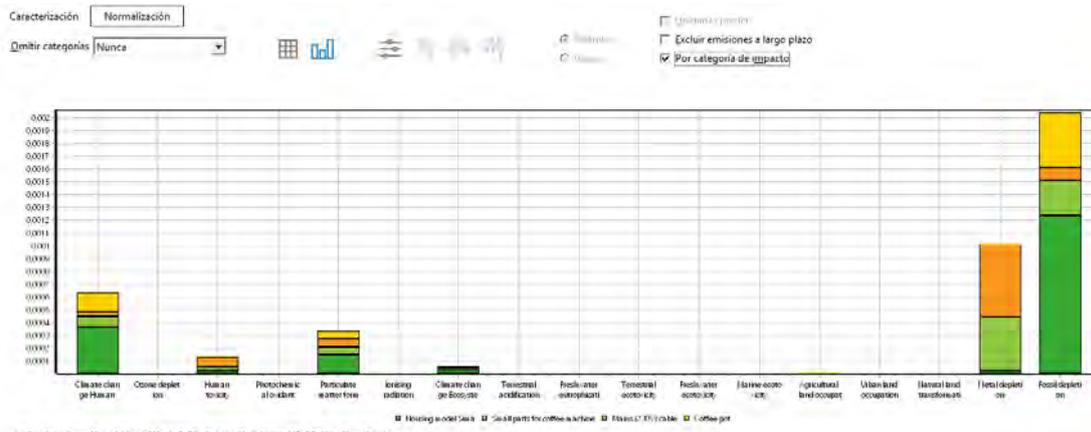
Gráfica nº 10. Resultados de categoría de impacto ambiental. Fuente: Simapro.

Estos se calculan a partir de los resultados del inventario. Este paso se llama caracterización en ACV, y es un paso obligatorio en la evaluación del impacto. En este ejemplo, usamos uno de los métodos que contiene Simapro y que se denomina ReCiPe Endpoint,. Todos los efectos son escalados al 100% y cada columna representa los impactos que surgen de diferentes subconjuntos en la etapa de producción de la cafetera.

## RESOLUCIÓN

Con todas las categorías de impacto escaladas al 100% (porque cada categoría puede tener una unidad diferente), aún no es fácil ver qué partes del ensamblaje tienen el mayor impacto ambiental general.

Cada barra en el gráfico podría representar el 100% de un impacto muy grande, o igualmente el 100% de un pequeño. Para una mejor imagen, necesitamos una escala de medida más útil. Este procedimiento se llama Normalización. La normalización es un paso opcional en la evaluación de impacto y se puede describir como un tipo de evaluación comparativa a efectos ambientales causados por una persona europea promedio en un año. Por lo tanto, los impactos ahora se comparan en una escala de equivalentes de habitantes. Esto proporciona mucha más información sobre el tamaño de los diversos efectos ambientales.

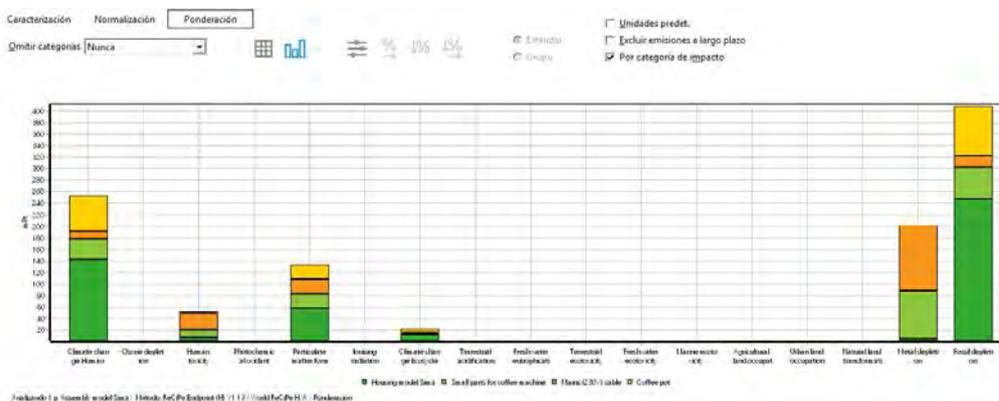


Gráfica nº 12. Procedimiento de Normalización. Fuente: Simapro 8

La normalización solo revela qué efectos son grandes o pequeños en términos relativos. No dice nada sobre la importancia relativa de estos efectos, por lo que, por ejemplo, no podemos saber en que medida el calentamiento global es malo en comparación con otras categorías de impacto.

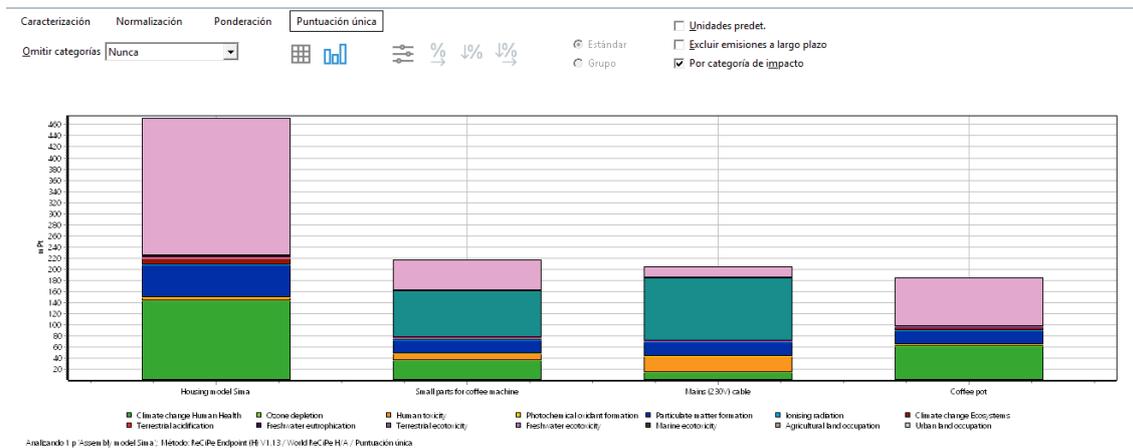
En este gráfico, se ha aplicado un factor de ponderación a cada uno de los resultados de normalización. Esto escala los resultados a un cierto nivel de seriedad. La ponderación es un paso subjetivo. De acuerdo con norma ISO 14042, la ponderación no se puede utilizar en el caso de las comparaciones públicas entre productos. Los valores de ponderación utilizados aquí son los valores predeterminados del método ReCiPe Endpoint (H). Algunos soportan la ponderación, otros no.

Todos los datos en los métodos de evaluación de impacto, incluidos los factores de ponderación, pueden ser copiados y editados.



Gráfica nº 13. Procedimiento de Ponderación. Fuente: Simapro 8

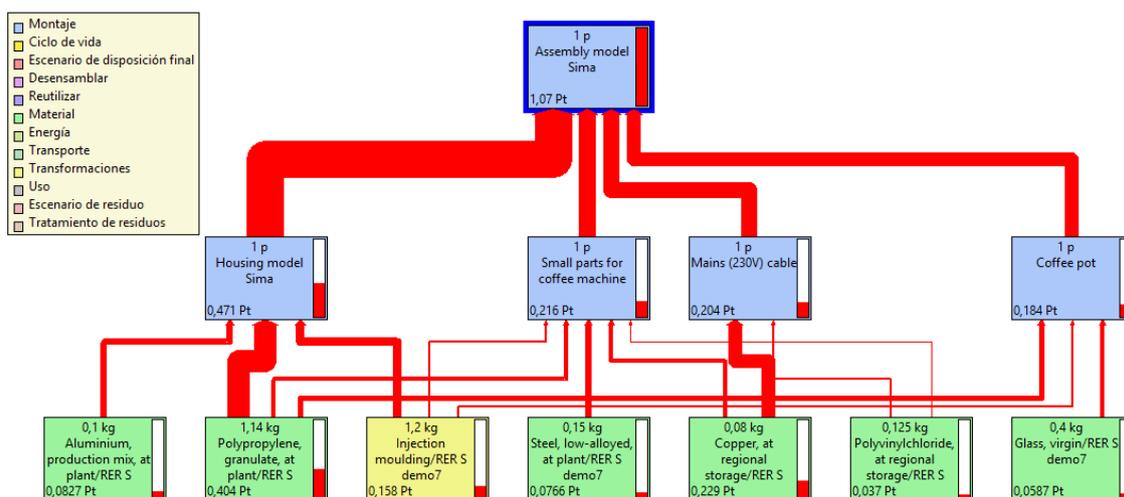
El software Simapro puede sumar todos los puntos ponderados para obtener un valor común de impacto único para cada subconjunto, material y proceso modelados en el ensamblaje. una barra para obtener una mayor especificación de los resultados. También puede mostrar los resultados como una tabla.



Gráfica nº 14. Procedimiento de Puntuación única. Fuente: Simapro 8

La representación de red del principio también puede mostrar sus resultados. Cada caja tiene un pequeño termómetro rojo que muestra la contribución de cada proceso al valor total. En este ejemplo, se muestran los puntajes de ReCiPe Endpoint (H). Pero, de hecho, puede mostrar cada resultado, como una categoría de impacto único como la acidificación o incluso una sola emisión, como el CO2.

Inicialmente, solo se presentan los procesos más importantes, ya que se utiliza un corte automático. No se muestran todos los procesos que contribuyen con menos del porcentaje deseado, que en este caso es de un 3,3%.



Esquema nº 8 Procedimiento de Red en árbol Fuente: Simapro 8

Tras ver cómo se define y analiza la fase de producción y ensamblaje de una cafetera, el siguiente paso es agregar una fase de uso y eliminación.

### 3.6.4.2. FASE DE USO Y ELIMINACIÓN

El software SimaPro utiliza la etapa del producto del ciclo de vida para almacenar esta información. Contiene:

- Una referencia al conjunto con la descripción de la producción.
- El uso de electricidad y el uso de filtros y embalajes.
- El escenario de los desechos.

Una característica es la posibilidad de definir ciclos de vida adicionales para productos como pilas o empaquetados. Estos productos auxiliares pueden tener métodos de producción completamente diferentes y escenarios de desecho.

Los escenarios de desechos describen la distribución de las corrientes de desechos sobre diferentes tratamientos de desechos y procesos, como el vertido, la incineración y el reciclaje. Estos escenarios son totalmente definibles .

Antes de proceder, es importante definir una unidad funcional. Por ejemplo, debemos saber con qué frecuencia y cuánto tiempo se utiliza la máquina. Por lo general, esto no se conoce exactamente, por lo que debe hacer algunas suposiciones, que más tarde se analizarán. Sobre los resultados.

El sentido común nos dice que la mayoría de los consumidores compran una cafetera con una potencia mayor a la estrictamente necesaria para estar preparado ante cualquier imprevisto. Esto significa que asumimos que la máquina se usa normalmente a media capacidad.

El sentido común también nos dice que es razonable predecir que la máquina se usa una o tres veces al día en una vivienda El tiempo de vida se estima en 5 años.

Es importante documentar todos estos supuestos en la sección Objetivo y alcance.

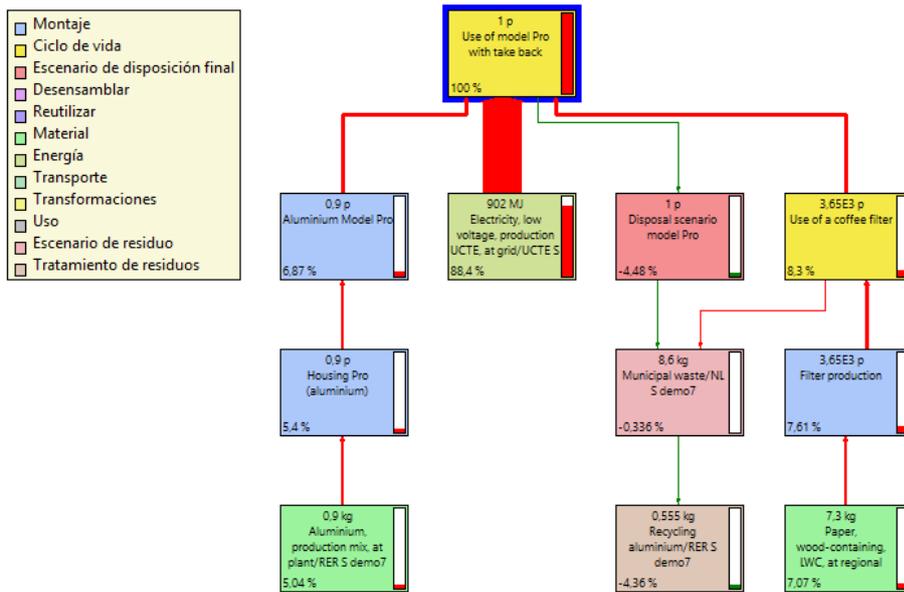
La siguiente ventana muestra la red de proceso para el ciclo de vida del modelo. El corte automático se establece en 0,86% y solo se muestran 13 de los 43 procesos.

Se pueden reconocer los conjuntos azules y algunos de los subconjuntos, que se conectan a un cuadro de ciclo de vida amarillo. La posibilidad de agregar ciclos de vida a otros ciclos de vida es una característica muy útil para modelar productos auxiliares como baterías, o recipientes.

La contribución relativa de las diferentes partes en el ciclo de vida también se puede mostrar en un gráfico. Está claro que la fase de uso es la más importante, aunque es posible seleccionar Caracterización, Normalización y Ponderación según se prefiera. Para una explicación adicional hay que analizar la etapa de producción.

Los ACV se usan a menudo para comparar productos. A continuación se cómo comparará el modelo antes utilizado con otro diferente, utilizando el método ReCipe Endpoint (H). Más tarde también puede probar comparaciones con otros métodos.

El nuevo modelo tiene la misma capacidad y tiempo de vida que el modelo anterior. Está equipado con una batería y su carcasa está hecha principalmente de aluminio en lugar de plástico.



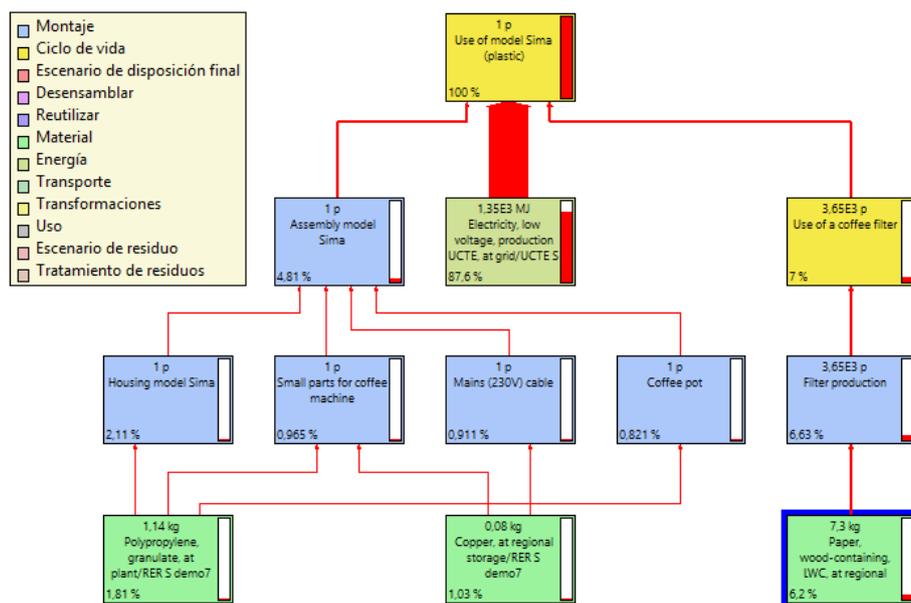
Esquema nº 9. Diferentes partes del ciclo de vida. Fuente: Simapro 8

Antes de que se publiquen tales comparaciones, se necesita una revisión de un tercero independiente y en la que no se puede utilizar el proceso de ponderación antes explicado.

Primero, es necesario hacer el análisis del ciclo de vida del nuevo modelo.

En el nuevo ciclo de vida también se realiza el escenario de eliminación (rojo), el escenario de desensamblaje (rosa) y el cuadro de reutilización (verde). En este ejemplo, se asume que el 50% de la cafetera se recicla después de su uso.

Ahora usamos los termómetros en el árbol para mostrar los puntajes del cambio climático, tal como se define en ReCiPe Endpoint (H). También es posible optar por mostrar otras categorías de impacto. Las y flechas del termómetro verde representan puntuaciones de daño negativas, causadas por el efecto beneficioso de la reutilización de los taladros recolectados.



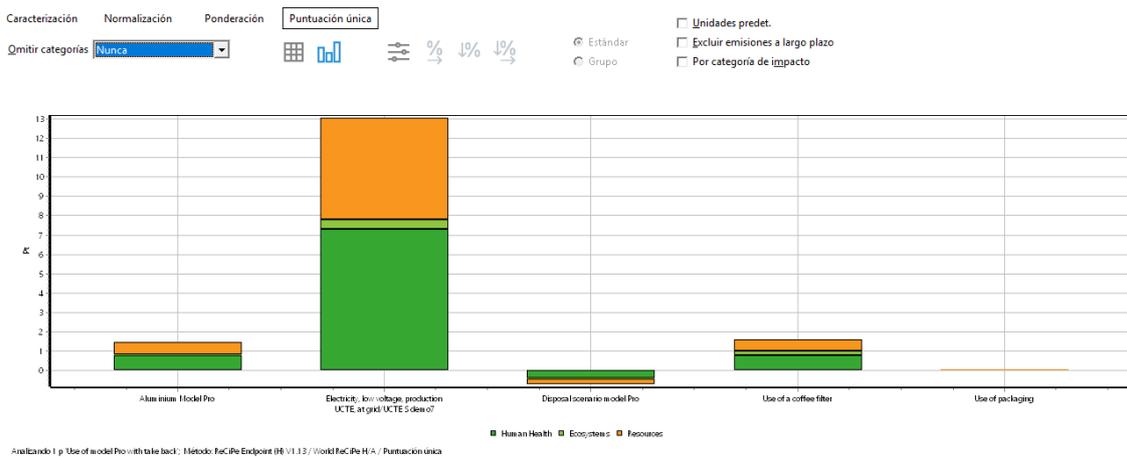
Esquema nº 10. Ciclo de vida del nuevo modelo. Fuente: Simapro 8

## RESOLUCIÓN

Para una mejor comprensión, se analiza conjuntamente los dos modelos y sus ciclos de vida. Inicialmente se ven valores de punto final único (IRC). También puede seleccionar valores de caracterización o normalización en la esquina superior izquierda.

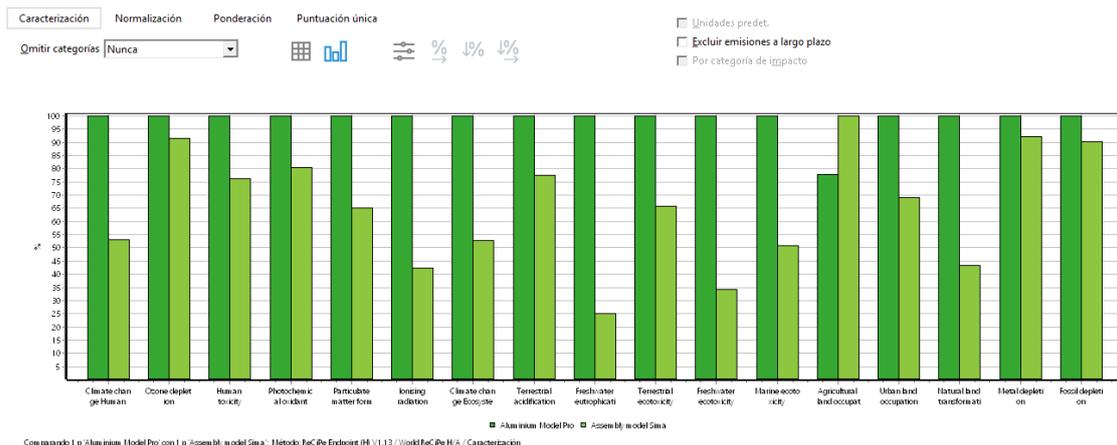
De nuevo, la fase de uso de la cafetera es predominante. Sin embargo, la fase de producción es más significativa que con el modelo anterior. Esto se debe a que la carcasa de aluminio del nuevo modelo tiene una mayor carga ambiental. Debido a la batería, el uso de electricidad del modelo nuevo es menor en la fase de uso.

Ahora, una comparación del modelo viejo (plástico) y el modelo nuevo (aluminio) en la etapa de producción se muestra utilizando el método ReCiPe Endpoint (H).



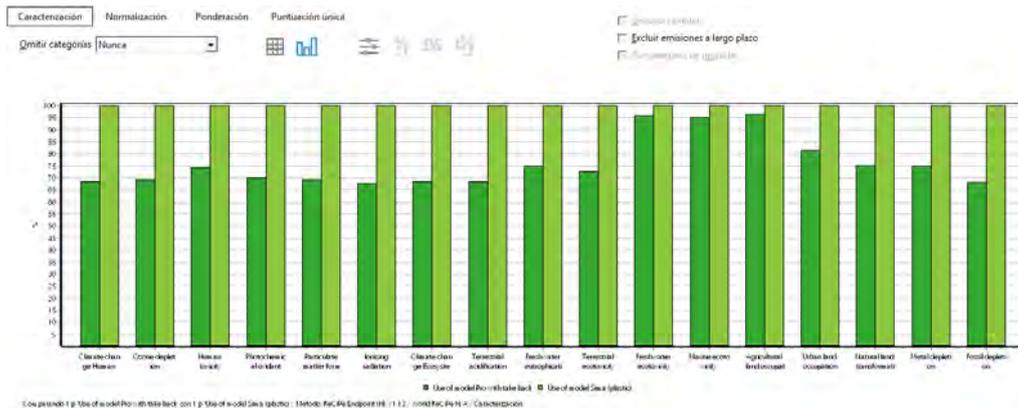
Gráfica nº 15. Comparación del ciclo de vida de ambos modelos. Fuente: Simapro 8

Como se aprecia, la fase de producción del modelo viejo tiene una carga ambiental menor en todas las categorías de impacto. Esto se debe a la carga ambiental relativamente alta para la producción de aluminio virgen en comparación con el polipropileno.



Gráfica nº 16. Comparación de ambos modelos. Fuente: Simapro 8

Una comparación de la etapa de producción solo da una imagen limitada. Es necesaria una comparación a lo largo de todo el ciclo de vida, incluido el uso y la eliminación. Ahora el modelo nuevo (aluminio) tiene una carga más baja, ya que esta máquina tiene una batería y el consumo de energía durante la fase de uso es un factor muy importante en la carga ambiental total.



Gráfica nº 17. Comparación completa de ambos modelos. Fuente: Simapro 8

3.6.4.3. CONCLUSIONES

En la etapa de producción, el modelo viejo tiene la carga ambiental más baja. Esto está directamente relacionado con la elección del material para la carcasa.

Durante el ciclo de vida, el modelo nuevo tiene la carga ambiental más baja. Esto se debe al uso de una batería que ahorra energía.

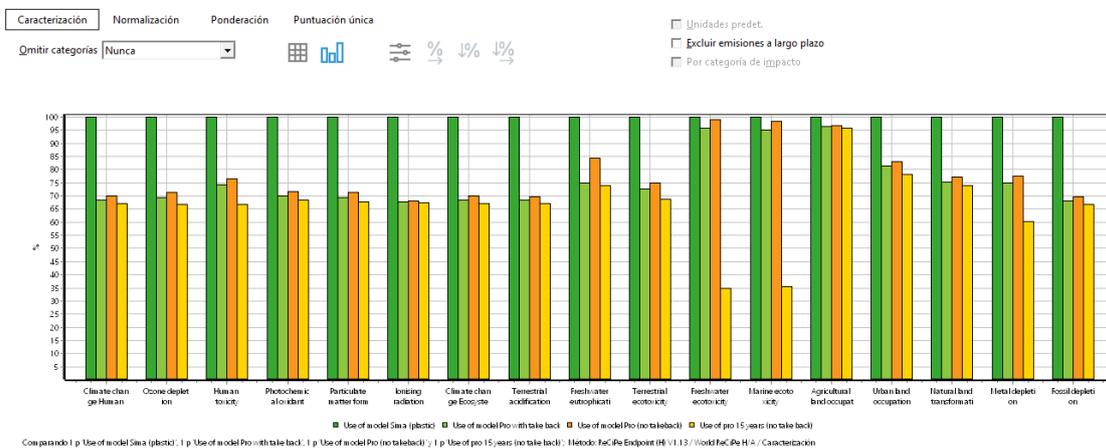
Desde una perspectiva de diseño ecológico, parece válida la hipótesis de que una cafetera con carcasa de plástico y una batería tienen la carga ambiental más baja. Sin embargo, esta hipótesis debe probarse para una serie de suposiciones:

Suponemos que ambas máquinas tienen vidas similares, aunque una carcasa de aluminio puede tener una vida útil más larga.

El uso de electricidad de la cafetera se basa en suposiciones inciertas.

El tiempo de vida del modelo nuevo se extiende a 15 años, mientras que todos los demás parámetros se mantienen constantes. Esto significa que solo 1/3 de la carga ambiental de producción, eliminación y embalaje se asignan a la unidad funcional, que abarca solo 5 años.

La conclusión es que la carga ambiental total se reduce significativamente en comparación con la del ciclo de vida básico. La extensión de por vida parece tener un efecto similar (o mejor) que la configuración de un sistema de devolución.



Gráfica nº 18. Comparación ambos ciclos de vida. Fuente: Simapro 8



## **4. CONCLUSIONES Y COMENTARIO PERSONAL**

### **4.1 CONCLUSIONES**

**85**

### **4.2. CRÍTICA PERSONAL**

**85**



## **4. CONCLUSIONES Y COMENTARIO PERSONAL**

### **4.1 CONCLUSIONES**

Los objetivos logrados tras realizar el ACV han sido claros.

1. La utilización del tablero CLT ha resultado ser la esperada, al originar un triple beneficio. Ha reducido significativamente los impactos ambientales de las fases del ciclo de vida en las que interviene. Además, es un producto de fácil valorización por lo que tras su vida útil genera un impacto ambiental positivo. Finalmente, al ser obtenido de bosques gestionados tiene la capacidad de ejercer de sumidero de carbono.

2. No solo ha sido importante la utilización de materiales sostenibles. La elección de una vivienda orientada a la sostenibilidad, donde prime un diseño responsable sin dimensiones excesivas, y que se acerque a las características de estándares medioambientales, a permitido no derrochar en materiales y residuos. De nada hubiera servido crear una vivienda que no respetase estos estándares.

3. Finalmente, aplicar la metodología del ACV a una vivienda ha sido idóneo, ya que ha permitido analizar prácticamente todos los aspectos intervinientes a lo largo del ciclo de vida. Solo así es posible sacar conclusiones y estrategias de mejora prácticamente en cada proceso unitario.

### **4.2. CRÍTICA PERSONAL**

Respecto a los aspectos más personales relacionados con la resolución de este TFG, se han cumplido extraordinariamente los objetivos de aprendizaje existente en este tipo de análisis, y la metodología específica se ha afrontado con ilusión y motivación. Los resultados obtenidos como conclusión han supuesto una satisfacción enorme fruto del esfuerzo y la horas invertidas en su investigación.



- AA., V. V. (2007). *Un Vitruvio ecológico: principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. (GUSTAVO GILI, Ed.), *Arquitectura y diseño ecológico* (2. ed.). Barcelona: Gustavo Gili.
- AENOR. (2012). *UNE-EN ISO 14040*. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia. (ISO 14040:2006). UNE, UNE-EN, UNE ISO y UNE-EN ISO. AENOR.
- AENOR. (2012). *UNE-EN 1912*. Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies. (EN 1912:2012). UNE, UNE-EN
- AENOR. (2018). *UNE-EN ISO 14044*. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices. (ISO 14044:2006). UNE, UNE-EN UNE ISO y UNE-EN ISO. AENOR.
- AFEC noticias. (2008). AFEC Boletín AFECnoticias número 55. Retrieved March 23, 2018, from <http://www.afec.es/es/afecnoticias055.asp?art=2>
- AFNOR. (2012). *NF EN 15978 Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method*. (British Standards Institution, Ed.). Londres: British Standards Institution.
- Álvarez, S. Sánchez, A. R., Olalla, A. R., Avilés, C., & López, M. (2015). *Conceptos básicos de la huella de carbono*. Madrid: AENOR.
- Álvarez García, V. (1999). *La Normalización industrial*. Tirant lo blanch.
- Antequera Baiget, J. (2005). *El potencial de la sostenibilidad de los asentamientos humanos*. (1. ed.). Barcelona.
- Baumann. Henrikke, T. A.-M. (2005). *The Hitch Hiker's Guide to LCA e An Orientation in Life Cycle Assessment Methodology and Application*. Chalmers University of technology, Centre for environment and sustainability (GMV) (Vol. 13). GÖTEBORG.
- Baylis, J., Smith, S. M., & Owens, P. (2007). *The globalization of world politics : an introduction to international relations*. (OUP Oxford, Ed.) (5. ed, Vol. 4th). Oxford: Oxford University Press.
- Blau, J. (2017). Why Solidarity? In S. I. Publishing (Ed.), *The Paris Agreement* (pp. 1–11). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-53541-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-53541-8_1)
- Brophy, V., & Lewis, J. O. (2011). *a Green Vitruvius, Principles and Practice of Sustainable Architectural Design*. Earthscan. <https://doi.org/10.4324/9781849776929>
- Burck, J. Marten, F. Bals, C. Höhne, N. Frisch, C. Clement, N. & Szu-Chi, K. (2017). The Climate Change Performance Index Results. 2018, 13.
- CEN. (2018). Comité Europeo de Normalización.
- Curran, M. A. (2012). *Life Cycle Assessment Handbook: A Guide for Environmentally Sustainable Products*. (M. A. Curran, Ed.) (1. ed.). New Jersey: Wiley.
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2009). *DOUE. Diario Oficial de la Unión Europea*. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/oj/direct-access.html?locale=es>
- Dixit, M. K. Fernández-Solís, J. L., Lavy, S., & Culp, C. H. (2010). Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. *Energy and Buildings*, 42(8), 1238–1247. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.02.016>

Doménech Quesada, J. L., & Asociación Española de Normalización y Certificación. (2007). *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. (AENOR Ediciones, Ed.). Madrid: AENOR.

Dopazo Fraguío, P. (2001). *El régimen jurídico de las marcas de calidad ambiental: etiqueta ecológica y tutela ambiental*. Madrid: Exlibris Ediciones.

Duarte, C. M. (2011). *Cambio climático* (1. ed.). Madrid: LA CATARATA.

efeverde. (2016). España ratifica el Acuerdo de París de lucha contra el cambio climático. Retrieved March 23, 2018, from <https://www.efeverde.com/noticias/acuerdo-paris-espana-cambio-climatico/>

Eisenberg, L. (2011). *The Human Nature of Unsustainability. Science, New Series* (Vol. 176).

European Union. (2016). *Construction and Demolition Waste (CDW)*. Bruselas. Retrieved from [http://ec.europa.eu/environment/waste/construction\\_demolition.htm](http://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm)

EUROSTAT. (2017). Estadísticas sobre residuos. Retrieved March 23, 2018, from [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste\\_statistics/es](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics/es)

Figuroa Clemente, M. E., & Universidad de Sevilla, S. de P. (2007). *Los sumideros naturales de CO<sub>2</sub>: una estrategia sostenible entre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto desde las perspectivas urbana y territorial. Universidad de Sevilla* (1a. ed., Vol. 77). [Sevilla] ;[Brenes (Sevilla)]: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones.

García Esteban, L. (2003). *La madera y su anatomía: anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular*. (S.A. MUNDI-PRENSA LIBROS, Ed.) (1. ed.) Madrid: S.A. MUNDI-PRENSA LIBROS.

García Esteban, L. (2004). *Especies de maderas para construcción, carpintería y mobiliario* (2ª reedici). Madrid: Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho. AITIM.

Godelier, M. (1976). *Antropología y biología: hacia una nueva cooperación*. (Anagrama, Ed.) (Primera). Barcelona: Anagrama.

Gordon Amais, J. E. A.-G. G. (2002). *La Nueva Ciencia de los Materiales*. Celeste Ediciones.

Guinée, J. B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., ... Rydberg, T. (2011). Life cycle assessment: Past, present, and future. *Environmental Science and Technology*, 45(1), 90–96. <https://doi.org/10.1021/es101316v>

Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Nazarenko, L., Lacis, A., Schmidt, G. A., ... Zhang, S. (2005). Efficacy of climate forcings. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, 110(18), 1–45. <https://doi.org/10.1029/2005JD005776>

Hastings, S. R. (2001). Sustainable Solar Housing. *Buildings*, (June), 1–7. <https://doi.org/10.4324/9781849772815>

IAIA, I. A. for I. A. (1999). Principios de la mejor práctica para la evaluación de impacto ambiental. *ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS*

Institute for Energy Diversification and Saving - IDAE. (2016). Project Sech-Spahousec, Analysis of the Energetic Consumption of the Residential Sector in Spain (Proyecto Sech-Spahousec, Análisis del consumo energético del sector residencial en España). *Idae*, 76.

- Instituto Nacional de Estadística. (2015). *Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua*. Madrid.
- IPCC. (1995). *Climate Change 1995: A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Second Assessment*, 63.
- Jaquenod de Zsögön, S. (2005). *Derecho ambiental* (2. ed.). DYKINSON.
- Kohler, N. König, H. Kreissig, J. & Lützkendorf, T. (2010). *A life cycle approach to buildings: Principles - Calculations - Design tools*. (D. G. Books, Ed.) (1. ed.). München: DETAIL - Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG.
- Köhler, P., Bintanja, R., Fischer, H., Joos, F., Knutti, R., Lohmann, G., & Masson-Delmotte, V. (2010). What caused Earth's temperature variations during the last 800,000 years? Data-based evidence on radiative forcing and constraints on climate sensitivity. *Quaternary Science Reviews*, 29(1–2), 129–145.
- La extracción de materias primas se triplicó en 40 años, según el PNUMA | Noticias ONU. (2016, July 20). *Noticias ONU*. Retrieved from <https://news.un.org/es/story/2016/07/1361141>
- Lavola. (2018). Análisis Del Ciclo De Vida. Retrieved March 27, 2018, from <https://www.lavola.com/es/2018/01/18/iso-140012015-del-enfoque-al-analisis-de-ciclo-de-vida-en-las-organizaciones/>
- Madrid, A. (2016). *El cambio climático y el Acuerdo de París : con el texto completo y comentado del Acuerdo de París*. (E. A. M. VICENTE, Ed.) (1. ed.). Madrid: Madrid Vicente.
- MAPAMA. (2018). Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera. *Ministerio de Agricultura Y Pesca, Alimentación Y Medio Ambiente, Informe de Resumen*. Retrieved from [http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumeninventariogei\\_tcm30-444543.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumeninventariogei_tcm30-444543.pdf)
- Meadows, D. H., Randers, J., Meadows, D. L., & Pawlowsky, S. (2006). *Los límites del crecimiento : 30 años después*. (S. L. . E. Galaxia Gutenberg, Ed.) (Primera). Barcelona: Galaxia Gutenberg.
- Mears, C. A., & Wentz, F. J. (2017). A satellite-derived lower tropospheric atmospheric temperature dataset using an optimized adjustment for diurnal effects. *Journal of Climate*, 30(19), 7695–7718.
- Mercader-Moyano, P., & Ramírez-de-Arellano-Agudo, A. (2013). Selective classification and quantification model of waste from material resources consumed in residential building construction. *Waste Management & Research*, 31(5), 458–474. 9
- Miguel Perales, C. de. (2009). *Derecho español del medio ambiente*. (EDICIONES CIVITAS S.L., Ed.) (3a. ed.). Madrid: Thomson Reuters-Civitas.
- Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. (n.d.). ¿Qué es el cambio climático y cómo nos afecta? Retrieved March 24, 2018, from <http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/>
- MYTTING, L. (2017). *El libro de la madera Noruega: picado, apilado y secado de madera a la manera escandinava*. Madrid: ALFAGUARA.
- Naciones Unidas. (1998). Protocolo de Kioto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, 25.

- Nederhoff, E. (2009). Transport Energy and CO<sub>2</sub> : Moving towards Sustainability - Books - OECD iLibrary. *Energy*, 1–414. <https://doi.org/10.1787/9789264073173-en>
- Núñez Fernández, E. (2007). *Archivos y normas ISO* (1. ed). Ediciones Trea.
- Oberthür, S., & Ott, H. E. (1999). *The Kyoto Protocol: International Climate Policy for the 21st Century*. Berlin: Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. KG.
- Omar Asem. Samira; Y. Roy. Waaleed. (2010). Biodiversity and climate change in Kuwait. In *International Journal of Climate Change Strategies and Management* (1. ed. Vol. 2, p. pp.68-83). Bradford: Emerald Group Publishing Limited.
- Peraza Sánchez, J. E., & Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el corcho. (2014). *Guía de la madera*. (1. ed.). Madrid: AITIM.
- Peraza Sánchez, J. E., & Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho. (2014). *Guía de la madera. II, Construcción y estructuras*. Madrid: AITIM.
- Prieto, M. J. (2011). *Sistemas de gestión ambiental*. Madrid: AENOR.
- Proistosescu, C., & Huybers, P. J. (2017). Slow climate mode reconciles historical and model-based estimates of climate sensitivity. *Science Advances*.
- Project Management Institute. (2013). *Project Management Body of Knowledge A Guide to the Project Management Body of Knowledge - Fifth edition*. (Project Management Institute, Ed.), *Project Management Journal* (5ª. ed. Vol. 36). Project Management Institute.
- Protocolo De Kioto. Marco, C. (2000). Protocolo de Kioto.
- RAE. (2001). *Diccionario de la Lengua Española* (Veintidós). Madrid: Real Academia Española.
- Raftery, A. E., Zimmer, A., Frierson, D. M. W., Startz, R., & Liu, P. (2017). Less than 2 ° warming by 2100 unlikely. *Nature Climate Change*, 7(9), 637–641. <https://doi.org/10.1038/nclimate3352>
- Real Academia Española. (2017). *Real Academia Española. Diccionario Usual. Edición del Tricentenario*.
- Real Academia Española (RAE). (2005). *Diccionario panhispánico de dudas. 1.ª edición, 2.ª tirada* (Primera). Madrid.
- Rodríguez Carrión, A. J., & Salinas de Frías, A. (2007). *Bases de derecho comunitario europeo*. (S. de P. de la U. de M. UMA, Ed.) (1. ed.). Málaga: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de la Universidad de Málaga.
- Rodríguez Ruiz, J. (2012). *Auditoría ambiental*. Madrid: UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA.
- Salawitch, R. J., Canty, T. P., Hope, A. P., Tribett, W. R., & Bennett, B. F. (2017). *Paris Climate Agreement: Beacon of Hope* (First). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46939-3>
- Vale, B., & Vale, R. J. D. (2000). *The new autonomous house: design and planning for sustainability*. (T. & Hudson, Ed.) (1. ed.) Wellington: Library Jo.
- Vitruvius Pollio. (1914). The Ten Books on Architecture. *The Architecture Reader Essential Writings from Vitruvius to the Present, BOOK X-C*, 331 p. <https://doi.org/10.2307/295829>

Walker, A. (2007). *ENCICLOPEDIA DE LA MADERA. 150 TIPOS DE MADERA DEL MUNDO*. (Blume, Ed.) (1. ed.). Barcelona: Blume.

William F. Ruddiman, & Ruddiman, W. F. (2008). *Los tres jinetes del cambio climático*. (Turner, Ed.) (1. ed.). Madrid: Turner.

Williams, A., & Martin, G. H. (Geoffrey H. (2003). *Doomesday book : a complete translation*. London: Penguin Books.

Xu, J. Wang, G. & Zhang, B. (2007). Climate change comparison between Arctic and other areas in the Northern Hemisphere since the last Interstade. *Journal of Geographical Sciences*, 17(1), 43–50.



## **6. ANEJOS**

<b>6.1. HOJAS DE RECOPIACIÓN DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA</b>	<b>95</b>
6.1.1. CUADRO DE MATERIALES Y PRODUCTOS	95
6.1.2. CUADRO DE CONSUMOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN	101
6.1.3. CUADRO DE RCD GENERADOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN	102
6.1.4. CUADRO DE CONSUMOS EN LA FASE DE USO	103
6.1.5. CUADRO DE MANTENIMIENTO EN LA FASE DE USO	104
6.1.6. CUADRO DE CONSUMOS EN LA FASE DE DEMOLICIÓN	105
6.1.7. CUADRO DE RCD GENERADOS EN LA FASE DE DEMOLICIÓN	106
6.1.8. CUADRO DE TRANSPORTE DURANTE LA EXTRACCIÓN,PRODUCCIÓN Y CONSTRUCCIÓN	107
6.1.9. CUADRO DE TRANSPORTES DURANTE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RCD	114
<b>6.2. HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA</b>	<b>115</b>
<b>6.3. PLANOS</b>	<b>121</b>



## 6.1. HOJAS DE RECOPIACIÓN DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA

## 6.1.1. CUADRO DE MATERIALES Y PRODUCTOS

ELEMENTOS Y MATERIALES INTERVINIENTES EN LA VIVIENDA					
ELEMENTO		VALOR	Ud	VALOR Simapro	Ud Simapro
CERRAMIENTO EXTERIOR	Rastrel de madera pino radiata de 38 x 58 cm <sup>2</sup>	6,18	m <sup>3</sup>	3.090	kg
	Rastrel de madera pino radiata de 28 x 38 cm <sup>2</sup>	5,29	m <sup>3</sup>	2.645	kg
	Tablero CLT de pino radiata de e= 10 cm	10,59	m <sup>3</sup>	5.295	kg
	Banda de caucho EPDM extruido de e= 5mm	9,97	m	0,07	kg
	Tratamiento superficial hidrofugante	1,38	l	1,12	kg
	Adhesivo de poliuretano para tablero CLT	-	-	3,39	kg
	Lamas exteriores de madera de roble de 35 x 90 mm	900,06	m	1.927,93	kg
	Aislante de fibra de madera de e= 5 cm	92,70	m <sup>2</sup>	4,64	kg
	Aislante de fibra de madera de e= 5 cm	92,70	m <sup>2</sup>	4,64	kg
	Aislante de fibra de madera de e= 8 cm	92,70	m <sup>2</sup>	4,64	kg
	Placa de cartón yeso de e= 1,25	162,08	m <sup>2</sup>	2,99,86	kg
	Pasta de yeso de construcción YF	38,59	Kg	38,59	Kg
	Cinta de juntas de papel kraft	61,74	m	0,49	kg
	Tornillería autoperforante de cabeza ancha, de acero zincado con revestimiento de cromo	1324,3 5	ud	13,24	kg
	Escuadras de acero galvanizado	88,29	ud	0,89 kg	kg
	Espiga especial para madera de polipropileno $\varnothing= 6\text{mm}$	971,19	ud	26,22	kg
	Lámina delta Fassade	97,12	m <sup>2</sup>	26,22	kg
	Rodapié de madera de pino radiata	25,70	m	0,27	kg
	Espuma de poliuretano	0,49	l	0,59	kg
	Lasur en base acuosa	59,28	l	61,65	kg
TABIQUERÍA	Rastrel de madera pino radiata de 38 x 58 cm <sup>2</sup>	4,94	m <sup>3</sup>	2.470	kg
	Tablero CLT de pino radiata de e= 10 cm	81,13	m <sup>2</sup>	4.056,50	kg
	Banda de caucho EPDM extruido de e= 5mm	24,69	m	0,17	kg
	Tratamiento superficial hidrofugante	1,87	l	1,51	kg
	Adhesivo de poliuretano para tablero CLT	22,58	kg	22,58	kg
	Placa de cartón yeso de e= 1,25	74,08	m <sup>2</sup>	674,13	kg
	Pasta de yeso de construcción YF	141,1	kg	141,1	kg
	Cinta de juntas de papel kraft	112,88	m	0,90	kg
	Tornillería autoperforante de acero zincado y cromo	776,05	ud	7,76	kg
	Escuadras de acero galvanizado	70,55	ud	0,71	kg
	Rodapié de madera de pino radiata	29,63	m	16,30	kg
	Espuma de poliuretano	0,56	l	0,67	kg
	Lasur en base acuosa	2,82	l	2,93	kg
	ACABADOS	Tarima de madera laminada de roble de 16 mm	32,39	m <sup>2</sup>	363,28
Adhesivo de cemento cola convencional A1		1,31	m <sup>3</sup>	491,91	kg
Baldosa cerámica de gres de 25 x 25 mm <sup>2</sup>		8,70	m <sup>2</sup>	156,60	kg
Azulejo cerámico de 15 x 20 cm		35,54	m <sup>2</sup>	355,40	kg
Lechada de cemento blanco BL 22,5 X		43,48	m <sup>3</sup>	15,22	kg
Pintura de base acuosa		16,50	l	23,10	kg
Imprimación adherente y selladora		16,50	l	23,10	kg
Lasur en base acuosa		20,67	l	21,50	kg
CIMENTACIÓN	Adhesivo de caucho sintético	74,88	l	111,57	kg
	Film de polietileno de 0,2 mm de espesor	54,91	m <sup>2</sup>	2,20	kg
	Cinta autoadhesiva de juntas de 5 mm	12,48	m	0,07	kg
	Encofrado perdido de polipropileno tipo cavity	132,7	ud	199,00	kg
	Aislante de XPS = 90 cm	52,42	m <sup>2</sup>	1.509,70	kg
	Hormigón armado HA-25/B/12/IIIa	7,49	m <sup>3</sup>	17.976,0	kg
	Acero corrugado B 500 S de diverso diámetro	-	-	249,60	kg

CIMENTACIÓN	Alambre galvanizado para atar, 1.30 mm de Ø	-	-	1,00	kg
	Malla electrosoldada acero B 500 T ME 15x15 Ø 5-5 B500 T 6x2,20	54,91	m <sup>2</sup>	106,53	kg
	Separador homologado de H.A	49,92	ud	19,96	kg
	Hormigón de limpieza HL-150/B/20	5,49	m <sup>3</sup>	7.137	kg
	Mortero tixotrópico monocomponente	-	-	8,54	kg
	Imprimación monocomponente a base de elastómeros	-	-	17,09	kg
	Lámina bituminosa autoadhesiva de e= 1mm	28,48	m <sup>2</sup>	85,44	kg
	Tornillería de cero zincado con revestimiento de cromo	142,40	ud	1,42	kg
	Banda de caucho EPDM de 100 mm de anchura	1,00	m	1,2	kg
CARPINTERÍA INTERIOR	Prearco de madera de pino radiata de 80 x 35 mm <sup>2</sup>	11,80	m	16,52	kg
	Sobremarco de madera de pino de pino radiata	11,80	m	16,52	kg
	Hoja de madera maciza	0,24	m <sup>3</sup>	120	kg
	Tapajuntas de madera	41,60	ud	14,56	kg
	Espuma de poliuretano	0,23	l	0,28	kg
	Tornillería de acero galvanizado	72	ud	0,72	kg
	Herrajes de colgar de acero inoxidable	-	-	19,64	kg
	Herraje de seguridad de acero inoxidable	-	-	10,00	kg
	Lasur en base acuosa	1,48	l	1,54	kg
CUBIERTA	Bandeja de zinc titanio a junta alzada e =0,8 mm	53,41	m <sup>2</sup>	307,64	kg
	Lámina de PEAD con nódulos e=1mm	54,91	m <sup>2</sup>	52,16	kg
	Aislamiento de fibra de madera de e= 5 cm	52,42	m <sup>2</sup>	707,67	kg
	Aislamiento de fibra de madera de e= 5 cm	52,42	m <sup>2</sup>	707,67	kg
	Aislamiento de poliestireno extruido de e= 80 cm	127,70	m <sup>2</sup>	3.269,12	kg
	Banda de caucho EPDM de 100 mm de anchura	12,48	M	1,25	kg
	Film de polietileno de 0,2 mm de espesor	54,91	m <sup>2</sup>	2,20	kg
	Imprimación monocomponente a base de elastómeros	-	-	29,95	kg
	Rastrel de madera de 38 x 58 cm <sup>2</sup>	3,49	m <sup>3</sup>	1.745	kg
	Tablero CLT de pino radiata de e= 10 cm	57,41	m <sup>3</sup>	28.705	kg
	Placa de cartón yeso de e= 1,25	52,42	m <sup>2</sup>	477,02	kg
	Pasta de yeso de construcción YF	24,96	kg		kg
	Cinta de juntas de papel kraft	79,87	m	0,64	kg
	Tornillería autoperforante de cabeza ancha, de acero zincado con revestimiento de cromo	599,04	ud	0,59	kg
	Lasur en base acuosa	33,45	l	34,79	kg
Listón de madera de pino radiata de 30 x 30 cm <sup>2</sup>	3,49	m <sup>3</sup>	1.745	kg	
CARPINTERÍA EXTERIOR	Vidrio templado laminado	-	-	576,30	kg
	Marco de tablero CLT de madera pino radiara	0,60	m <sup>3</sup>	300	kg
	Prearco de madera pino radiata	0,30	m <sup>3</sup>	150	kg
	Bastidores de madera CLT	0,66	m <sup>3</sup>	330	kg
	Sellante EPDM (bastidor-vidrio)	-	-	8,46	kg
	Burlete de caucho sintético	-	-	5,04	kg
	Sellante EPDM (interior de vidrios)	-	-	9,00	kg
	Tamiz molecular deshidratante	-	-	9,00	kg
	Herrajes de colgar de acero inoxidable	-	-	166,80	kg
	Herraje de seguridad de acero inoxidable	-	-	30,66	kg
	Espuma de poliuretano de densidad 30 kg/m <sup>2</sup>	0,31	l	0,37	kg
	Jambas y vierteaguas de madera de 4 x 25 cm	17,01	m	85,05	kg
	Adhesivo de caucho sintético	-	-	13,92	kg
	Tornillería de acero galvanizado	72,00	u	0,72	kg
	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	4,451	m <sup>3</sup>	6.676,50	Kg
	Ladrillo cerámico macizo de 25x12x5 cm	310,00	Ud	806,00	Kg
	Agua.	0,102	m <sup>3</sup>	102,00	Kg
	Mortero industrial para albañilería, de, categoría M-5	0,460	t	460,00	Kg

SANEAMIENTO	Mortero industrial para albañilería, de cemento, con aditivo hidrófugo, categoría M-15	0,104	t	104,00	Kg
	Hormigón HM-20/P/20/I	1,123	m <sup>3</sup>	2.246,00	Kg
	Hormigón HM-30/B/20/I+Qb, con cemento SR.	0,324	m <sup>3</sup>	972,00	Kg
	Tapa de hormigón armado prefabricada, 60x60x5 cm.	2,000	Ud	90,00	Kg
	Codo 87°30' de PVC liso, D=125 mm.	2,000	Ud	6,48	Kg
	Sumidero sifónico de PVC, de salida vertical de 75 mm de diámetro, con rejilla de PVC de 200x200 mm.	1,000	Ud	0,40	Kg
	Tubo de PVC liso, serie SN-4, de 125 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor	14,931	m	107,50	Kg
	Líquido limpiador para pegado mediante adhesivo de tubos y accesorios de PVC.	4,011	l	5,17	Kg
	Adhesivo para tubos y accesorios de PVC.	2,626	l	3,95	Kg
	Material auxiliar para saneamiento.	1,000	Ud	1,25	Kg
	Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías de PVC	51,40	Ud	2,57	Kg
	Junta de neopreno	2,000	Ud	0,01	Kg
	Toma de desagüe para electrodoméstico, de PVC, de 40 mm de diámetro.	2,000	Ud	0,45	kg
	Tubo de PVC, serie B, de 40 mm de diámetro y 3 mm de espesor	15,050	m	30,59	kg
	Tubo de PVC, serie B, de 90 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	3,250	m	13,49	Kg
	Tubo de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	2,125	m	9,14	Kg
	Tubo de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	6,900	m	29,67	Kg
	Tubo de PVC, serie B, de 125 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	3,250	m	14,30	Kg
	Tubo de PVC, serie B, de 125 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	37,800	m	230,62	Kg
	CALEFACCIÓN	Coquilla de caucho sintético, de 16 mm de diámetro interior y 22,0 mm de espesor	81,040	m	4
Adhesivo para coquilla elastomérica.		2,026	l	0,01	Kg
Tubo de polietileno reticulado (PE-X), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor		81,040	m	2.026,00	Kg
Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías		81,040	Ud	0,83	Kg
Caldera mural mixta eléctrica para calefacción y A.C.S., potencia de 4,5 kW		1,000	Ud	32,00	Kg
Accesorios para radiador de aluminio		64,000	Ud	3,00 kg	Kg
Ladrillo cerámico hueco, para revestir, 24x15x12 cm		140,000	Ud	812,00	Kg
VENTILACIÓN	Agua.	0,052	m <sup>3</sup>	0,01	Kg
	Mortero industrial para albañilería, de cemento, categoría M-5	-	-	258	Kg
	Tubo de aluminio natural flexible, de 110 mm de diámetro	3,000	m	6,60	Kg
	Aspirador giratorio, de aluminio, para conducto de salida de 250 mm de diámetro exterior	1,000	Ud	1,20	Kg
	Tubo de chapa de acero galvanizado, de 100 mm de diámetro y 0,6 mm de espesor de chapa	4,770	m	17,70	Kg
	Tubo de chapa de acero galvanizado, de 100 mm de diámetro y 0,5 mm de espesor	4,770	m	47,70	Kg

VENTILACIÓN	Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías de PVC	9,54	Ud	9,54	Kg
	Aireador de admisión, de aluminio lacado, de 1200x80x12 mm	3,000	Ud	0,21	Kg
	Filtro antipolución tipo S30	3,000	Ud	0,06	Kg
	Aireador de paso, de aluminio, de 725x20x82 mm 700 mm de profundidad y 80 mm de anchura	2,000	Ud	0,14	kg
	Silenciador acústico de espuma de resina de melamina	2,000	Ud	0,10	Kg
	Boca de extracción, de chapa galvanizada lacada, de 125 mm de D. de conexión y 165 mm de D. exterior	2,000	Ud	2,40	Kg
	Material de fijación para conductos de ventilación.	1,000	Ud	0,01	Kg
	Extractor estático mecánico, de 153 mm de diámetro y 415 mm de altura	1,000	Ud	4,60	Kg
	Extractor de cocina, de dimensiones 218x127x304 mm	1,000	Ud	3,10	Kg
	Accesorios tales como Interruptores, conmutadores, pulsadores, zumbadores, bases de enchufe,	374,000	Ud	14,96	Kg
ELECTRICIDAD	Tubo curvable de PVC corrugado, de 16 mm de diámetro nominal	109,560	m	115,04	Kg
	Tubo curvable de PVC corrugado, de 20 mm de diámetro nominal	133,630	m	140,31	Kg
	Tubo curvable de PVC corrugado, de 25 mm de diámetro nominal	37,350	m	39,22	Kg
	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared, de 40 mm de diámetro nominal	8,300	m	9,13	Kg
	Tubo rígido de PVC, roscable, curvable en caliente, de 32 mm de diámetro nominal	13,620	m	14,01	Kg
	Caja de empotrar universal, enlace por los 2 lados	39,000	Ud	3,90	Kg
	Caja de empotrar universal, enlace por los 4 lados	17,000	Ud	1,70	Kg
	Caja de empotrar para toma de 25 A (especial para toma de corriente en cocinas)	1,000	Ud	0,10	Kg
	Caja de derivación para empotrar de 105x105 mm	7,000	Ud	16,03	Kg
	Caja de derivación para empotrar de 105x165 mm	3,000	Ud	6,87	Kg
	Interruptor general automático (IGA)	1,000	Ud	0,51	Kg
	Interruptor automático magnetotérmico	8,000	Ud	4,48	Kg
	Interruptor diferencial instantáneo,	3,000	Ud	1,68	Kg
	Caja empotrable con puerta, para interruptor de control de potencia (ICP) de ABS autoextinguible	1,000	Ud	4,00	Kg
	Caja de protección y medida	1,000	Ud	4,28	Kg
	Tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor	4,000	m	4,80	Kg
	Cable unipolar de cobre clase 5 (-K) de 10 mm <sup>2</sup> de sección	40,860	m	0,01	Kg
	Aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos	40,860	m	1,43	Kg
	Cable unipolar de cobre clase 5 (-K) de varias secciones	1.014,00	m	35,49	Kg
	Conductor de cobre de 1,5 mm <sup>2</sup> de sección, para hilo de mando	13,620	m	0,48	Kg
	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm <sup>2</sup> .	43,000	m	1,51	Kg
	Conductor rígido unipolar de cobre, aislado, 750 V y 4 mm <sup>2</sup> de sección	7,000	m	3,85	Kg
	Abrazadera de latón.	5,000	Ud	0,09	Kg
	Placa de cobre electrolítico puro para toma de tierra, de 300x100x3 mm, con borne de unión.	3,000	Ud	0,03	Kg
	Soldadura aluminotérmica del cable conductor a la placa.	3,000	Ud	0,01	Kg

	Luminaria para adosar a techo o pared, de 210x120x100 mm,	9,000	Ud	2,80	Kg	
TELECOMUNICACIONES	Hormigón HM-20/B/20/l	0,365	m <sup>3</sup>	730	Kg	
	Tubo curvable de PVC, de 20 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada	71,000	m	59,64	Kg	
	Tubo curvable, de polietileno de doble par, de 63 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada	15,000	m	10,80	Kg	
	Cable coaxial RG-6 de cobre de 1,15 mm de diámetro	33,730	m	1,18	Kg	
	Dieléctrico de polietileno celular	33,730		0,12	Kg	
	Malla de hilos trenzados de cobre	33,730	m	3,04	Kg	
	Cubierta exterior de PVC de 6,9 mm de diámetro de color blanco.	33,730	m	1,01	Kg	
	Cable rígido U/UTP de 4 pares trenzados de cobre, categoría 6, con conductor unifilar de cobre	37,460	m	3,31	Kg	
	Aislamiento de polietileno	37,460	m	26,03	Kg	
	Vaina exterior de poliolefina termoplástica LSFH	37,460	m	25,94	Kg	
	Toma simple con conector tipo, con marco y embellecedor.	2,000	Ud	1,10	Kg	
	Amplificador de mástil, de 35 dB de ganancia máxima, con caja de protección de ABS,	1,000	Ud	2,00	Kg	
	Carga resistiva de 75 Ohm, para cierre.	1,000	Ud	0,09	Kg	
	Antena exterior DAB para captación de señales de radiodifusión de 555 mm de longitud.	2,000	Ud	20,00	Kg	
	Antena exterior UHF para captación de señales de televisión de 1110 mm de longitud.	1,000	Ud	10,00	Kg	
	Distribuidor de 5-2400 MHz de 4 salidas	1,000	Ud	0,10	Kg	
	Toma separadora doble, TV/R-SAT, de 5-2400 MHz, con embellecedor.	2,000	Ud	1,10	Kg	
	Caja de plástico de registro de terminación de red para instalaciones de ICT, de 500x600x80 mm	1,000	Ud	3,39	Kg	
	Soporte separador de tubos de PVC rígido de 63 mm de diámetro.	5,900	Ud	4,60	Kg	
	Hilo guía de polipropileno de 3 mm de diámetro.	55,200	m	2,21	Kg	
	Mástil de antena de 3 m de alto, fabricado con tubo de acero de 40 mm de diámetro y 2 mm de espesor	1,000	Ud	2,00	Kg	
	Garra de anclaje a obra en L para mástil, de 500 mm de longitud y 4 mm de espesor	2,000	Ud	1,50	Kg	
	Manguera de videoportero compuesta por 3 hilos de 1 mm <sup>2</sup> , 8 hilos de 0,5 mm <sup>2</sup> y cable coaxial de 75 Ohm.	25,000	m	1,50	Kg	
	Kit de videoportero convencional	1,000	Ud	4,00	Kg	
	GAS NATURAL	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	1,200	m <sup>3</sup>	5,00	Kg
		Agua.	0,014	m <sup>3</sup>	0,01	Kg
Tubo de acero negro, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, de varios diámetros		14,600	m	125,85	Kg	
Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías		5,200	Ud	0,58	kg	
Cinta anticorrosiva, de 10 cm de ancho, para protección de materiales metálicos enterrados		37,750	m	5,48	Kg	
Mortero industrial para albañilería, de cemento, categoría M-5		0,075	t	75	Kg	
Hormigón HM-20/P/20/l		0,486	m <sup>3</sup>	972	Kg	
Tapa de PVC, para arquetas de gas de 30x30 cm.		1,000	Ud	0,02	Kg	
Esmalte sintético, para aplicar sobre superficies metálicas		-	0,32 4	kg	Kg	

GAS NATURAL	Imprimación antioxidante con poliuretano.	-	0,145	kg	Kg	
	Pasta hidrófuga.	-	0,720	kg	Kg	
	Tubo curvable de PVC, corrugado, de 50 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada	2,000	m	4,20	Kg	
	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1 1/4".	1,000	Ud	0,11	Kg	
	Armario de regulación de caudal	1,000	Ud	14,50	Kg	
	Tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, diámetro D=20/22 mm y 1 mm de espesor	18,000	m	8,95	Kg	
	Tubo de polietileno de alta densidad, de 20 mm de diámetro exterior	10,000	m	1,50	Kg	
	Acometida de polietileno de alta densidad, de 32 mm de diámetro exterior,	5,000	m	7,50	Kg	
	Collarín de toma en carga, de PVC, para tubo de polietileno de alta densidad de 32 mm de diámetro exterior	1,000	m	2,65	Kg	
	Tubo metálico de 40 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor	18,000	m	14,40	Kg	
	Arqueta registrable de polipropileno, 30x30x30 cm	1,000	Ud	24,00	kg	
	FONTANERIA	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,448	m <sup>3</sup>	672,00	Kg
		Hormigón HM-20/P/20/I	0,411	m <sup>3</sup>	822,00	Kg
Tapa de PVC, para arquetas de fontanería de 30x30 cm.		1,000	Ud	24,00	Kg	
Arqueta de polipropileno, 30x30x30 cm.		1,000	Ud	4,80	kg	
Llave de paso para lavadora o lavavajillas, para roscar, serie básica, de 1/2" de diámetro.		2,000	Ud	1,58	Kg	
Marco y tapa de fundición dúctil de 30x30 cm		1,000	Ud	9,00	Kg	
Válvula de asiento, de bronce, de 20 mm de diámetro		5,000	Ud	4,75	Kg	
Válvula de asiento, de bronce, de 25 mm de diámetro		1,000	Ud	0,99	Kg	
Grifo de comprobación de latón, para roscar, de 1/2".		1,000	Ud	0,69	Kg	
Válvula de compuerta de latón fundido, para roscar, de 1/2".		2,000	Ud	1,59	Kg	
Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1"		1,000	Ud	0,75	Kg	
Válvula de retención de latón para roscar de 1/2".		1,000	Ud	0,87	Kg	
Acometida de polietileno PE 100, de 32 mm de diámetro exterior, PN=10 atm y 2 mm de espesor		4,000	m	6,00	Kg	
Collarín de toma en carga de PP, para tubo de polietileno, de 32 mm de diámetro exterior		1,000	Ud	2,65	Kg	
Tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 16 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 1,8 mm de espesor		24,300	m	3,42	Kg	
Tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 20 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 1,9 mm de espesor		46,300	m	6,95	Kg	
Tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 25 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 2,3 mm de espesor		8,500	m	1,45	Kg	
Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías de PVC		79,100	Ud	49,50	Kg	
Filtro retenedor de residuos de latón, de 0,4 mm de diámetro, con rosca de 1/2"		1,000	Ud	0,02	Kg	

Tabla nº 21. Cuadro de materiales y productos que forman parte de la vivienda. Fuente: elaboración propia

## 6.1.2. CUADRO DE CONSUMOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, COMBUSTIBLE Y AGUA DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN					
PROCESOS	MAQUINARIA	R. ESPECÍFICO	P	UD	CONSUMO
		g/kwh	kw		Valor TOTAL
<b>GASOLINA</b>					
Desbroce y limpieza	Desbrozadora	600	$0,84 \times 10^{-4}$	0,02 h/m <sup>2</sup>	2,45 l
Excavación a cielo abierto	Pala mixta	207	$0,84 \times 10^{-4}$	0,12 h/m <sup>3</sup>	26,21 l
Excavación de zanjas	Pala mixta	207	$0,84 \times 10^{-4}$	0,12 h/m <sup>3</sup>	21,99 l
Vibrado de hormigón	Regla vibradora	-	-	0,08 h/m <sup>2</sup>	2,40 l
Hormigonar	Camión cisterna	-	-	0,006 h/m <sup>2</sup>	8,38 l
Transporte y elevación	Camión grúa	-	-	0,025 h/m <sup>2</sup>	6,25 l
Elevación	Grúa autopropulsada de brazo telescópico	-	-	0,05 h/m <sup>2</sup>	54,22 l
<b>TOTAL</b>					<b>121,900 l</b>
<b>ELECTRICIDAD</b>					
Iluminación	Focos	-	-	5 h/día	284 kw
Elementos de corte	Sierra de mesa	-	-	0,07 h/m <sup>2</sup>	6,29 kw
Pulido de forjado sanitario	Fratasadora	-	-	0,04 h/m <sup>2</sup>	9,38 kw
Compactado de hormigón	Rana compactadora	-	-	0,01 h/m <sup>2</sup>	2,00 kw
Corte de elementos	Sierra circular	-	-	0,02 h/m	1,60 kw
<b>TOTAL</b>					<b>303,27 kw</b>
<b>AGUA</b>					
Consumo de agua	Hormigón	-	-	49,92 m <sup>2</sup>	1,163,35 l
	Curado del hormigón	-	-	49,92 m <sup>2</sup>	7,49 l
	Cemento cola	-	-	491,91 kg	98,38 l
	Lechada de cemento	-	-	15,22 kg	11,42 l
	Pintura	-	-	42,60 kg	17,04 l
	Eliminación de polvo	-	-	34 días	1.000 l
	Lavado de camiones	-	-	34 días	2.040 l
	Lavado de máquinas	-	-	34 días	1.700 l
	Limpieza de obra	-	-	34 días	1.700 l
	Higiene personal	-	-	34 día	2.720 l
<b>TOTAL</b>					<b>10.457,68 l</b>

Tabla n°22. Cuadro de consumos durante la fase de construcción de la vivienda. Fuente: elaboración propia

## 6.1.3. CUADRO DE RCD GENERADOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

RCD GENERADOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN				
CÓDIGO	ELEMENTO	DENSIDAD APARENTE	PESO TOTAL (kg)	VOLUMEN TOTAL (dm <sup>3</sup> )
<b>ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO</b>				
08 01 11	Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	0,907	9,561	10,542
17 01 01	Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	1,500	126,580	84,387
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos.	1,250	266,289	213,010
17 02 01	Madera.	1,091	2,371	2,173
17 04 05	Hierro y acero.	2,108	0,468	0,222
17 06 04	Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.	0,602	1,157	1,921
17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.	1,000	414,269	414,269
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	1,500	32,886	21,923
	Subtotal		916,521	798,794
<b>ACABADOS Y REVESTIMIENTOS</b>				
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	1,500	11,040	7,360
08 01 11	Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	0,039	12,630	323,846
17 04 05	Hierro y acero	2,108	12,030	5,707
	Tejas y materiales cerámicos	1,250	35,340	28,272
	Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados)		1,470	0,980
	Subtotal		72,510	366,165
<b>OTROS</b>				
01 04 09	Residuos de arena y arcillas.	1,600	2,925	1,828
01 04 13	Residuos del corte y serrado de piedra distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	1,500	49,847	33,232
17 01 01	Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	1,500	53,798	35,865
17 01 02	Ladrillos.	1,250	62,864	50,310
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos.	1,244	13,865	11,144
	Subtotal		183,299	132,379
<b>TOTAL</b>			<b>124.591,250</b>	<b>107.499,182</b>

Tabla n°23. Cuadro de RCD generados durante la fase de construcción. Fuente: elaboración propia

## 6.1.4. CUADRO DE CONSUMOS EN LA FASE DE USO

CONSUMO DURANTE LA FASE DE USO DE LA VIVIENDA							
ENERGÍA							
USOS FINALES	CONSUMO ANUAL			%	PETROLEO (tep)	TRAS 50 AÑOS	
	ELÉCTRICO (kwh)	COMBUSTIBLE (kwh)	TOTAL (kwh)			Kg	CONSUMO (kwh)
	35,15 %	64.85 %	100 %				
CALEFACCIÓN	272,369	4668,8	4.941,130	46,9%	400,14	247.056,50	2.0007
AGUA CALIENTE SANITARIA	276,170	1714,2	1.990,379	18,9 %	161,18	99.518,95	8.059
COCINA	343,650	438,13	781,663	7,64 %	63,30	39.083,15	3.165
REFRIGERACIÓN	86,315	1,821	88,147	0,49 %	7,14	4.407,35	357
ILUMINACION	434,331	-	434,331	4,24 %	35,17	21.716,55	1.758,5
ELECTRODOMÉSTICOS	2285,350	-	225,350	21,8 %	185,07	11,267,50	9.253,5
Frigoríficos	699,183	-	699,193	-	56,62	34.959,65	2.831
Congeladores	138,402	-	138,402	-	11,21	6.920,10	560,,5
Lavadoras	270,742	-	270,742	-	21,92	13.537,10	1.096
Lavavajillas	138,402	-	138,42	-	11,21	6.921,00	560,5
Secadoras	76,521	-	76,521	-	6,20	3.826,05	310
Horno	188,725	-	188,725	-	15,28	9.436,25	764
Televisión	278,464	-	278,464	-	22,55	13.923,20	1.127,5
Ordenadores	169,616	-	169,616	-	13,74	8.480,80	687
Stand-by	244,716	-	244,716	-	19,82	12.235,80	991
Otros equipamientos	80,596	-	80,596	-	6,52	4.029,80	326
<b>TOTAL</b>	<b>3698,065</b>	<b>6822,935</b>	<b>10.521</b>	<b>100 %</b>	<b>852 kg</b>	<b>526.050,00</b>	<b>42.600</b>
GAS NATURAL							
GAS NATURAL	16,050,000	-	16.050,	100%	1.299kg	802.500,00	64.987
<b>TOTAL</b>	<b>16,050,000</b>	<b>-</b>	<b>16.050,</b>	<b>100%</b>	<b>1.299kg</b>	<b>802.500,00</b>	<b>64.987</b>
AGUA							
AGUA	142.447,50 litros					7.122.375 l	-
<b>TOTAL</b>	<b>142.447,50 litros</b>					<b>7.122.375 l</b>	<b>-</b>

Tabla nº24. Cuadro de consumos durante la fase de uso de la vivienda. Fuente: elaboración propia

## 6.1.5. CUADRO DE MANTENIMIENTO EN LA FASE DE USO

MANTENIMIENTO DEL EDIFICIO							
ELEMENTO	C. PRÁCTICO (kg)	ELEMENTO	MANTENIMIENTO/ REPOSICIÓN	VIDA ÚTIL	COEF.	Ud	Ud
MURO	0,07	Banda de caucho EPDM extruido de e= 5mm	Reposición cada 25 años	50 AÑOS	2,00	0,14	kg
	1,12	Tratamiento superficial hidrofugante	Reposición cada 5 años	50 AÑOS	10,00	11,20	kg
	0,59	Espuma de poliuretano	Reposición cada 30 años	50 AÑOS	1,67	0,98	kg
	61,65	Lasur en base acuosa	Reposición cada 5 años	50 AÑOS	10,00	616,50	kg
TABIQUERÍA	0,07	Banda de caucho EPDM extruido de e= 5mm	Reposición cada 25 años	50 AÑOS	2,00	0,14	kg
	1,51	Tratamiento superficial hidrofugante	Reposición cada 5 años	50 AÑOS	10,00	15,10	kg
	16,30	Rodapié de madera de pino radiata	Reposición cada 15 años	50 AÑOS	3,33	54,30	kg
	0,67	Espuma de poliuretano	Reposición cada 25 años	50 AÑOS	2,00	1,34	kg
	2,93	Lasur en base acuosa	Reposición cada 5 años	50 AÑOS	10,00	29,30	kg
ACABADO	15,22	Lechada de cemento blanco BL 22,5 X	Reposición cada 10 años	50 AÑOS	5,00	76,10	kg
	23,10	Pintura de base acuosa	Reposición cada 10 años	50 AÑOS	5,00	115,50	kg
	21,50	Lasur en base acuosa	Reposición cada 5 años	50 AÑOS	10,00	215,00	kg
CUBIERTA	1,25	Banda de caucho EPDM de 100 mm de anchura	Reposición cada 20 años	50 AÑOS	2,50	3,13	kg
	29,95	Imprimación monocomponente a base de elastómeros	Reposición cada 30 años	50 AÑOS	1,67	49,92	kg
	34,79	Lasur en base acuosa	Reposición cada 5 años	50 AÑOS	10,00	347,90	kg
CARPINTERÍA	0,28	Espuma de poliuretano	Reposición cada 25 años	50 AÑOS	2,00	0,56	kg
	1,54	Lasur en base acuosa	Reposición cada 5 años	50 AÑOS	10,00	15,40	kg
	8,46	Sellante EPDM (bastidor-vidrio)	Reposición cada 25 años	50 AÑOS	2,00	16,92	kg
	5,04	Burlete de caucho sintético	Reposición cada 20 años	50 AÑOS	2,50	12,60	kg
	0,37	Espuma de poliuretano de densidad 30 kg/m <sup>2</sup>	Reposición cada 30 años	50 AÑOS	1,67	0,62	kg
	13,92	Adhesivo de caucho sintético	Reposición cada 20 años	50 AÑOS	2,50	34,80	kg
<b>TOTAL</b>						<b>1.617,4</b>	<b>kg</b>

Tabla nº25. Cuadro de mantenimiento del edificio. Fuente: elaboración propia

## 6.1.6. CUADRO DE CONSUMOS EN LA FASE DE DEMOLICIÓN

CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA, COMBUSTIBLE Y AGUA DURANTE LA FASE DE DEMOLICIÓN						
PROCESOS	MAQUINARIA	R. ESPECÍFICO	P	CONSUMO		CONSUMO
		g/kwh	kw	Ud	MEDIDA	Valor TOTAL
<b>GASOLINA</b>						
Desbroce y limpieza	Desbrozadora	600	1	0,54	l/h	2,36 l
Relleno de hueco	Pala mixta	207	74	12,87	l/h	22,63 l
Relleno de zanjas	Pala mixta	207	74	12,87	l/h	17,51 l
Nivelado de terreno	Niveladora	-	-	11,89	l/h	16,40 l
Picado de forjado sanitario	Martillo neumático	-	-	0,8	l/h	1,82 l
Transporte y elevación	Camión grúa	-	-	5	l/h	5,49 l
Elevación	Grúa autopropulsada de brazo telescópico	-	-	6	l/h	68,17 l
<b>TOTAL</b>						<b>134,38 l</b>
<b>ELECTRICIDAD</b>						
Iluminación	Focos	-	-	1,7	Kwh	284 kw
Elementos de corte	Sierra de mesa	-	-	1,8	Kwh	9,19 kw
Compactado de tierras	Compactadora	-	-	4,7	Kwh	6,18 kw
Corte de elementos	Sierra circular	-	-	4,0	Kwh	4,21 kw
<b>TOTAL</b>						<b>303,58 kw</b>
<b>AGUA</b>						
Consumo de agua	Eliminación de polvo	-	-	50	l/día	2.500 l
	Lavado de camiones	-	-	60	l/día	2.040 l
	Lavado de máquinas	-	-	50	l/día	1.850 l
	Limpieza de obra	-	-	50	l/día	1.850 l
	Higiene personal	-	-	80	l/ día	2.900 l
<b>TOTAL</b>						<b>11.140 l</b>

Tabla nº26. Cuadro de consumos en la fase de demolición. Fuente: elaboración propia

**6.1.7. CUADRO DE RCD GENERADOS EN LA FASE DE DEMOLICIÓN**

RCD GENERADOS DURANTE LA FASE DE DEMOLICIÓN					
CÓD.	MATERIAL	TRATAMIENTO	DISPOSICIÓN FINAL	Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	Peso (t)
<b>MADERA</b>					
17 02 01	Madera.	Reciclado	Gestor autorizado RNP	1,10	50,535
<b>METALES (INCLUIDAS SUS ALEACIONES)</b>					
17 04 05	Hierro y acero.	Reciclado	Gestor autorizado RNP	2,10	0,424
17 04 07	Metales mezclados.	Reciclado	Gestor autorizado RNP	1,50	0,075
<b>VIDRIO</b>					
17 02 02	Vidrio.	Reciclado	Gestor autorizado RNP	1,00	0,003
<b>BASURAS</b>					
17 06 04	Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.	Reciclado	Gestor autorizado RNP	0,60	0,047
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	Depósito / Tratamiento	Gestor autorizado RP	1,50	0,032
<b>HORMIGÓN</b>					
17 01 01	Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	Reciclado/ vertedero	Planta reciclaje RCD	1,50	31,85
<b>LADRILLOS, TEJAS Y MATERIALES CERÁMICOS</b>					
17 01 02	Ladrillos.	Reciclado	Planta reciclaje RCD	1,25	1,618
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos.	Reciclado	Planta reciclaje RCD	1,25	0,512
<b>PIEDRAS</b>					
01 04 13	Residuos del corte y serrado de piedra distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	Reciclado	Planta reciclaje RCD	1,50	3,776
<b>TOTAL</b>					<b>61,84</b>

Tabla nº 27. Cuadro de RCD generados durante la fase de demolición Fuente: elaboración propia

## 6.1.8. CUADRO DE TRANSPORTE DURANTE LA EXTRACCIÓN,PRODUCCIÓN Y CONSTRUCCIÓN

TRANSPORTES DURANTE LAS FASES DE EXTRACCIÓN-PRODUCCIÓN Y PRODUCCIÓN CONSTRUCCIÓN					
	ELEMENTO	TRANSPORTES			
		EXTRACCIÓN - PRODUCCIÓN	Km	PRODUCCIÓN - CONTRUCCIÓN	Km
CERRAMIENTO EXTERIOR	Rastrel de madera pino radiata de 38 x 58 cm <sup>2</sup>	Autonómico	100	Local	10
	Rastrel de madera pino radiata de 28 x 38 cm <sup>2</sup>	Autonómico	100	Local	10
	Tablero CLT de pino radiata de e= 10 cm	Local	10	Nacional	1000
	Banda de caucho EPDM extruido de e= 5mm	Nacional	1000	Local	10
	Tratamiento superficial hidrofugante	Local	10	Local	10
	Adhesivo de poliuretano para tablero CLT	Internacional	3000	Local	10
	Lamas exteriores de madera de roble de 35 x 90 mm <sup>2</sup>	Autonómico	100	Local	10
	Aislante de fibra de madera de e= 5 cm	Local	10	Local	10
	Aislante de fibra de madera de e= 5 cm	Local	10	Local	10
	Aislante de fibra de madera de e= 8 cm	Local	10	Local	10
	Placa de cartón yeso de e= 1,25	Local	10	Local	10
	Pasta de yeso de construcción YF	Local	10	Local	10
	Cinta de juntas de papel kraft	Provincial	40 km	Local	10
	Tornillería autoperforante de cabeza ancha, de acero zincado con revestimiento de cromo	Nacional	1000	Local	10
	Escuadras de acero galvanizado	Nacional	1000	Local	10
	Espiga especial para madera de polipropileno de $\varnothing=6$ mm	Nacional	1000	Local	10
	Lámina delta Fassade	Nacional	1000	Local	10
	Rodapié de madera de pino radiata	Autonómico	100	Local	10
	Espuma de poliuretano	Nacional	1000	Local	10
	Lasur en base acuosa	Nacional	1000	Local	10
TABIQUERÍA	Rastrel de madera pino radiata de 38 x 58 cm <sup>2</sup>	Autonómico		Local	10
	Tablero CLT de pino radiata de e= 10 cm	Local	10	Local	10
	Banda de caucho EPDM extruido de e= 5mm	Nacional	1000	Local	10
	Tratamiento superficial hidrofugante	Autonómico	100	Local	10
	Adhesivo de poliuretano para tablero CLT	Nacional	1000	Local	10
	Placa de cartón yeso de e= 1,25	Local	10	Local	10
	Pasta de yeso de construcción YF	Local	10	Local	10
	Cinta de juntas de papel kraft	Provincial	40	Local	10
	Tornillería autoperforante de cabeza ancha, de acero zincado con revestimiento de cromo	Nacional	1000	Local	10
	Escuadras de acero galvanizado	Nacional	1000	Local	10
	Rodapié de madera de pino radiata	Autonómico		Local	10
	Espuma de poliuretano	Nacional	1000	Local	10
	Lasur en base acuosa	Nacional	1000	Local	10
	ACABADOS	Tarima de madera laminada de roble de 16 mm	Autonómico	100	Local
Adhesivo de cemento cola convencional A1		Provincial	40	Local	10
Baldosa cerámica de gres de 25 x 25 mm <sup>2</sup>		Provincial	40	Local	10
Azulejo cerámico de 15 x 20 cm		Provincial	40	Local	10
Lechada de cemento blanco BL 22,5 X		Provincial	40	Local	10
Pintura de base acuosa		Nacional	1000	Local	10
Imprimación adherente y selladora		Nacional	1000	Local	10
Lasur en base acuosa		Nacional	1000	Local	10
CIMENTACIÓN	Adhesivo de caucho sintético	Nacional	1000	Local	10
	Film de polietileno de 0,2 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Cinta autoadhesiva de juntas de 5 mm	Nacional	1000	Local	10
	Encofrado perdido de polipropileno tipo cavity	Nacional	1000	Local	10
	Aislante de XPS = 90 cm	Nacional	1000	Local	10
	Hormigón armado HA-25/B/12/IIIa	Provincial	40	Local	10
	Acero corrugado B 500 S de diverso diámetro	Nacional	1000	Local	10
	Alambre galvanizado para atar, 1.30 mm de $\varnothing$	Nacional	1000	Local	10
	Malla electrosoldada acero B 500 T ME 15x15 $\varnothing$ 5-5 B500 T 6x2,20	Nacional	1000	Local	10
	Separador homologado de H.A	Provincial	40	Local	10
	Hormigón de limpieza HL-150/B/20	Provincial	40	Local	10

	Mortero tixotrópico monocomponente	Nacional	1000	Local	10
	Imprimación monocomponente a base de elastómeros	Nacional	1000	Local	10
	Lámina bituminosa autoadhesiva de e= 1mm	Nacional	1000	Local	10
	Tornillería de cero zincado con revestimiento de cromo	Nacional	1000	Local	10
	Banda de caucho EPDM de 100 mm de anchura	Nacional	1000	Local	10
CARPINTERÍA INTERIOR	Preferco de madera de pino radiata de 80 x 35 mm <sup>2</sup>	Autonómico	100	Local	10
	Sobremarco de madera de pino de pino radiata	Autonómico	100	Local	10
	Hoja de madera maciza	Autonómico	100	Local	10
	Tapajuntas de madera	Autonómico	100	Local	10
	Espuma de poliuretano	Nacional	1000	Local	10
	Tornillería de acero galvanizado	Nacional	1000	Local	10
	Herrajes de colgar de acero inoxidable	Nacional	1000	Local	10
	Herraje de seguridad de acero inoxidable	Nacional	1000	Local	10
	Lasur en base acuosa	Nacional	1000	Local	10
CUBIERTA	Bandeja de zinc titanio a junta alzada e =0,8 mm	Nacional	1000	Local	10
	Lámina de PEAD con nódulos e=1mm	Nacional	1000	Local	10
	Aislamiento de fibra de madera de e= 5 cm	Local	10	Local	10
	Aislamiento de fibra de madera de e= 5 cm	Local	10	Local	10
	Aislamiento de poliestireno extruido de e= 80 cm	Nacional	1000	Local	10
	Banda de caucho EPDM de 100 mm de anchura	Nacional	1000	Local	10
	Film de polietileno de 0,2 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Imprimación monocomponente a base de elastómeros	Nacional	1000	Local	10
	Rastrel de madera de 38 x 58 cm <sup>2</sup>	Nacional	1000	Local	10
	Tablero CLT de pino radiata de e= 10 cm	Nacional	1000	Local	10
	Placa de cartón yeso de e= 1,25	Local	10	Local	10
	Pasta de yeso de construcción YF	Local	10	Local	10
	Cinta de juntas de papel kraft	Provincial	40	Local	10
	Tornillería autoperforante de acero zincado con revestimiento de cromo	Nacional	1000	Local	10
	Lasur en base acuosa	Nacional	1000	Local	10
Listón de madera de la especie pino radiata de 30 x 30 cm <sup>2</sup>	Autonómico	100	Local	10	
CARPINTERÍA EXTERIOR	Vidrio templado laminado	Provincial	40	Local	10
	Marco de tablero CLT de madera pino radiata	Nacional	1000	Local	10
	Preferco de madera pino radiata	Autonómico	40	Local	10
	Bastidores de madera CLT	Autonómico	40	Local	10
	Sellante EPDM (bastidor-vidrio)	Nacional	1000	Local	10
	Burlete de caucho sintético	Nacional	1000	Local	10
	Sellante EPDM (interior de vidrios)	Nacional	1000	Local	10
	Tamiz molecular deshidratante	Nacional	1000	Local	10
	Herrajes de colgar de acero inoxidable	Nacional	1000	Local	10
	Herraje de seguridad de acero inoxidable	Nacional	1000	Local	10
	Espuma de poliuretano de densidad 30 kg/m <sup>2</sup>	Nacional	1000	Local	10
	Jambas y vierteaguas de madera de 4 x 25 cm	Autonómico	100	Local	10
	Adhesivo de caucho sintético	Nacional	1000	Local	10
	Tornillería de acero galvanizado	Nacional	1000	Local	10
	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	Local	10	Local	10
Ladrillo cerámico macizo de 25x12x5 cm	Provincia	40	Local	10	
Agua.	Local	10	Local	10	

SANEAMIENTO	Mortero industrial para albañilería, de cemento, categoría M-5	Provincial	04	Local	10
	Mortero industrial para albañilería, de cemento,, con aditivo hidrófugo, categoría M-15	Provincia	40	Local	10
	Hormigón HM-20/P/20/I	Provincial	40	Local	10
	Hormigón HM-30/B/20/I+Qb, con cemento SR.	Provincial	40	Local	10
	Tapa de hormigón armado prefabricada, 60x60x5 cm.	Provincial	40	Local	10
	Codo 87°30' de PVC liso, D=125 mm.	Nacional	1000	Local	10
	Sumidero sifónico de PVC, de salida vertical de 75 mm de diámetro, con rejilla de PVC de 200x200 mm.	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de PVC liso, serie SN-4, de 125 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Líquido limpiador para pegado mediante adhesivo de tubos y accesorios de PVC.	Nacional	1000	Local	10
	Adhesivo para tubos y accesorios de PVC.	Nacional	1000	Local	10
	Material auxiliar para saneamiento.	Nacional	1000	Local	10
	Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías de PVC	Nacional	1000	Local	10
	Junta de neopreno	Nacional	1000	Local	10
	Toma de desagüe para electrodoméstico, de PVC, de 40 mm de diámetro.	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de PVC, serie B, de 40 mm de diámetro y 3 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de PVC, serie B, de 90 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de PVC, serie B, de 125 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de PVC, serie B, de 125 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
CALEFACCIÓN	Coquilla de caucho sintético, de 16 mm de diámetro interior y 22,0 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Adhesivo para coquilla elastomérica.	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de polietileno reticulado (PE-X), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías	Nacional	1000	Local	10
	Caldera mural mixta eléctrica para calefacción y A.C.S., potencia de 4,5 kW	Nacional	1000	Local	10
	Accesorios para radiador de aluminio	Nacional	1000	Local	10
	Ladrillo cerámico hueco, para revestir, 24x15x12 cm	Nacional	1000	Local	10
	Agua.	Local	10	Local	10

VENTILACIÓN	Mortero industrial para albañilería, de cemento, categoría M-5	Provincial	40	Local	10
	Tubo de aluminio natural flexible, de 110 mm de diámetro	Nacional	1000	Local	10
	Aspirador giratorio, de aluminio, para conducto de salida de 250 mm de diámetro exterior	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de chapa de acero galvanizado, de 100 mm de diámetro y 0,6 mm de espesor de chapa	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de chapa de acero galvanizado, de 100 mm de diámetro y 0,5 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías de PVC	Nacional	1000	Local	10
	Aireador de admisión, de aluminio lacado, de 1200x80x12 mm	Nacional	1000	Local	10
	Filtro antipolución tipo S30	Nacional	1000	Local	10
	Aireador de paso, de aluminio, de 725x20x82 mm 700 mm de profundidad y 80 mm de anchura	Nacional	1000	Local	10
	Silenciador acústico de espuma de resina de melamina	Nacional	1000	Local	10
	Boca de extracción, de chapa galvanizada lacada, de 125 mm de D. de conexión y 165 mm de D. exterior	Nacional	1000	Local	10
	Material de fijación para conductos de ventilación.	Nacional	1000	Local	10
	Extractor estático mecánico, de 153 mm de diámetro y 415 mm de altura	Nacional	1000	Local	10
	Extractor de cocina, de dimensiones 218x127x304 mm	Nacional	1000	Local	10
	Accesorios tales como Interruptores, conmutadores, pulsadores, zumbadores, bases de enchufe,	Nacional	1000	Local	10
ELECTRICIDAD	Tubo curvable de PVC corrugado, de 16 mm de diámetro nominal	Nacional	1000	Local	10
	Tubo curvable de PVC corrugado, de 20 mm de diámetro nominal	Nacional	1000	Local	10
	Tubo curvable de PVC corrugado, de 25 mm de diámetro nominal	Nacional	1000	Local	10
	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared, de 40 mm de diámetro nominal	Nacional	1000	Local	10
	Tubo rígido de PVC, roscable, curvable en caliente, de 32 mm de diámetro nominal	Nacional	1000	Local	10
	Caja de empotrar universal, enlace por los 2 lados	Nacional	1000	Local	10
	Caja de empotrar universal, enlace por los 4 lados	Nacional	1000	Local	10
	Caja de empotrar para toma de 25 A (especial para toma de corriente en cocinas)	Nacional	1000	Local	10

ELECTRICIDAD	Caja de derivación para empotrar de 105x105 mm	Nacional	1000	Local	10
	Caja de derivación para empotrar de 105x165 mm	Nacional	1000	Local	10
	Interruptor general automático (IGA)	Nacional	1000	Local	10
	Interruptor automático magnetotérmico	Nacional	1000	Local	10
	Interruptor diferencial instantáneo,	Nacional	1000	Local	10
	Caja empotrable con puerta, para interruptor de control de potencia (ICP) de ABS autoextinguible	Nacional	1000	Local	10
	Caja de protección y medida	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Cable unipolar de cobre clase 5 de 10 mm <sup>2</sup> de sección	Nacional	1000	Local	10
	Aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos	Nacional	1000	Local	10
	Cable unipolar de cobre clase 5 (-K) de varias secciones	Nacional	1000	Local	10
	Conductor de cobre de 1,5 mm <sup>2</sup> de sección, para hilo de mando	Nacional	1000	Local	10
	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm <sup>2</sup> .	Nacional	1000	Local	10
	Conductor rígido unipolar de cobre, aislado, 750 V y 4 mm <sup>2</sup> de sección	Nacional	1000	Local	10
	Abrazadera de latón.	Nacional	1000	Local	10
	Placa de cobre electrolítico puro para toma de tierra, de 300x100x3 mm, con borne de unión.	Nacional	1000	Local	10
	Soldadura aluminotérmica del cable conductor a la placa.	Nacional	1000	Local	10
	Luminaria para adosar a techo o pared, de 210x120x100 mm,	Nacional	1000	Local	10
	TELECOMUNICACIONES	Hormigón HM-20/B/20/I	Provincial	40	Local
Tubo curvable de PVC, de 20 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada		Nacional	1000	Local	10
Tubo curvable, de polietileno de doble par, de 63 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada		Nacional	1000	Local	10
Cable coaxial RG-6 de cobre de 1,15 mm de diámetro		Nacional	1000	Local	10
Dieléctrico de polietileno celular		Nacional	1000	Local	10
Malla de hilos trenzados de cobre		Nacional	1000	Local	10
Cubierta exterior de PVC de 6,9 mm de diámetro de color blanco.		Nacional	1000	Local	10
Cable rígido U/UTP de 4 pares trenzados de cobre, categoría 6, con conductor unifilar de cobre		Nacional	1000	Local	10
Aislamiento de polietileno		Nacional	1000	Local	10
Vaina exterior de poliolefina termoplástica LSFH		Nacional	1000	Local	10

TELECOMUNICACIONES	Toma simple con conector tipo, con marco y embellecedor.	Nacional	1000	Local	10
	Amplificador de mástil, de 35 dB de ganancia máxima, con caja de protección de ABS,	Nacional	1000	Local	10
	Carga resistiva de 75 Ohm, para cierre.	Nacional	1000	Local	10
	Antena exterior DAB para captación de señales de radiodifusión de 555 mm de longitud.	Nacional	1000	Local	10
	Antena exterior UHF para captación de señales de televisión de 1110 mm de longitud.	Nacional	1000	Local	10
	Distribuidor de 5-2400 MHz de 4 salidas	Nacional	1000	Local	10
	Toma separadora doble, TV/R-SAT, de 5-2400 MHz, con embellecedor.	Nacional	1000	Local	10
	Caja de plástico de registro de terminación de red para instalaciones de ICT, de 500x600x80 mm	Nacional	1000	Local	10
	Soporte separador de tubos de PVC rígido de 63 mm de diámetro.	Nacional	1000	Local	10
	Hilo guía de polipropileno de 3 mm de diámetro.	Nacional	1000	Local	10
	Mástil de antena de 3 m de alto, fabricado con tubo de acero de 40 mm de diámetro y 2 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Garra de anclaje a obra en L para mástil, de 500 mm de longitud y 4 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Manguera de videoportero compuesta por 3 hilos de 1 mm <sup>2</sup> , 8 hilos de 0,5 mm <sup>2</sup> y cable coaxial de 75 Ohm.	Nacional	1000	Local	10
	Kit de videoportero convencional	Nacional	1000	Local	10
	GAS NATURAL	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	Local	10	Local
Agua.		Local	10	Local	10
Tubo de acero negro, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, de varios diámetros		Nacional	1000	Local	10
Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías		Nacional	1000	Local	10
Cinta anticorrosiva, de 10 cm de ancho, para protección de materiales metálicos enterrados		Nacional	1000	Local	10
Mortero industrial para albañilería, de cemento, categoría M-5		Provincial	40	Local	10
Hormigón HM-20/P/20/I		Provincial	1000	Local	10
Tapa de PVC, para arquetas de gas de 30x30 cm.		Nacional	1000	Local	10
Esmalte sintético, para aplicar sobre superficies metálicas		Nacional	1000	Local	10
Imprimación antioxidante con poliuretano.		Nacional	1000	Local	10
Pasta hidrófuga.	Nacional	1000	Local	10	

GAS NATURAL	Tubo curvable de PVC, corrugado, de 50 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada	Nacional	1000	Local	10
	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1 1/4".	Nacional	1000	Local	10
	Armario de regulación de caudal	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, diámetro D=20/22 mm y 1 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de polietileno de alta densidad, de 20 mm de diámetro exterior	Nacional	1000	Local	10
	Acometida de polietileno de alta densidad, de 32 mm de diámetro exterior,	Nacional	1000	Local	10
	Collarín de toma en carga, de PVC, para tubo de polietileno de alta densidad de 32 mm de diámetro exterior	Nacional	1000	Local	10
	Tubo metálico de 40 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Arqueta registrable de polipropileno, 30x30x30 cm	Nacional	1000	Local	10
FONTANERÍA	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	Local	10	Local	10
	Hormigón HM-20/P/20/I	Provincial	40	Local	10
	Tapa de PVC, para arquetas de fontanería de 30x30 cm.	Nacional	1000	Local	10
	Arqueta de polipropileno, 30x30x30 cm.	Nacional	1000	Local	10
	Llave de paso para lavadora o lavavajillas, para roscar, serie básica, de 1/2" de diámetro.	Nacional	1000	Local	10
	Marco y tapa de fundición dúctil de 30x30 cm	Nacional	1000	Local	10
	Válvula de asiento, de bronce, de 20 mm de diámetro	Nacional	1000	Local	10
	Válvula de asiento, de bronce, de 25 mm de diámetro	Nacional	1000	Local	10
	Grifo de comprobación de latón, para roscar, de 1/2".	Nacional	1000	Local	10
	Válvula de compuerta de latón fundido, para roscar, de 1/2".	Nacional	1000	Local	10
	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1"	Nacional	1000	Local	10
	Válvula de retención de latón para roscar de 1/2".	Nacional	1000	Local	10
	Acometida de polietileno PE 100, de 32 mm de diámetro exterior, PN=10 atm y 2 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Collarín de toma en carga de PP, para tubo de polietileno, de 32 mm de diámetro exterior	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 16 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 1,8 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 20 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 1,9 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 25 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 2,3 mm de espesor	Nacional	1000	Local	10
	Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías de PVC	Nacional	1000	Local	10
	Filtro retenedor de residuos de latón, de 0,4 mm de diámetro, con rosca de 1/2"	Nacional	1000	Local	10

Tabla nº 28. Cuadro de materiales y productos que forman parte de la vivienda. Fuente: elaboración propia

## 6.1.9. CUADRO DE TRANSPORTES DURANTE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RCD

CLASIFICACIÓN DE LOS TRANSPORTES DE RCD EN LA FASE DEPARA SU DISPOSICIÓN FINAL				
RESIDUOS	GESTOR	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD	DISTANCIA
Tierras y pétreos de la excavación	COGAMI RECICLADO DE GALICIA, S.L.	RUA REPUBLICA CHECA, 17 - POLÍGONO INDUSTRIAL COSTA VELLA 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA	Vertedero	54,3 km
Otros	ALQUILER MYC NORTE SUR, S.L.	PG. INDUSTRIAL O CAMPIÑO, B-50 – MARCÓN, 36158 PONTEVEDRA	Valorización	36,4 km
<b>RCD DE NATURALEZA NO PÉTREA</b>				
Asfalto	SERCO PORRIÑO, S.L.	POLÍGONO INDUSTRIAL AS GÁNDARAS, PARCELA 8-B 36400 o PORRIÑO	Valorización	71,4 km
Metales (incluido sus aleaciones)	CHATARRERÍA DITO, S.L.	AREALONGA, 79 A LAXE, 36600 VILAGARCIA DE AROUSA	Reciclado	1,2 km
Plásticos	CORDELLEIRA EL RIAL, S.L.	BAMIO, LG. MONTE XIABRE FINCA PINAR DO REI 36600 VILAGARCIA DE AROUSA	Reciclado	4,2 km
Yeso	RESTAURACIÓN DEL HÁBITAT Y MEDIO AMBIENTE CAAMAÑO, S.L.	LG. POUSADOIRO, PARROQUIA DE CEA 36640 VILAGARCIA DE AROUSA	Reciclado	3,7 km
Madera	LUIS RIVAS, S.L.	POLÍGONO INDUSTRIAL O CAMPIÑO, rúa das Mamoas, nº81 36158 PONTEVEDRA	Reciclado	29,6 km
Papel y cartón	LUIS RIVAS, S.L.	POLÍGONO INDUSTRIAL O CAMPIÑO, rúa das Mamoas, nº81 36158 PONTEVEDRA	Reciclado	29,6 km
Vidrios	LUIS RIVAS, S.L.	POLÍGONO INDUSTRIAL O CAMPIÑO, rúa das Mamoas, nº81 36158 PONTEVEDRA	Reciclado	29,6 km
Basura	ALQUILER MYC NORTE SUR SL UTE (UTE COTA 17-ALQUILER MYC-PLANTA DE RESIDUOS)	LUGAR DE MURADA, S/N. CASTRELO 36558 FORCAREI	Vertedero	48,0 km
<b>RCD DE NATURALEZA PÉTREA</b>				
Arena, grava y otros áridos	COGAMI RECICLADO DE GALICIA, S.L.	RUA REPUBLICA CHECA, 17 - POLÍGONO INDUSTRIAL COSTA VELLA 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA	Vertedero	54,3 km
Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	RESTAURACIÓN DEL HÁBITAT Y MEDIO AMBIENTE CAAMAÑO SL	LG. POUSADOIRO, PARROQUIA DE CEA 36640 VILAGARCIA DE AROUSA	Reciclaje	3,7 km
Hormigón	RESTAURACIÓN DEL HÁBITAT Y MEDIO AMBIENTE CAAMAÑO SL	LG. POUSADOIRO, PARROQUIA DE CEA 36640 VILAGARCIA DE AROUSA	Reciclaje	3,7 km
Piedra	COGAMI RECICLADO DE GALICIA, S.L.	RUA REPUBLICA CHECA, 17 - POLÍGONO INDUSTRIAL COSTA VELLA 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA	Vertedero	54,3 km

Tabla nº 29. Cuadro de transportes en las fases de extracción, producción y construcción. Fuente: elaboración propia

## 6.2. HOJAS DE RECOPIACIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA

EMISIONES DE CO <sub>2</sub> POR MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS				
ELEMENTO		CANTIDAD	Ud	Ton CO <sub>2</sub> equivalente
CERRAMIENTO EXTERIOR	Rastrel de madera pino radiata de 38 x 58 cm <sup>2</sup>	3.090,00	kg	0,251
	Rastrel de madera pino radiata de 28 x 38 cm <sup>2</sup>	2.645,00	kg	0,227
	Tablero CLT de pino radiata de e= 10 cm	5.295,00	kg	0,643
	Banda de caucho EPDM extruido de e= 5mm	0,07	kg	0,000
	Tratamiento superficial hidrofugante	1,12	kg	0,000
	Adhesivo de poliuretano para tablero CLT	3,39	kg	0,002
	Lamas exteriores de madera de roble de 35 x 90 mm <sup>2</sup>	1.927,93	kg	0,155
	Aislante de fibra de madera de e= 5 cm	4.64	kg	0,185
	Aislante de fibra de madera de e= 5 cm	4,64	kg	0,185
	Aislante de fibra de madera de e= 8 cm	4,64	kg	0,811
	Placa de cartón yeso de e= 1,25	2,990,86	kg	0,019
	Pasta de yeso de construcción YF	38,59	Kg	0,000
	Cinta de juntas de papel kraft	0,49	kg	0,000
	Tornillería autoperforante de cabeza ancha, de acero zincado con revestimiento de cromo	13,24	kg	0,175
	Escuadras de acero galvanizado	0,89 kg	kg	0,001
	Espiga especial para madera de polipropileno de ø= 6mm	26,22	kg	0,015
	Lámina delta Fassade	26,22	kg	0,015
	Rodapié de madera de pino radiata	0,27	kg	0,029
	Espuma de poliuretano	0,59	kg	0,000
	Lasur en base acuosa	61,65	kg	0,025
<b>TOTAL</b>				<b>2,779</b>
TABIQUERÍA	Rastrel de madera pino radiata de 38 x 58 cm <sup>2</sup>	2.470	kg	0,136
	Tablero CLT de pino radiata de e= 10 cm	4.056,50	kg	0,480
	Banda de caucho EPDM extruido de e= 5mm	0,17	kg	0,000
	Tratamiento superficial hidrofugante	1,51	kg	0,000
	Adhesivo de poliuretano para tablero CLT	22,58	kg	0,016
	Placa de cartón yeso de e= 1,25	674,13	kg	0,013
	Pasta de yeso de construcción YF	141,1	kg	0,000
	Cinta de juntas de papel kraft	0,90	kg	0,000
	Tornillería autoperforante de cabeza ancha, de acero zincado con revestimiento de cromo	7,76	kg	0,005
	Escuadras de acero galvanizado	0,71	kg	0,001
	Rodapié de madera de pino radiata	16,30	kg	0,000
	Espuma de poliuretano	0,67	kg	0,000
	Lasur en base acuosa	2,93	kg	0,002
<b>TOTAL</b>				<b>0,682</b>
ACABADOS	Tarima de madera laminada de roble de 16 mm	363,28	kg	0,03
	Adhesivo de cemento cola convencional A1	491,91	kg	0,108
	Baldosa cerámica de gres de 25 x 25 mm <sup>2</sup>	156,60	kg	0,044
	Azulejo cerámico de 15 x 20 cm	355,40	kg	0,008
	Lechada de cemento blanco BL 22,5 X	15,22	kg	0,002
	Pintura de base acuosa	23,10	kg	0,002
	Imprimación adherente y selladora	23,10	kg	0,002
	Lasur en base acuosa	21,50	kg	0,008
<b>TOTAL</b>				<b>0,217</b>
CIMENTACIÓN	Adhesivo de caucho sintético	111,57	kg	0,066
	Film de polietileno de 0,2 mm de espesor	2,20	kg	0,001
	Cinta autoadhesiva de juntas de 5 mm	0,07	kg	0,000
	Encofrado perdido de polipropileno tipo cavity	199,00	kg	0,267
	Aislante de XPS = 90 cm	1.509,70	kg	2,270
	Hormigón armado HA-25/B/12/IIIa	17.976,00	kg	3,056
	Acero corrugado B 500 S de diverso diámetro	249,60	kg	0,23
	Alambre galvanizado para atar, 1.30 mm de ø	1,00	kg	0,000
	Malla electrosoldada acero B 500 T ME 15x15 ø 5-5 B500 T 6x2,20	106,53	kg	0,101

ANEJOS

	Separador homologado de H.A	19,96	kg	0,03
	Hormigón de limpieza HL-150/B/20	7,13	kg	0,121
	Mortero tixotrópico monocomponente	8,54	kg	0,000
	Imprimación monocomponente a base de elastómeros	17,09	kg	0,006
	Lámina bituminosa autoadhesiva de e= 1mm	85,44	kg	0,055
	Tornillería de cero zincado con revestimiento de cromo	1,42	kg	0,002
	Banda de caucho EPDM de 100 mm de anchura	1,20	kg	0,000
<b>TOTAL</b>				<b>6,209</b>
CARPINTERÍA INTERIOR	Preferco de madera de pino radiata de 80 x 35 mm <sup>2</sup>	16,52	kg	1,35
	Sobremarco de madera de pino de pino radiata	16,52	kg	1,35
	Hoja de madera maciza	120	kg	0,06
	Tapajuntas de madera	14,56	kg	1,19
	Espuma de poliuretano	0,28	kg	0,000
	Tornillería de acero galvanizado	0,72	kg	0,000
	Herrajes de colgar de acero inoxidable	19,64	kg	0,025
	Herraje de seguridad de acero inoxidable	10,00	kg	0,009
Lasur en base acuosa	1,54	kg	0,000	
<b>TOTAL</b>				<b>4,065</b>
CUBIERTA	Bandeja de zinc titanio a junta alzada e =0,8 mm	307,64	kg	0,317
	Lámina de PEAD con nódulos e=1mm	52,16	kg	0,055
	Aislamiento de fibra de madera de e= 5 cm	707,67	kg	0,028
	Aislamiento de fibra de madera de e= 5 cm	707,67	kg	0,028
	Aislamiento de poliestireno extruido de e= 80 cm	3.269,12	kg	0,311
	Banda de caucho EPDM de 100 mm de anchura	1,25	kg	0,000
	Film de polietileno de 0,2 mm de espesor	2,20	kg	0,001
	Imprimación monocomponente a base de elastómeros	29,95	kg	0,023
	Rastrel de madera de 38 x 58 cm <sup>2</sup>	1,74	kg	0,091
	Tablero CLT de pino radiata de e= 10 cm	28,70	kg	0,003
	Placa de cartón yeso de e= 1,25	477,02	kg	0,009
	Pasta de yeso de construcción YF		kg	0,000
	Cinta de juntas de papel kraft	0,64	kg	0,000
	Tornillería autoperforante de cabeza ancha, de acero zincado con revestimiento de cromo	0,59	kg	0,000
	Lasur en base acuosa	34,79	kg	0,014
Listón de madera de la especie pino radiata de 30 x 30 cm <sup>2</sup>	1.745	kg	0,091	
<b>TOTAL</b>				<b>0,991</b>
CARPINTERÍA EXTERIOR	Vidrio templado laminado	576,30	kg	0,559
	Marco de tablero CLT de madera pino radiata	300,31	kg	0,036
	Preferco de madera pino radiata	150,72	kg	0,008
	Bastidores de madera CLT	330,65	kg	0,040
	Sellante EPDM (bastidor-vidrio)	8,46	kg	0,005
	Burlete de caucho sintético	5,04	kg	0,000
	Sellante EPDM (interior de vidrios)	9,00	kg	0,005
	Tamiz molecular deshidratante	9,00	kg	0,007
	Herrajes de colgar de acero inoxidable	166,80	kg	0,157
	Herraje de seguridad de acero inoxidable	30,66	kg	0,003
	Espuma de poliuretano de densidad 30 kg/m <sup>2</sup>	0,37	kg	0,000
	Jambas y vierteaguas de madera de 4 x 25 cm	85,05	kg	0,004
	Adhesivo de caucho sintético	13,92	kg	0,008
	Tornillería de acero galvanizado	0,72	kg	0,000
	<b>TOTAL</b>			
SANEAMIENTO	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	6.676,50	Kg	0,008
	Ladrillo cerámico macizo de 25x12x5 cm	806,00	Kg	0,202
	Mortero industrial para albañilería, de cemento, categoría M-5	460,00	Kg	0,041
	Mortero industrial para albañilería, de cemento,, con aditivo hidrófugo, categoría M-15	104,00	Kg	0,009
	Hormigón HM-20/P/20/I	2.246,00	Kg	0,38
	Hormigón HM-30/B/20/I+Qb, con cemento SR.	972,00	Kg	0,165
	Tapa de 1ón armado prefabricada, 60x60x5 cm.	90,00	Kg	0,015
	Codo 87°30' de PVC liso, D=125 mm.	6,48	Kg	0,013
	Sumidero sifónico de PVC, de salida vertical de 75 mm de diámetro, con rejilla de PVC de 200x200 mm.	0,40	Kg	0,000

	Tubo de PVC liso, serie SN-4, de 125 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor	107,50	Kg	0,212
SANEAMIENTO	Líquido limpiador para pegado mediante adhesivo de tubos y accesorios de PVC.	5,17	Kg	0,10
	Adhesivo para tubos y accesorios de PVC.	3,95	Kg	0,003
	Material auxiliar para saneamiento.	1,25	Kg	0,000
	Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías de PVC	2,57	Kg	0,001
	Junta de neopreno	0,01	Kg	0,000
	Toma de desagüe para electrodoméstico, de PVC, de 40 mm de diámetro.	0,45	kg	0,000
	Tubo de PVC, serie B, de 40 mm de diámetro y 3 mm de espesor	30,59	kg	0,060
	Tubo de PVC, serie B, de 90 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	13,49	Kg	0,027
	Tubo de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	9,14	Kg	0,018
	Tubo de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	29,67	Kg	0,058
	Tubo de PVC, serie B, de 125 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	14,30	Kg	0,028
Tubo de PVC, serie B, de 125 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor	230,62	Kg	0,45	
<b>TOTAL</b>				<b>1,792</b>
CALEFACCIÓN	Coquilla de caucho sintético, de 16 mm de diámetro interior y 22,0 mm de espesor	4,51	Kg	0,002
	Adhesivo para coquilla elastomérica.	0,01	Kg	0,000
	Tubo de polietileno reticulado (PE-X), de 16 mm de diámetro exterior y 1,8 mm de espesor	2.026,00	Kg	3,039
	Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías	0,83	Kg	0,000
	Caldera mural mixta eléctrica para calefacción y A.C.S., potencia de 4,5 kW	32,00	Kg	0,051
	Accesorios para radiador de aluminio	3,00 kg	Kg	0,003
<b>TOTAL</b>				<b>3,091</b>
VENTILACIÓN	Ladrillo 1.04mico hueco, para revestir, 24x15x12 cm	812,00	Kg	0,203
	Mortero industrial para albañilería, de cemento, categoría M-5	258,12	Kg	0,023
	Tubo de aluminio natural flexible, de 110 mm de diámetro	6,60	Kg	0,007
	Aspirador giratorio, de aluminio, para conducto de salida de 250 mm de diámetro exterior	1,20	Kg	0,000
	Tubo de chapa de acero galvanizado, de 100 mm de diámetro y 0,6 mm de espesor de chapa	17,70	Kg	0,021
	Tubo de chapa de acero galvanizado, de 100 mm de diámetro y 0,5 mm de espesor	47,70	Kg	0,045
	Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías de PVC	9,54	Kg	0,007
	Aireador de admisión, de aluminio lacado, de 1200x80x12 mm	0,21	Kg	0,000
	Filtro antipolución tipo S30	0,06	Kg	0,000
	Aireador de paso, de aluminio, de 725x20x82 mm 700 mm de profundidad y 80 mm de anchura	0,14	kg	0,000
	Silenciador acústico de espuma de resina de melamina	0,10	Kg	0,000
	Boca de extracción, de chapa galvanizada lacada, de 125 mm de D. de conexión y 165 mm de D. exterior	2,40	Kg	0,004
	Material de fijación para conductos de ventilación.	0,01	Kg	0,000
	Extractor estático mecánico, de 153 mm de diámetro y 415 mm de altura	4,60	Kg	0,003
	Extractor de cocina, de dimensiones 218x127x304 mm	3,10	Kg	0,004
Accesorios tales como Interruptores, conmutadores, pulsadores, zumbadores, bases de enchufe,	14,96	Kg	0,001	
<b>TOTAL</b>				<b>0,318</b>
ELECTRICIDAD	Tubo curvable de PVC corrugado, de 16 mm de diámetro nominal	115,04	Kg	0,227
	Tubo curvable de PVC corrugado, de 20 mm de diámetro nominal	140,31	Kg	0,276
	Tubo curvable de PVC corrugado, de 25 mm de diámetro nominal	39,22	Kg	0,077
	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared, de 40 mm de diámetro nominal	9,13	Kg	0,014
	Tubo rígido de PVC, roscable, curvable en caliente, de 32 mm de diámetro nominal	14,01	Kg	0,028
	Caja de empotrar universal, enlace por los 2 lados	3,90	Kg	0,003
	Caja de empotrar universal, enlace por los 4 lados	1,70	Kg	0,001
	Caja de empotrar para toma de 25 A (especial para toma de corriente en cocinas)	0,10	Kg	0,000

ANEJOS

ELECTRICIDAD	Caja de derivación para empotrar de 105x105 mm	16,03	Kg	0,008
	Caja de derivación para empotrar de 105x165 mm	6,87	Kg	0,003
	Interruptor general automático (IGA)	0,51	Kg	0,000
	Interruptor automático magnetotérmico	4,48	Kg	0,001
	Interruptor diferencial instantáneo,	1,68	Kg	0,005
	Caja empotrable con puerta, para interruptor de control de potencia (ICP) de ABS autoextinguible	4,00	Kg	0,001
	Caja de protección y medida	4,28	Kg	0,004
	Tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor	4,80	Kg	0,009
	Cable unipolar de cobre clase 5 (-K) de 10 mm <sup>2</sup> de sección	0,01	Kg	0,000
	Aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos	1,43	Kg	0,001
	Cable unipolar de cobre clase 5 (-K) de varias secciones	35,49	Kg	0,032
	Conductor de cobre de 1,5 mm <sup>2</sup> de sección, para hilo de mando	0,48	Kg	0,000
	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm <sup>2</sup> .	1,51	Kg	0,001
	Conductor rígido unipolar de cobre, aislado, 750 V y 4 mm <sup>2</sup> de sección	3,85	Kg	0,000
	Abrazadera de latón.	0,09	Kg	0,000
	Placa de cobre electrolítico puro para toma de tierra, de 300x100x3 mm, con borne de unión.	0,03	Kg	0,00
	Soldadura aluminotérmica del cable conductor a la placa.	0,01	Kg	0,000
	Luminaria para adosar a techo o pared, de 210x120x100 mm,	2,80	Kg	0,003
<b>TOTAL</b>			<b>0,689</b>	
TELECOMUNICACIONES	Hormigón HM-20/B/20/l	730,31	Kg	0,124
	Tubo curvable de PVC, de 20 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada	59,64	Kg	0,117
	Tubo curvable, de polietileno de doble par, de 63 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada	10,80	Kg	0,012
	Cable coaxial RG-6 de cobre de 1,15 mm de diámetro	1,18	Kg	
	Dieléctrico de polietileno celular	0,12	Kg	0,000
	Malla de hilos trenzados de cobre	3,04	Kg	0,003
	Cubierta exterior de PVC de 6,9 mm de diámetro de color blanco.	1,01	Kg	0,002
	Cable rígido U/UTP de 4 pares trenzados de cobre, categoría 6, con conductor unifilar de cobre	3,31	Kg	0,003
	Aislamiento de polietileno	26,03	Kg	0,041
	Vaina exterior de poliolefina termoplástica LSFH	25,94	Kg	0,029
	Toma simple con conector tipo, con marco y embellecedor.	1,10	Kg	0,003
	Amplificador de mástil, de 35 dB de ganancia máxima, con caja de protección de ABS,	2,00	Kg	0,001
	Carga resistiva de 75 Ohm, para cierre.	0,09	Kg	0,000
	Antena exterior DAB para captación de señales de radiodifusión de 555 mm de longitud.	20,00	Kg	0,019
	Antena exterior UHF para captación de señales de televisión de 1110 mm de longitud.	10,00	Kg	0,010
	Distribuidor de 5-2400 MHz de 4 salidas	0,10	Kg	0,000
	Toma separadora doble, TV/R-SAT, de 5-2400 MHz, con embellecedor.	1,10	Kg	0,000
	Caja de plástico de registro de terminación de red para instalaciones de ICT, de 500x600x80 mm	3,39	Kg	0,003
	Soporte separador de tubos de PVC rígido de 63 mm de diámetro.	4,60	Kg	0,003
	Hilo guía de polipropileno de 3 mm de diámetro.	2,21	Kg	0,001
	Mástil de antena de 3 m de alto, fabricado con tubo de acero de 40 mm de diámetro y 2 mm de espesor	2,00	Kg	0,001
	Garra de anclaje a obra en L para mástil, de 500 mm de longitud y 4 mm de espesor	1,50	Kg	0,000
	Manguera de videoportero compuesta por 3 hilos de 1 mm <sup>2</sup> , 8 hilos de 0,5 mm <sup>2</sup> y cable coaxial de 75 Ohm.	1,50	Kg	0,000
Kit de videoportero convencional	4,00	Kg	0,005	
<b>TOTAL</b>			<b>0,377</b>	
	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	5,00	Kg	0,000
	Tubo de acero negro, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, de varios diámetros	125,85	Kg	0,120

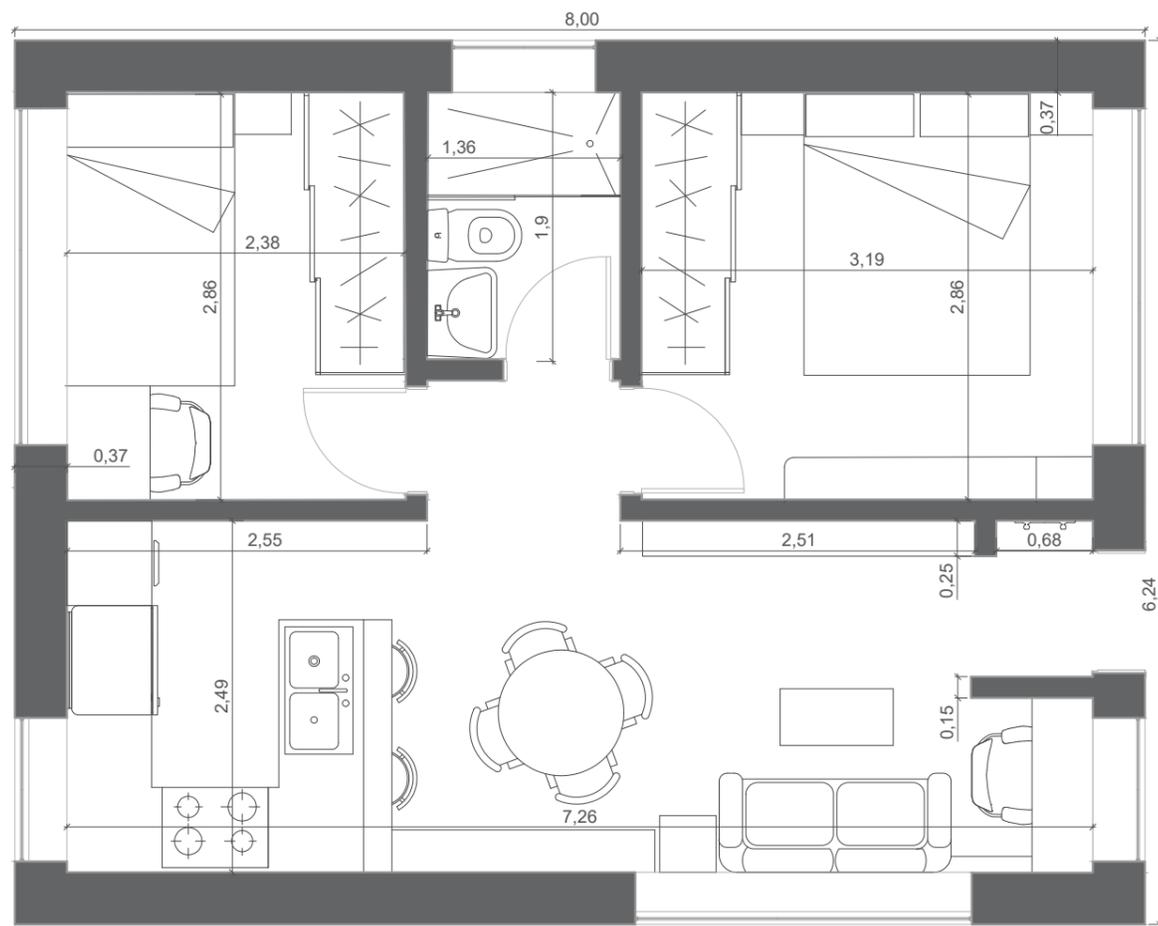
FONTANERÍA	Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías	0,58	kg	0,000
	Cinta anticorrosiva, de 10 cm de ancho, para protección de materiales metálicos enterrados	5,48	Kg	0,010
	Mortero industrial para albañilería, de cemento, categoría M-5	75,62	Kg	0,007
	Hormigón HM-20/P/20/I	972,30	Kg	0,165
	Tapa de PVC, para arquetas de gas de 30x30 cm.	0,02	Kg	0,000
	Esmalte sintético, para aplicar sobre superficies metálicas	0,89	Kg	0,000
	Imprimación antioxidante con poliuretano.	0,17	Kg	0,000
	Pasta hidrófuga.	0,17	Kg	0000
	Tubo curvable de PVC, corrugado, de 50 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada	4,20	Kg	0,008
	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1 1/4".	0,11	Kg	0,000
	Armario de regulación de caudal	14,50	Kg	0,011
	Tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, diámetro D=20/22 mm y 1 mm de espesor	8,95	Kg	0,002
	Tubo de polietileno de alta densidad, de 20 mm de diámetro exterior	1,50	Kg	0,002
	Acometida de polietileno de alta densidad, de 32 mm de diámetro exterior,	7,50	Kg	0,008
	Collarín de toma en carga, de PVC, para tubo de polietileno de alta densidad de 32 mm de diámetro exterior	2,65	Kg	0,005
	Tubo metálico de 40 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor	14,40	Kg	0,011
	Arqueta registrable de polipropileno, 30x30x30 cm	24,00	kg	0,024
<b>TOTAL</b>			<b>0,369</b>	
FONTANERÍA	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	672,00	Kg	0,008
	Hormigón HM-20/P/20/I	822,00	Kg	0,140
	Tapa de PVC, para arquetas de fontanería de 30x30 cm.	24,00	Kg	0,047
	Arqueta de polipropileno, 30x30x30 cm.	4,80	kg	0,001
	Llave de paso para lavadora o lavavajillas, para roscar, serie básica, de 1/2" de diámetro.	1,58	Kg	0,000
	Marco y tapa de fundición dúctil de 30x30 cm	9,00	Kg	0,002
	Válvula de asiento, de bronce, de 20 mm de diámetro	4,75	Kg	0,001
	Válvula de asiento, de bronce, de 25 mm de diámetro	0,99	Kg	0,000
	Grifo de comprobación de latón, para roscar, de 1/2".	0,69	Kg	0,000
	Válvula de compuerta de latón fundido, para roscar, de 1/2".	1,59	Kg	0,000
	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1"	0,75	Kg	0,000
	Válvula de retención de latón para roscar de 1/2".	0,87	Kg	0,000
	Acometida de polietileno PE 100, de 32 mm de diámetro exterior, PN=10 atm y 2 mm de espesor	6,00	Kg	0,007
	Collarín de toma en carga de PP, para tubo de polietileno, de 32 mm de diámetro exterior	2,65	Kg	0,003
	Tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 16 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 1,8 mm de espesor	3,42	Kg	0,007
	Tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 20 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 1,9 mm de espesor	6,95	Kg	0,007
	Tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 25 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 2,3 mm de espesor	1,45	Kg	0,002
Angulares y chapas metálicas con sus elementos de fijación y anclaje de las tuberías de PVC	49,50	Kg	0,047	
Filtro retenedor de residuos de latón, de 0,4 mm de diámetro, con rosca de 1/2"	0,02	Kg	0,000	
<b>TOTAL</b>			<b>0,272</b>	
<b>TOTAL MATERIALES Y PRODUCTOS</b>				<b>22,576</b>

Tabla nº 20. Cuadro de emisiones de CO<sub>2</sub> por materiales y sistemas constructivos. Fuente: elaboración propia

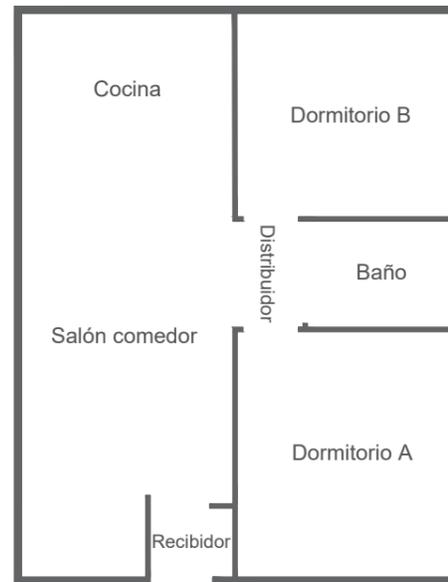


### 6.3. PLANOS

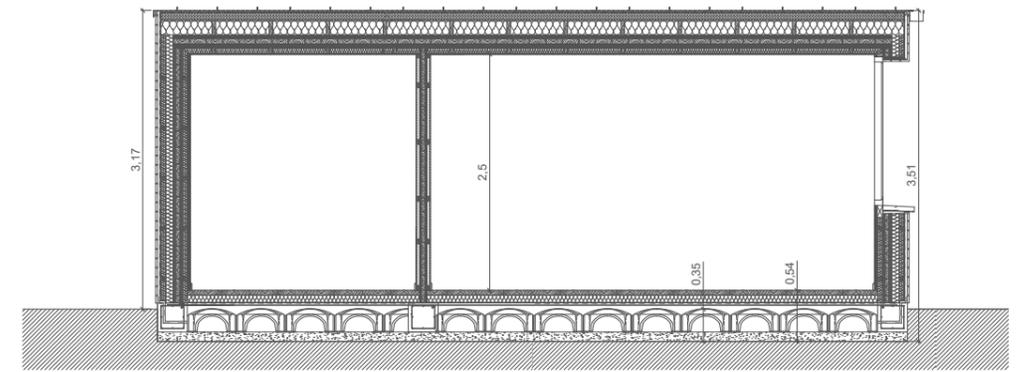




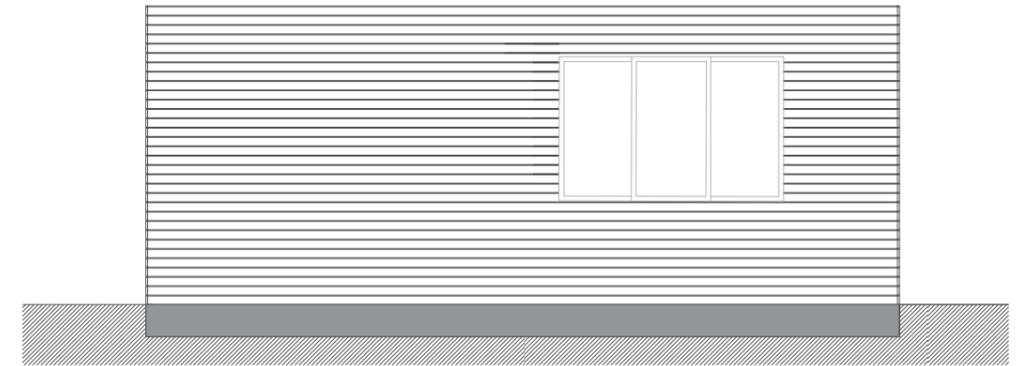
E 1/50



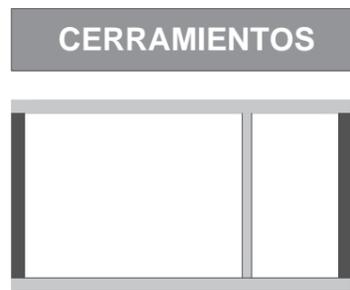
CUADRO DE SUPERFICIES	
Recibidor	0,75 m <sup>2</sup>
Salón comedor	12,90 m <sup>2</sup>
Cocina	5,72 m <sup>2</sup>
Dormitorio A	9,19 m <sup>2</sup>
Baño	2,57 m <sup>2</sup>
Dormitorio B	6,87 m <sup>2</sup>
Distribuidor	1,36 m <sup>2</sup>
Superficie total	39,36 m <sup>2</sup>
Superficie construida total	49,92 m <sup>2</sup>



E 1/75



E 1/75



E 1/20



E 1/20



E 1/20



E 1/20

- 
- 1 Tablero de madera CLT de espesor 10cm compuesto por un total de tres planchas de madera pino radiata
  - 2 Doble placa de cartón yeso
  - 3 Rastrel de madera de la especie pino radiata de dimensiones 38,0 x 58,0 mm y un intereje de 60,0 m.
  - 4 Aislamiento mediante tablero de fibras de madera de espesor e= 50 mm
  - 5 Aislamiento mediante placas de fibras de madera de espesor e= 80 mm
  - 6 Aislamiento mediante placas de fibra de madera de espesor e= 50 mm, entre los que se disponen unos rastreles de madera de la especie pino radiata de dimensiones 38 x 58 mm, y sobre los que se coloca una barrera impermeable.
  - 7 Revestimiento exterior de madera de roble de 20 mm de espesor, sobre unos travesaños de madera de la especie pino radiata de dimensiones 28 x 38 mm y una cámara de aire entre ellos.
- Unión de los elementos mediante tornillería y escuadras

- 
- 1 Tablero de madera CLT de espesor 8cm compuesto por un total de tres planchas de madera pino insignis y encolado con un adhesivo monocompente de poliuretano.
  - 2 Cartón yeso compuesto por yeso, celulosa y un encolado que permite su unión. Las juntas están tapadas con pasta y cinta.
  - 3 Travesaño de madera de la especie pino radiata de dimensiones 2,0 x 5,0 cm y un intereje de 60,0 m.
  - 4 Rodapié de madera de la especie pino radiata tratado con un lasur incoloro de dispersión acuosa unido mediante adhesivo de poliuretano.
- Unión de los elementos mediante tornillería y escuadras

- 
- 1 Pavimento interior consistente en un entablado laminar de madera de roble tipo clic
  - 2 Barrera de vapor sobre un aislante de poliestireno extrusionado de espesor 900 mm.
  - 3 Capa de compresión de hormigón armado de 4 cm de espesor y malla electrosoldada.
  - 4 Hormigón de limpieza sobre terreno

- 
- 1 Placa de cartón yeso de e = 1,25 cm
  - 2 Rastrel de madera de la especie pino radiata de dimensiones 38,0 x 58,0 mm y un intereje de 60,0 m entre los que se coloca un aislante de placas de fibra de madera de espesor 50 mm
  - 3 Tablero de madera CLT de espesor 135 mm compuesto por un total de tres planchas de madera pino insignis
  - 4 Aislamiento mediante placas de fibra de madera de espesor e= 150 mm, entre los que se disponen unos rastreles de madera de la especie pino radiata de dimensiones 38 x 150 mm
  - 5 Aislamiento de poliestireno extruido de espesor e= 80 mm, sobre el que se coloca una lámina desoladizadora
  - 6 Chapa de zinc titanio con juntas alzadas, colocadas sobre una lámina tipo huevera

Análisis del Ciclo de vida enfocado a la construcción de una vivienda unifamiliar compuesta por tableros de madera contralaminada

ALZADO, PLANTA Y SECCIONES

ESCALAS: Varias

ENRIQUE ARROYO MARTÍNEZ

EUAT

TFG

Junio de 2018

01