



[TFM] PERFIL INVESTIGADOR

LA SOSTENIBILIDAD ARQUITECTÓNICA DETERMINANTE EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA. ACV.

MÁSTER OFICIAL EN SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN
LOS EDIFICIOS Y EN LA INDUSTRIA.

AUTORA: Silvia Noemí Segura Plaza

TUTORES:

José Manuel Palomar,
Francisco Javier Rey,

Universidad de Jaén;
Universidad de Valladolid.



Diciembre 2013



UNIVERSIDAD DE JAÉN



LA SOSTENIBILIDAD ARQUITECTÓNICA DETERMINANTE EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA. ACV.

“ Dedicado a aquellos que confían en un futuro sostenible, basado en parámetros de construcción, técnicas bioclimáticas y el apoyo de la eficiencia energética como futuro de la sociedad, por todos los esfuerzos que ayudan al progreso de la construcción sustentable “





r ESUMEN

Se presenta en este trabajo una preocupación por el concepto de sostenibilidad asociado a cualquier palabra, como "moda" o "necesidad". La construcción ha sido tan poco respetuosa con el medio ambiente que es obligatorio el cambio. El uso de materiales comerciales, internacionales, han creado un gran impacto en nuestro planeta, olvidando los materiales biológicos, entre ellos la madera, como un recurso vivo, regenerador y saludable en nuestro entorno, que favorece las necesidades habitables en la construcción. Para evaluar dicho impacto, y como herramienta más completa que las habituales de certificación energética, el estudio de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) identifica las etapas más duras para el entorno. Se introduce la metodología de ACV y el edificio objeto que será la base a la cual se le propondrán una serie de ecodiseños para evaluarlos y verificar si la sostenibilidad arquitectónica aportada mejora la eficiencia energética en el edificio.

ABSTRACT

A preoccupation with the concept of sustainability associated with any word like "trend" or "need" is presented in this paper. Construction has been disrespectful to the environment, change is required. The use of trade e international materials, have created a great impact on our planet, forgetting biological materials, including wood, as healthy living resource, regenerating our environment, which favors habitable building needs. To assess this impact, and as more comprehensive tool than the usual energy certification, the Live Cycle Assessment study identifies the hardest stages for the environment. LCA methodology and the objet building will be the base to which it will propose a series of eco-design to evaluate and verify if the architectural sustainability provided, improved energy efficiency in the building.



0

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO DEL TRABAJO

- 1.1. Definiciones.
- 1.2. Introducción y motivación del trabajo.
- 1.3. Objetivos y alcance de la investigación.

2. ESTADO DEL ARTE ACTUAL Y FUTURO PROXIMO EN EDIFICIOS SOSTENIBLES

- 2.1. Comienzo del concepto *Desarrollo Sostenible*.
- 2.2. Necesidad de una arquitectura sostenible. Ecodiseños.
- 2.3. Eficiencia energética como medida de evaluación.
- 2.4. Una herramienta de evaluación ambiental más completa: ACV.
- 2.5. La madera como material sostenible.

3. METODOLOGÍAS ACV

- 3.1. Metodología del ACV normalizado.
- 3.2. Diferentes herramientas de evaluación basadas en el ACV.
- 3.3. Metodología en la herramienta de trabajo futuro ACV. *SimaPro*.

4. DESARROLLO DEL OBJETO Y EVALUACIÓN

- 4.1. Edificio modelo propuesto.
- 4.2. Limitación de la demanda energética.
- 4.3. Calificación energética.
- 4.4. Introducción al ACV.
 - 4.4.1. Objetivo y alcance de estudio
 - 4.4.2. Análisis del inventario de ciclo de vida
 - 4.4.3. Evaluación del impacto ambiental
 - 4.4.4. Interpretación de los resultados
- 4.5. Análisis de resultados.

5. PROPUESTAS DE MEJORA Y ANÁLISIS DE LAS MISMAS

- 5.1. Líneas generales
- 5.2. Propuestas de mejora y ecodiseños

6. CONCLUSIONES E INVESTIGACIÓN FUTURA

7. BIBLIOGRAFIA



LISTADO DE ABREVIATURAS

ACV:	Análisis del Ciclo de Vida	<i>Inglés: LCA: Life Cycle Assessment</i>
IPPC:	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático	
GEI:	Gases de Efecto Invernadero	
UNEP:	United Nations Environment Programme	
OCDE:	Organisation for Economic Cooperation and Development	
FSC:	Forest Stewardship Council	
AICV:	Análisis del Inventario de Ciclo de Vida;	<i>Inglés: LCI: Life Cycle Inventory</i>
EICV:	Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida;	<i>Inglés: LCIA: Life Cycle Impact Assessment</i>
ICV:	Interpretación de Ciclo de Vida;	<i>Inglés: LCI: Life Cycle Interpretation</i>
PEFC:	Programme for the Endorsement of Forest Certification	
CTE:	Código Técnico de la Edificación	
LCC:	Coste de Ciclo de Vida	
LCM:	Gestión de Ciclo de Vida	
BMCC:	Building Material and Component Combinations	
WPC:	Whole Process of the Construction	

LISTADO DE FIGURAS

- Figura 1: Consumo de un edificio según CEE
- Figura 2: Etapas del Ciclo de Vida de un edificio
- Figura 3: Esquema de metodología
- Figura 4: Cronología de sucesos que alteran el desarrollo edificado
- Figura 5: Impacto ambiental en el sector de la construcción
- Figura 6: Principales aspectos de Sostenibilidad
- Figura 7: Sostenibilidad en edificios y obras de construcción
- Figura 8: Indicadores de sostenibilidad para construcción -Norma ISO 21929-
- Figura 9: Evolución hacia el Ecodiseño y el ACV
- Figura 10: Etiquetado ecológico
- Figura 11: Medidas de edificación del Plan de Ahorro y Eficiencia Energética IDAE
- Figura 12: Fases del Ciclo de vida
- Figura 13: Etapas ciclo de vida edificio
- Figura 14: Estructura general de la metodología de ACV simplificada
- Figura 15: Esquema de las fases de un Análisis de Ciclo de Vida de acuerdo a la ISO 14040
- Figura 16: Entradas y salidas relativas al ACV
- Figura 17: Ciclo iterativo del ACV en edificios
- Figura 18: Imagen del Edificio modelo en LIDER
- Figura 19: Imagen del Edificio modelo en CALENER GT
- Figura 20: Subsistema de la zona del Centro Investigación Andaluz
- Figura 21: Método Eco-indicador⁹. Este procedimiento permite reducir la cantidad de categorías de impacto a solo 3 en vez de 11 sin ponderación subjetiva





1

INTRODUCCIÓN

1.1. DEFINICIONES

SOSTENIBILIDAD ARQUITECTÓNICA: “Es una arquitectura ambientalmente consciente, es un modo de concebir el diseño arquitectónico de manera sostenible, buscando optimizar los recursos naturales y sistemas de la edificación de tal modo que minimicen el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes”. [1]

ECODISEÑO: “Proceso de diseño que considera los impactos medioambientales en todas las etapas del proceso de diseño y desarrollo de productos, para lograr productos que generen el mínimo impacto medioambiental posible a lo largo de todo su ciclo de vida”. [2]

EFICIENCIA ENERGÉTICA: “El conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad”. [3]

ECOEficiencia: “Cuando es capaz de ofrecer productos y servicios a un precio competitivo, que satisfacen necesidades humanas, incrementando su calidad de vida, reduciendo progresivamente el impacto medioambiental y la intensidad del uso de recursos a lo largo de su ciclo de vida, al menos hasta el nivel de capacidad de carga del planeta”. [4]

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA: Balance ambiental. Estudia los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto. Considera toda la historia del producto, desde su origen como materia prima, hasta su final como residuo. Se tienen en cuenta todas las fases intermedias como transporte y preparación de materias primas, manufactura, transporte a mercados, distribución, uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición del residuo. [5]

El ACV consiste por tanto en un tipo de contabilidad ambiental en la que se cargan a los productos los efectos ambientales adversos, debidamente cuantificados, generados a lo largo de su ciclo de vida. [5]



1.2. INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN DEL TRABAJO

Tras el cambio medioambiental palpable a raíz de la inmensidad de nueva extensión urbana, generado en los últimos años, es evidente que los indicios de deterioro ecológico se hacen cada vez más incuestionables, y por tanto la evaluación del impacto sobre el medio ambiente y las actividades humanas se vuelve más ineludible. Ya no es sólo atribuir a la industria y al transporte el origen principal de contaminación, sino el entorno construido, donde pasamos aproximadamente el 90% de nuestras vidas [6], es gran responsable de dicho deterioro.

Uno de los aspectos claves en todo proceso constructivo es el diseño del proyecto, ya que durante esta fase, se toman gran cantidad de soluciones que afectan al resultado final. Es evidente que buena parte de los procesos asociados al diseño y desarrollo de los edificios no están concebidos para ser sostenibles y por tanto necesitan ser “re-diseñados”.

Se estima que más del 80% de los impactos ambientales que tiene cualquier edificio durante las fases de su ciclo de vida están prefijados desde su **etapa de diseño**. El diseñador o proyectista es el que toma las primeras decisiones para mejorar los resultados medioambientales, es el creador del eje vertebrador para el posterior desarrollo del edificio, controlando la elección de materiales y soluciones constructivas empleadas en el proyecto [7].

Además de eso, la Unión Europea (CEE) determina que el consumo de un edificio depende:

$$C = \frac{\text{DEMANDA}}{\eta_{\text{sistema}}}$$

Consumo Calificación Emisiones CO₂ Clima Uso Edificio Rendimiento Instalaciones

Figura 1: Consumo de un edificio según CEE

El consumo de energía de un edificio, y por tanto emisiones de CO₂ (en la fase de uso) es el cociente entre la demanda del edificio, que depende: de las condiciones climatológicas, el uso característico y el edificio (orientación, sombras, envolventes, materiales, etc); frente al Rendimiento del sistema de instalaciones que tenga dicho edificio. El peso de la demanda es significativamente mayor frente a las instalaciones.

Por todo esto, los arquitectos y proyectistas, deberíamos estar obligados a aplicar los términos de **ecodiseños** y **ecoeficiencia** en la fase de diseño del proyecto. La arquitectura sostenible es aquella que respeta las sensibilidades de su entorno, el medio ambiente. Al diseñar un edificio con parámetros sostenibles, se logra mejorar la eficiencia energética ya que se reduce la demanda y por tanto disminuye el consumo. Basarse en el lema: “*Construir bien desde el inicio*” de Carter en 1995.

Existen diversas herramientas que evalúan las emisiones de CO₂ de los edificios. Herramientas actuales internacionales de certificación sostenible, como el Bream, Leed,



Casbee, GBTool, Verde, Green Gloves^{TMB}, que van enfocadas a fases avanzadas de diseño, o cuando el proyecto está finalizado. Coexisten en España otras herramientas, actualmente muy utilizadas, como son las herramientas de certificación energética, como son CALENER VYP y GT, CE3, CE³X, etc... que son herramientas que evalúan el impacto ambiental dependiendo del consumo energético del edificio en la etapa de uso.

Todas estas herramientas, están enfocadas a una fase ya avanzada del proyecto, o con el edificio terminado, y pocas, o casi ninguna de dichas herramientas cuantifican y prevén los impactos producidos por el edificio en todo su ciclo de vida. Las herramientas de ACV son clave en la etapa de diseño, para desarrollar un proceso sostenible, para así mejorar los resultados medioambientales. Herramientas que evalúan un edificio “desde la cuna a la tumba”, pasando por todas las etapas de vida del edificio y sus materiales.

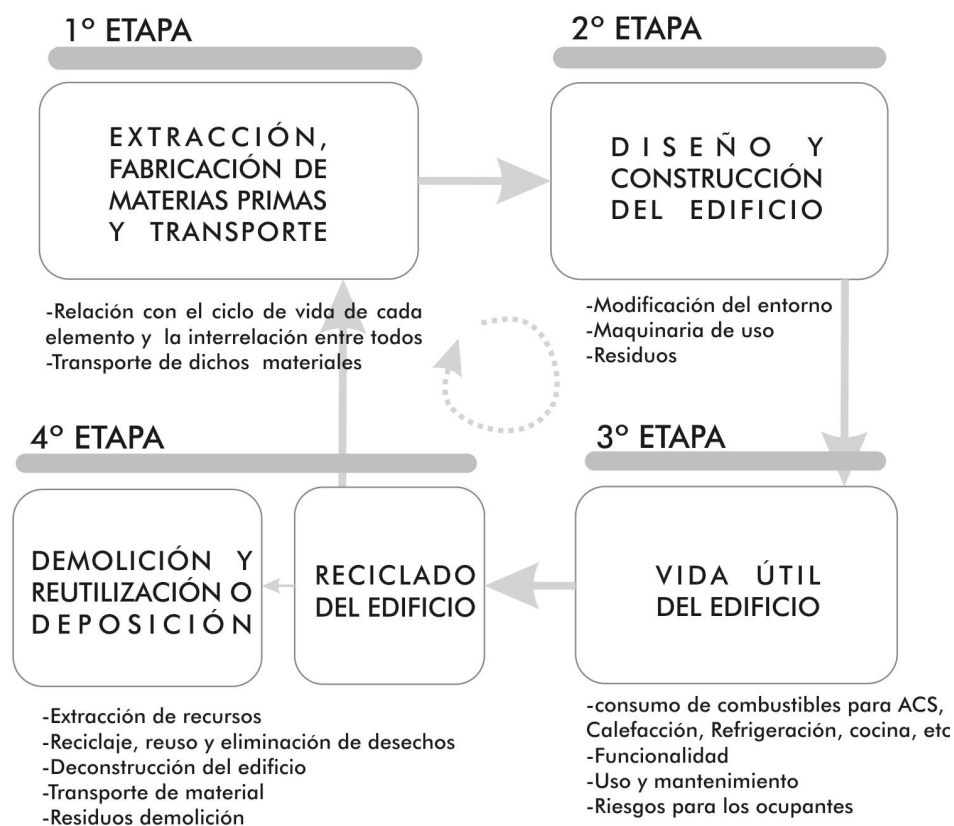


Figura 2. Etapas del Ciclo de Vida de un edificio

Por ello, es necesario el conocer herramientas sostenibles, puesto que se demuestra que con **ecodiseños** se mejora la eficiencia energética. Diseños que sean responsables desde el inicio del proyecto, tomar medidas que fomentan las sostenibilidad global. Siendo conscientes de que tan sólo del diseño del edificio y materiales, no engloba todo el ciclo de sostenibilidad del edificio, puesto que actualmente se usan materiales NO LOCALES y esto supone un incremento notable en costes energéticos. Así que, estudiar cada material, su origen, medio de transporte, vida útil, y posible reciclaje, como característica importante desde el inicio debe ser prioritario para los proyectistas. Hoy día existe mayor nivel de conciencia, capacitación y sensibilidad de los usuarios, y ha crecido la exigencia de productos sostenibles por parte de la sociedad.



1.3. OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo del presente trabajo es realizar un estudio específico en el estado del arte de la sostenibilidad arquitectónica actual, con introducción al ACV como herramienta de evaluación del impacto ambiental, que informe positivamente la toma de decisiones en el ámbito del diseño de construcción, promoviendo el uso de la madera como solución alternativa en aquellos supuestos donde sus impactos ambientales y climáticos sean inferiores al escenario de referencia.

La hipótesis del trabajo sostiene que la construcción en madera de algunas soluciones, representa una alternativa constructiva más eficiente, económica y benigna desde el punto de vista energético y ambiental. La madera es un material sostenible y un uso adecuado del mismo mejora el impacto ambiental, según la evaluación del ACV.

Para desarrollar el trabajo, se utilizará un ejemplo de un edificio público, al que se le realiza un cálculo mediante programas de certificación energética, y se procede a introducir al Análisis del Ciclo de Vida de dicho edificio, que en el futuro desarrollo de investigación se evaluará en la herramienta de cálculo *SimaPro*.

Posteriormente, y analizando los resultados obtenidos, proponer una serie "ecodiseños", fundamentalmente basados en el uso de la madera, los cuales podían haberse tenido en cuenta en dicho edificio. En base a otros estudios, ilustrar que las nuevas soluciones constructivas generan un menor impacto energético y ambiental.

El presente trabajo termina con unas conclusiones sobre todo lo escrito anteriormente, en referencia al estado del arte actual en materia de sostenibilidad y ACV, metodologías de ACV y valoración energética sobre el edificio objeto y las propuestas de mejora. Además propongo una reflexión a la llamada *SOSTENIBILIDAD*.

Este estudio es un comiendo de una investigación futura más profunda y completa, con pretensiones en evaluar el ACV completo del edificio, y volver a evaluarlo con las propuestas de mejora definidas. Comprobar así, si la sostenibilidad arquitectónica es determinante en la eficiencia energética del edificio, y por tanto, mejorando su impacto ambiental. Finalmente se extraen algunas conclusiones acerca de las características de un futuro "desarrollo sostenible".

En resumen, **reducir el impacto ambiental considerando el ciclo de vida del edificio a través de diseños madereros que integren criterios medioambientales, y favorezca la eficiencia energética del mismo.**

Metodología seguida en la presente investigación:

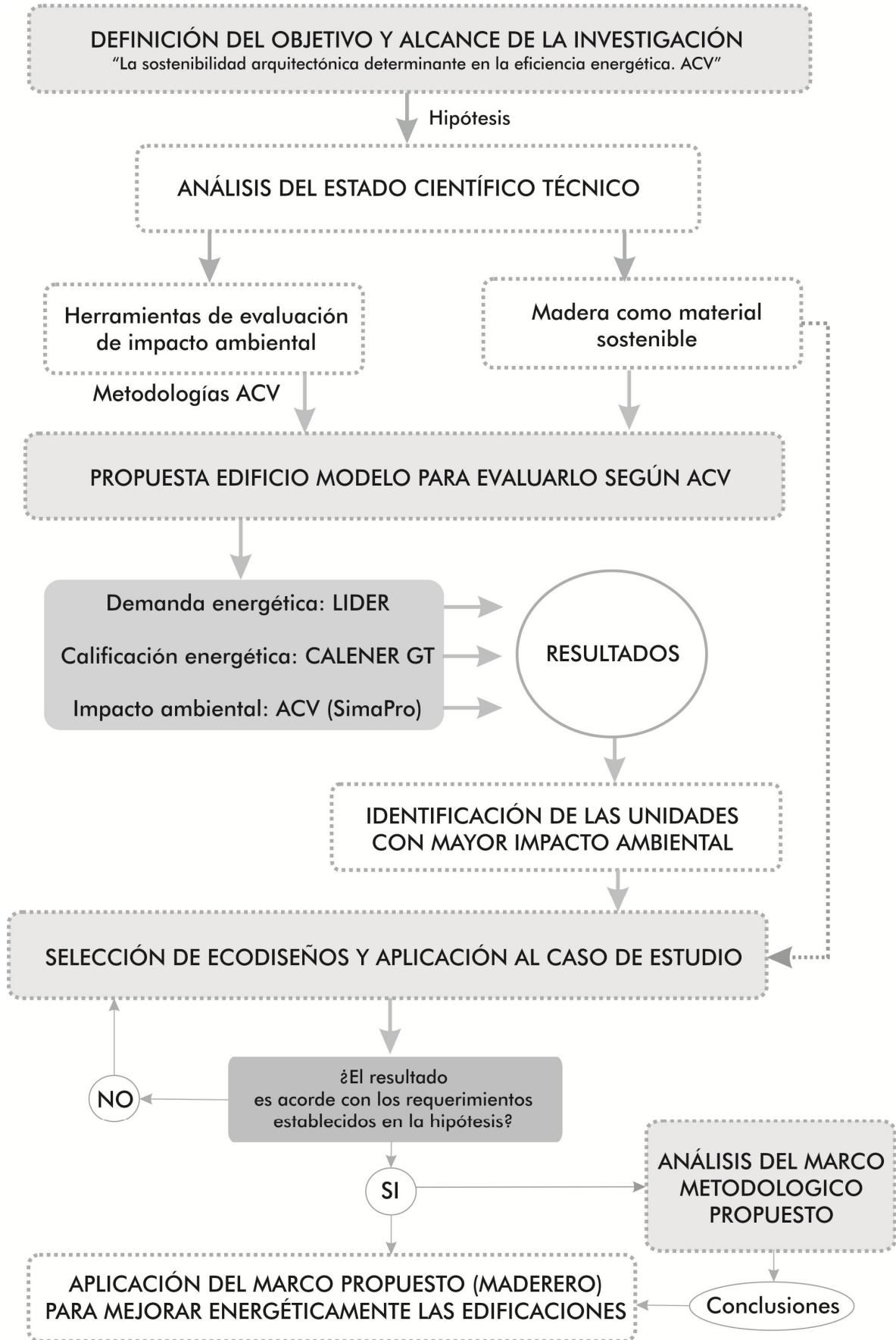


Figura 3: Esquema de metodología



2

ESTADO DEL ARTE ACTUAL Y FUTURO PRÓXIMO

2.1. COMIENZO DEL CONCEPTO “DESARROLLO SOSTENIBLE”

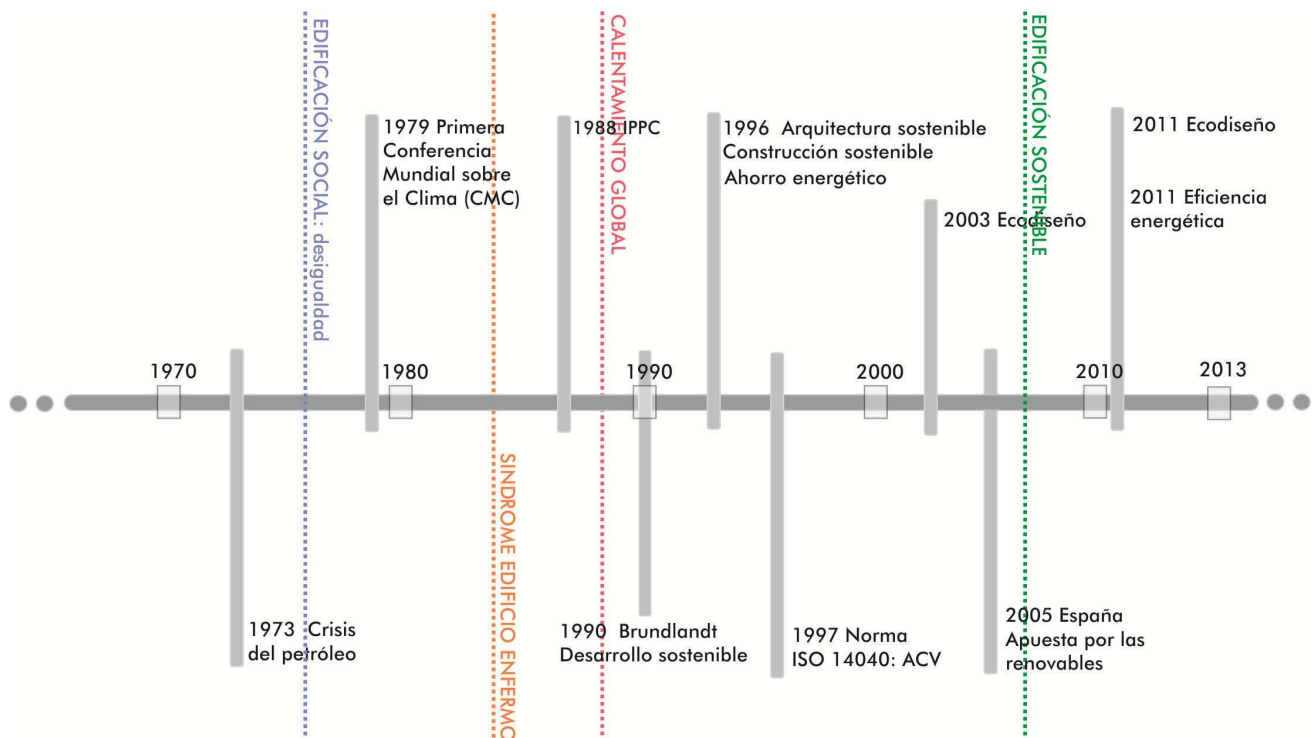


Figura 4: Cronología de sucesos que alteran el desarrollo edificado

Desde 1988 que se creó la IPPC, Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, la necesidad del cambio fue visible, debido al aumento de GEI con evidencias de alteraciones por los seres humanos. Tras varios años e informes, se determinan unas iniciativas y medidas para mitigar el problema. Posteriormente, se definió un nuevo concepto, el cual sería la nueva dirección del desarrollo.

La Comisión Brundlandt en 1990, definió el **desarrollo sostenible** *“aquel desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones. Intuitivamente una actividad sostenible es aquella que se puede mantener. Por ejemplo, cortar árboles de un bosque asegurando la repoblación, es una actividad sostenible. Por el contrario, consumir petróleo no es sostenible con los conocimientos actuales, ya que no se conoce ningún sistema para crear petróleo a partir de la biomasa. Hoy sabemos que una buena parte de las actividades humanas no son sostenibles a medio y largo plazo tal y como hoy están planteadas”*



En términos constructivos, cabe hacer una reflexión sobre la construcción y el ritmo de crecimiento en los últimos años (gran crecimiento del suelo edificado antes del periodo de crisis). Aunque el sector de la construcción es un sector que de forma directa puede producir pocas emisiones frente al resto de sectores, desde el punto de vista del ACV, el sector urbano representa otros impactos indirectos más importantes, tales como consumos y emisiones derivadas en industria, transporte, incluso deterioro del medio ambiente por la obtención de recursos naturales, además de la producción de residuos procedentes de los mismos. La construcción provoca unos impactos ambientales que incluyen la utilización de materiales que provienen de recursos naturales, y la utilización de grandes cantidades de energía, y por tanto los efectos medioambientales son muy importantes [6], [8].

Recabando datos, obtenemos que según la Unión Europea CE, y verificado por la UNEP y el OCDE, la construcción urbana supone aproximadamente:

- 30-40% de la energía total consumida
- 60-65% de consumo de electricidad
- 30-40% de emisiones de GEI,
- 50-60% de consumo en materias primas
- 40-50% de residuos
- 12% en España de consumo actual de agua.

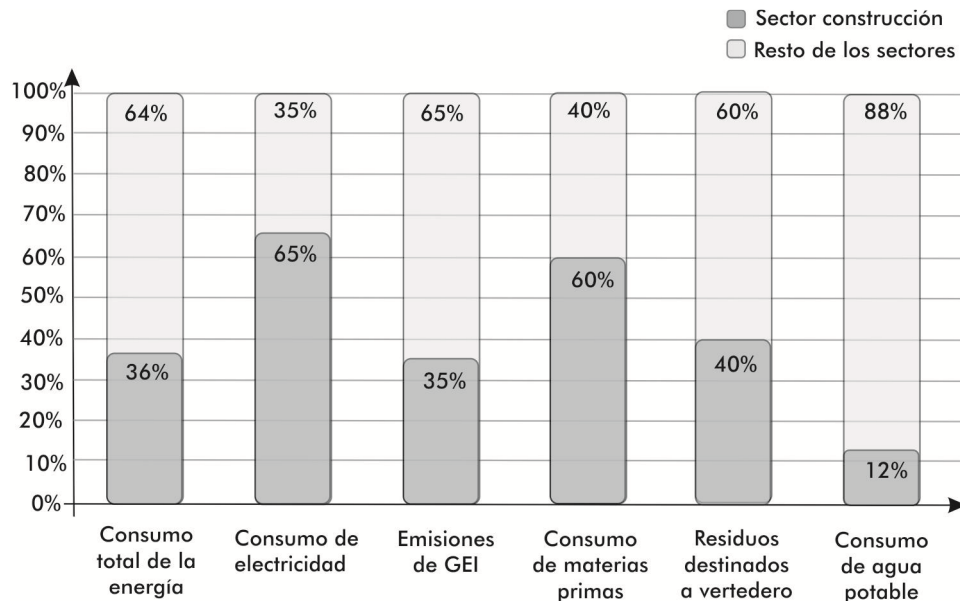


Figura 5: Impacto ambiental en el sector de la construcción

Aunque desde 2009 hasta 2013 las emisiones de GEI han ido en descenso, España sigue siendo uno de los países industrializados donde más han aumentado las emisiones respecto a 1990. El descenso puede imputarse en buena parte a la crisis económica, que supone una moderación importante en el consumo de electricidad y vehículo privado. En 2012, el sector energético es el mayor responsable del conjunto de emisiones, representa un 78% del total. El resto corresponde a las diez refinerías de petróleo, consumos



energéticos de industria, transporte aéreo, usos residenciales y servicios (sobre todo climatización y agua caliente sanitaria) [9].

Además, debe considerarse que en la mayoría de los casos, los materiales que se usan en el sector de la construcción son de carácter global y en una minoría se recurre a materiales de carácter local, lo cual genera importantes costes energéticos e impactos ambientales. Sin olvidar costes ecológicos.

Es casi imposible cuantificar el impacto negativo sobre el ambiente de las técnicas industriales y constructivas y su coste energético. Se considera que éste coste es proporcional al impacto sobre el territorio debido a movimientos de materiales, aunque es bastante ambiguo, ya que cada material se puede contabilizar su coste a través de una serie de operaciones, escondidas e implícitas en el agregado final de energía. Es decir, el impacto ambiental de un solo material, ya no sólo sistema constructivo, depende del proceso constructivo, eficiencia, distancia de la producción y transporte, residuos de dicho material. Para solucionar estos problemas, se cuenta con la *teoría general de la termoeconomía*, en la que las medidas de energía útil o exergía a los cuales puede calcularse el coste exergético mínimo, ligado al máximo rendimiento termodinámico de los procesos. Desventaja, al ser valores teóricos, inalcanzables en la práctica. Para valores reales hay que operar en rendimientos reales, sin embargo cuenta con la ventaja de que permite comparar el coste de los procesos de una situación, aunque teórica, corresponde al mínimo impacto sobre el ambiente: aquella en la que los rendimientos son máximos. [10].

Aunque es cierto que por la energía hay una preocupación ambiental, no debe olvidarse que los límites materiales del mundo son mucho más estrictos que los energéticos, y por tanto el futuro preocupa más por la **escasez de recursos**, debido al hecho de resultar más fácil convertir materiales en energía que energía en materiales [10]. Por tanto, los esfuerzos deben ir a favor de una construcción sostenible y dirigirse en disminuir el coste del mantenimiento de los edificios. Prioridad al diseño bioclimático integrado en el medio ambiente, ya que en climas peninsulares podrían proporcionar drásticas reducciones de los consumos.



2.2. NECESIDAD DE UNA ARQUITECTURA SOSTENIBLE. ECODISEÑOS

En la 1ª Conferencia Europea de Ministros sobre Política de Vivienda sostenible, celebrada en Copenhague 22 y 24 Abril de 1996, se fundamentó: *“La necesidad de recuperar el concepto de ciudad próspera y cohesionada de forma que, mejorando su integración en el territorio y el medio natural, se reduzca su impacto ambiental. Por tanto debe aproximarse la regeneración urbana, y por ello, favorecer la reutilización del parque de viviendas y con ellos mejorar su eficiencia energética y medioambiental, considerando la vivienda, no como un elemento aislado, sino intrínsecamente inseparable de su entorno e interrelacionada con la política de suelo en el marco de la construcción de la ciudad”.*

En dicha conferencia, hicieron hincapié en varios aspectos como:

- Ahorro energético.
- Tratamiento especial de los desechos de construcción.
- Utilización de nuevos materiales constructivos bajo el concepto de Sostenibilidad.
- Análisis sobre el ciclo de vida.

Debido a esto, el concepto **Sostenibilidad** se tomó como una cuestión fundamental, entendiéndola como un estado que requiere que los seres humanos lleven a cabo sus actividades de una manera, que proteja el ecosistema en todo su conjunto, satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades. La sostenibilidad fue el objetivo del desarrollo sostenible, tal como se define en el informe Brundtland 1987, y se aplica tanto a edificios y otras obras de construcción, como a cualquier actividad que genere un impacto en el planeta. Se refiere al equilibrio de una especie con los recursos de su entorno.

Por ello, se regula y se entiende que debe ser un equilibrio entre tres aspectos:



Figura 6. Principales aspectos de Sostenibilidad



La **construcción sostenible** no sólo abarca a edificios, sino también cuenta con el entorno y la forma de comportarse las ciudades y la sociedad que vive en ellas. El desarrollo urbano sostenible tiene la intención de crear un entorno urbano que no atente contra el medio ambiente, con recursos, no sólo en cuanto a las formas y la eficiencia energética, sino también en su función como un lugar para vivir [6]. Abordar la sostenibilidad en la construcción de edificios incluye la consideración de los tres aspectos principales de sostenibilidad: aspectos económicos, ambientales y sociales [11].

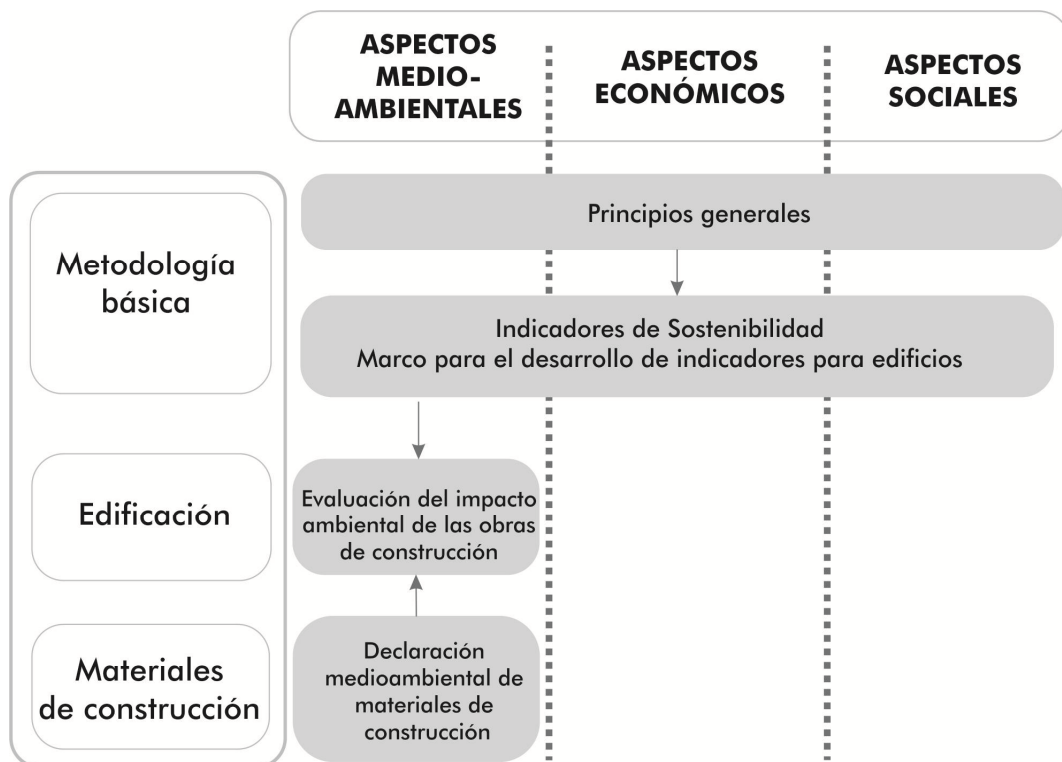


Figura 7. Sostenibilidad en edificios y obras de construcción

La norma ISO/DIS 15392: 2008 *Sostenibilidad en la construcción de edificios – Principios generales*, identifica y establece los principios generales de sostenibilidad en la construcción. Se basa en el concepto de desarrollo sostenible que se aplica al ciclo de vida de los edificios y a las obras de construcción, durante todo su ciclo de vida.

Además considera aspectos económicos, ecológicos y sociales de forma equilibrada. Los **aspectos sociales** y culturales de la sociedad humana se entienden como parte de la función de los ecosistemas, ya que son un elemento clave de las necesidades humanas. Cuestiones como la seguridad y salud, satisfacción, patrimonio cultural, repercusión en la población. Los **aspectos económicos** están vinculados con aspectos sociales, aunque condicionada por voluntad y decisiones políticas. Sobre todo influye el valor económico y la productividad. En cuanto a los **aspectos ambientales**, son fundamentales y determinantes en el encuadre de un desarrollo sostenible, puesto que reflexiona sobre el cambio climático y mejora la relación sobre el ser humano y nuestro entorno. Son valores como el cambio climático, consumo de recursos naturales, contaminación ambiental, pérdida de biodiversidad y de funciones del ecosistema, etc.



Aspectos energéticos están vinculados a los consumos para la producción de materias primas y contaminación atmosférica, además de los consumos en las instalaciones, que a su vez podríamos hablar de aspectos tecnológicos que favorecen la eficiencia energética.

Los edificios a lo largo de su construcción, uso y demolición, ocasionan una gran cantidad de impactos ambientales que nacen de nuestra actividad económica. Estos impactos ocasionan gran deterioro en el ambiente global y en el entorno, a través de la energía utilizada para proveer a los edificios de los servicios necesarios y de la energía contenida en los materiales utilizados en la construcción [6].

Indicadores inscritos en los 3 aspectos principales a tener en cuenta en la sostenibilidad:



Figura 8: Indicadores de sostenibilidad para construcción -Norma ISO 21929-

Siguiendo esta línea, algunos autores han desarrollado conjuntos de estrategias que definen las características que deben tener las edificaciones para el logro de una mayor sostenibilidad y ecoeficiencia [12]. Estas estrategias están enfocadas a crear un desarrollo urbano de manera sostenible:

1. Reducción del consumo de recursos. (Reducir el consumo de materiales x m² de construcción.
 - Recursos no renovables
 - Recursos renovable (Racionalizar y Reciclar)
2. Reducción del consumo energético. Eficiencia y racionalidad energética.
 - Sistemas pasivos
 - Energías alternativas
 - Buenas prácticas de diseño y construcción
3. Reducción de la contaminación y peligros para la salud.
 - Reducir emisiones en el ciclo de vida de los materiales
 - Evitar materiales tóxicos (como asbesto, plomo, etc)
4. Construir bien desde el inicio.
 - Diseñar y construir para una larga vida útil (Calidad, durabilidad, mantenimiento, desarrollo progresivo)
 - Mejorar las prácticas constructivas (del sector formal y del sector informal)



5. “Cero Desperdicio” Reducción y gestión de residuos de construcción y demolición (RCD)
 - Reducción de residuos
 - Prevención (Desde el proyecto, y en las obras)
 - Valorización (Reutilización y reciclaje)
 - Eliminación (Vertido e incineración)
 - Gestión de Residuos
 - Caracterización (identificación, cuantificación, origen)
 - Acciones operativas en la construcción (clasificación, reciclaje, reutilización, deconstrucción)
 - Seguimiento de normativa
 - Programa de formación y educación ambiental
6. Investigación y desarrollo
7. Producción local y flexible
 - Plantas de pequeña escala
 - Manufactura flexible
 - Recursos y demanda locales

Destaco una frase de Javier Neila en su libro: *“Desarrollarse de forma sostenible quiere decir que cumpliremos con las exigencias y cubriremos las necesidades que impongan el desarrollo de la sociedad, al ritmo que ésta marque, pero sin poner en riesgo el posible desarrollo de las generaciones venideras”* [13].

Sin embargo, hablando constructivamente, es un error pensar que basta con cambiar de materiales para alcanzar una arquitectura sostenible, desatendiendo todos los demás aspectos de un proceso extremadamente complejo. El coste energético de fabricación de una construcción, depende de la cantidad de material utilizado y de su naturaleza, además de la durabilidad general del edificio. Por el contrario, el coste energético de mantenimiento, depende de la geometría particular con que se empleen y la eficiencia de sus sistemas energéticos [10]. Por ello, el concepto de Análisis de ciclo de vida es un método propuesto que evalúa los edificios con el concepto desde “la cuna hasta la tumba” (costes de extracción, fabricación de materiales, transporte de elementos, vida útil del edificio, mantenimiento, abatimiento de residuos hasta un estado inerte, reciclado de residuos...).

Según Vázquez: *“Comience por mejorar la geometría del edificio (arquitectura bioclimática), busque después aumentar su durabilidad, por último busque aumentar su eficiencia energética sin aumentar su coste de fabricación o bien disminuya sus costes de fabricación sin disminuir su eficiencia”* [10].

Este concepto de desarrollo sostenible, y por tanto el ciclo de vida, se complementa con la aparición de un concepto, *Ecodiseño*. El ecodiseño, es una metodología que integra criterios ambientales en el diseño de productos y servicios, y en este caso, de edificios, se consigue la reducción de los impactos ambientales que se producen, teniendo en cuenta todas las fases de su ciclo de vida [14].



Figura 9. Evolución hacia el Ecodiseño y el ACV

El Ecodiseño considera los impactos ambientales para que se generen los mínimos a lo largo de todo su ciclo de vida. La norma UNE 150301:2003, especifica los requisitos a aplicar en el proceso de diseño y desarrollo para la mejora de los productos y servicios de una organización, a través de un sistema de gestión ambiental. Su implantación facilita la etapa de diseño, con tareas sistemáticas para identificar, controlar y mejorar aspectos ambientales de lo que se diseña, sin transferir los impactos de una etapa a otra del ciclo de vida. En ella se establecieron unas bases para el sistema de gestión ambiental del proceso de diseño, lo cual posteriormente, dio lugar a la ISO 14006: 2011. Ecodiseño, y con ella apareció el mundo de las etiquetas.



Figura 10. Etiquetado ecológico



España es el tercer país con mayor número de certificaciones conforme a la norma ISO 14001, y el primero en términos relativizados con respecto a su dimensión económica [15]. Las familias de productos o servicios ecodiseñados se distinguen mediante el logotipo y la referencia a la certificación del ecodiseño en el catálogo o en cualquier otra información sobre los productos o servicios ecodiseñados. La etiqueta ecológica garantiza que todos los productos que la llevan cumplen los mismos criterios técnicos para ser considerados mejores desde el punto de vista ambiental, criterios previamente consensuados y recogidos en normas específicas para cada producto.

Se trata de diseñar construcciones que utilicen materiales menos impactantes, que se fabriquen mediante producción limpia, que incorporen mejoras ambientales en la distribución y que reduzcan los impactos que producen durante el uso y al final de su vida útil.

En relación al material maderero existen las siguientes ecoetiquetas [16]:



FSC

Forest Stewardship Council es una ecoetiqueta que garantiza la producción de un producto de madera (muebles, madera para construcción, papel...) y que ha cumplido con los procedimientos destinados a garantizar una gestión sostenible de los bosques.



PEFC

Programme for the Endorsement of Forest Certification. El logo garantiza que este producto se compone de al menos el 70% de madera procedente de bosques que cumplen con las recomendaciones para su gestión de la nacional y regional PEFC. En cuanto a la gestión sostenible de los bosques, la certificación ha sido diseñada como un instrumento voluntario para verificar, en un territorio limitado, la sustentabilidad del manejo practicado. A raíz de este proceso de certificación, una marca internacional, el PEFC se fija a los productos de madera. Garantiza a los consumidores que estos productos fueron fabricados de la madera aprovechada en bosques gestionados de manera sostenible.



2.3. EFICIENCIA ENERGÉTICA COMO MEDIDA DE EVALUACIÓN

Investigadores visionarios comenzaron a ocuparse de la problemática energético-ambiental en la edificación desde 1977 [17]. En 2011, se creó la normativa internacional, ISO 50001, sobre la Eficiencia Energética, donde se establecen requisitos para el establecimiento de un sistema de gestión de energía. Este estándar especifica los requerimientos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de administración de energía. Su propósito es el de permitir a una organización para alinearse con un enfoque sistemático, y de esta manera lograr el mejoramiento continuo del desempeño de energía, incluyendo eficiencia energética, seguridad energética, utilización de energía y consumo. Este estándar apunta a permitir a las organizaciones reducir continuamente su utilización de energía, y de esta manera, sus costos relacionados con energía, y la emisión de gases de efecto invernadero [18].

Uno de los atributos más importantes de la ISO 50001 es el requisito de “... mejorar el sistema de gestión de energía, y el desempeño energético resultante”. De esta manera, la ISO 50001, ha realizado un salto importante al requerir de la organización una demostración de su compromiso con la mejora de su desempeño energético. No se especifican metas cuantitativas. Cada organización elige las metas que desea establecer, y posteriormente diseña un plan de acción para alcanzar estas metas. Con este enfoque estructurado, una organización tiene más posibilidades de observar beneficios financieros tangibles.

En España, el IDAE propone una serie de herramientas para hacer frente a la gestión de energía, en materia de eficiencia energética. El último plan de ahorro en eficiencia energética es el 2º Plan de Acción nacional de Eficiencia Energética en España 2011-2020 [19].

Se entiende que en lo que respecta a requisitos mínimos en Eficiencia energética de los edificios, ha sido realizada mediante:

-**Real Decreto 314/2006** de 17 de Marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE).

-**Real Decreto 47/2006** de 19 de Enero por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación energética de edificios de nueva construcción.

-**Real Decreto 1927/2007** de 20 de Julio por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

A estas hay que sumar una cuarta, el Real Decreto de certificación energética en edificios existentes (RD 235/2013). Con todo ello se cumplen los requisitos mínimos e eficiencia energética e inspección periódica de eficiencia energética [19].

Dentro del Plan de Acción 2008-2012 se contemplan una serie de incentivos para la mejora de la eficiencia energética en los edificios existentes que posibilitan su adecuación voluntaria tanto a los nuevos requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos por la nueva normativa derivada de la Directiva como para ser certificados energéticamente.



Las medidas contempladas son: rehabilitación de la envolvente térmica, mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas y de las instalaciones de iluminación interior en los edificios existentes. Tienen por objetivo reducir el consumo de energía como mínimo en un 20%, subvencionándose con carácter general el 22% de la inversión necesaria. Sin embargo esta cuantía puede aumentarse hasta un 27% de la inversión si la actuación tiene por objetivo que el edificio consiga una calificación energética B o hasta un 35% si se consigue una calificación A.

Uno de los objetivos es reducir el consumo de energía de las instalaciones térmicas de calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria en los edificios, mejorar la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios, de forma que cumplan con las exigencias mínimas, reduciendo su consumo de energía.

	Ahorros de energía final (ktep)		Ahorros de energía primaria (ktep)		Emisiones evitadas de CO ₂ (ktCO ₂)		Apoyos gestión pública (M€)			Inversiones (apoyo + aportación privada) (M€)		
	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2011-2016	2017-2020	2011-2020	2011-2016	2017-2020	2011-2020
Edificación y equipamiento	2.674	2.867	5.096	5.567	11.116	12.120	1.730	1.153	2.883	16.393	10.929	27.322
Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes	775	775	1.319	1.329	2.921	2.943	665,7	443,8	1.109,5	3.356,4	2.237,6	5.594,0
Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes	908	908	1.546	1.558	3.424	3.449	169,8	113,2	283,0	4.354,8	2.903,2	7.258,0
Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior en los edificios existentes	674	842	1.588	1.986	3.400	4.251	115,2	76,8	192,0	5.257,8	3.505,2	8.763,0
Construcción de nuevos edificios y rehabilitación de existentes con alta calificación energética	224	247	425	473	901	1.002	472,8	315,2	788,0	2.920,8	1.947,2	4.868,0
Construcción o rehabilitación de edificios de consumo de energía casi nulo	0,4	0,8	0,8	1,5	1,6	3,2	3,0	2,0	5,0	11,4	7,6	19,0
Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de frío comercial	0,8	1,6	1,9	3,8	4,0	8,1	3,0	2,0	5,0	12,0	8,0	20,0
Mejora de la eficiencia energética del parque de electrodomésticos	92	92	216	216	463	463	300,0	200,0	500,0	480,0	320,0	800,0

Nota: los cálculos de emisiones de CO₂ evitadas como resultado de las medidas de ahorro y eficiencia energética incorporadas en este Plan son cálculos efectuados *ad hoc* para el mismo y suponen una traducción de los ahorros calculados en diferentes bases (2004 y 2007), en términos de energía final y primaria, a emisiones de CO₂ evitadas; este cálculo no tiene por qué coincidir, por tanto, con los realizados con enfoques o bases contables distintos como parte de los informes periódicos realizados en relación con la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Figura 11: Medidas de edificación del Plan de Ahorro y Eficiencia Energética IDAE



La eficiencia y racionalidad energética es una estrategia de ahorro energético que se debe incluir en cada proceso de desarrollo. Reemplazar los procesos ineficientes, evaluando la posibilidad de sustituir unos combustibles por otros menos “perjudiciales” o más “limpios”, incluso el uso de residuos y desechos de materiales. El reciclaje de materiales, o reducir la masa o volumen de materiales por área construida, incrementando los de bajo consumo, son procesos que reducen el consumo de energía.

Incluso, la producción local a pequeña escala y el uso de los recursos locales, son factores clave sobre el consumo energético de las construcciones [12].

Según un estudio [17] sobre numerosas investigaciones teórico-prácticas de proyectos demostrativos construidos en las últimas décadas, demuestran la eficacia de determinadas medidas de ahorro energético, de estrategias bioclimáticas y sistemas solares activos aplicados en edificios. Este artículo presenta un escenario energético-ambiental, y la importancia del sector residencial en Argentina. Aunque no son las mismas condiciones que en España, sirve de base y ejemplo para diversos aspectos, y las diferentes zonas de estudio muy diversas y con distintos climas. Demuestran que mediante aplicaciones de principios de arquitectura sustentable, se podrían reducir los consumos y las emisiones de CO₂ asociadas en el sector aproximadamente un 76%, significando un fuerte impacto en el balance energético-ambiental del país, con un ahorro del orden del 16%. Esto implicaría el uso tanto de estrategias pasivas como activas en energías renovables, utilizar uso de materiales reciclables y diseños urbano-arquitectónico de bajo impacto ambiental.



2.4. UNA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL MÁS COMPLETA: ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV)

Steadman Philip Steadman en 1975 *"Si se concibe el edificio como si fuera un sistema completo que utiliza energía y materiales a lo largo de su ciclo vital, el análisis debería empezar con la extracción de materias primas empleadas en la construcción, incluir su transporte y colocación, y luego, al final de la vida del edificio, cuando se derribe, debería tenerse en cuenta cómo se dispersan los materiales y se vuelven a utilizar"*.

El Análisis del Ciclo de Vida es una herramienta que evalúa el impacto medioambiental de un edificio, estudia los aspectos ambientales e impactos potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto. Esta metodología del ACV se emplea para evaluar la influencia de un proceso o de un producto sobre el medio ambiente, visto desde la perspectiva de su ciclo biológico. En un ACV completo, se atribuyen a los productos todos los efectos ambientales derivados del consumo de materias primas y de energías necesarias para su manufactura, las emisiones y residuos generados en el proceso de producción, así como los efectos ambientales procedentes del fin de vida del producto, cuando este se consume o no se puede utilizar.

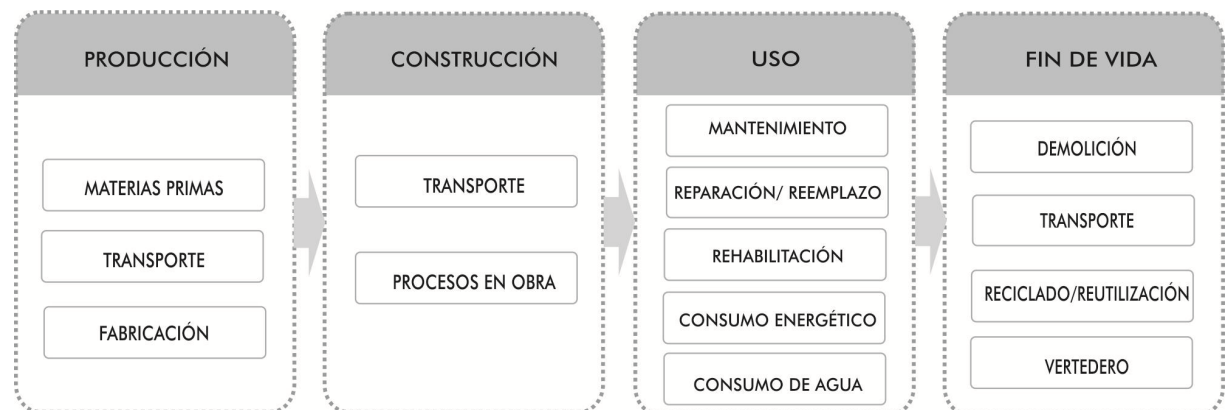


Figura 12: Fases del Ciclo de vida

El análisis de ciclo de vida considera todas las fases de vida de los materiales y de cualquier producto. A nivel general:

- Producción
- Construcción
- Uso
- Fin de vida.

La herramienta de ACV ha sido usada en el sector de la construcción desde 1990 y es una herramienta muy importante para analizar edificios [20].



La metodología estandarizada de ACV se define en una serie de normativas ISO 14040-14050 (más información en el capítulo 3). El ACV forma parte de los nuevos instrumentos metodológicos, puestos a punto en los últimos años para hacer sustentable la actividad humana, desarrollando acciones de naturaleza preventiva.

Proporciona una herramienta que identifica y evalúa el impacto ambiental de actividades productivas, y plantear estrategias que mitiguen dicho impacto. Es un sistema compuesto por subprocesos económicos, tecnológicos y ambientales que van desde la extracción de recursos hasta el reciclaje o disposición final de desechos [12].

El método ACV aplicado al estudio de un edificio, reconoce el deterioro medioambiental, de forma que permite conocer cuáles son en la etapa de producción y de construcción los procesos de los materiales del sistema tecnológico que producen el mayor impacto ambiental, permitiendo así conocer las soluciones alternativas para aplicar al edificio, además de examinar la etapa de uso del edificio en referencia al uso de los acondicionamientos e iluminación, y la etapa de fin de vida útil con los procesos de reciclaje o de desecho.

Tomando como referencia la norma UNE 150301, hay autores donde subdividen el ciclo de vida en 4 fases, y analizan los aspectos ambientales que inflúan en cada una de las fases [15]:

ETAPA	ASPECTOS SIGNIFICATIVOS	OTROS ASPECTOS
EXTRACCIÓN Y FABRICACIÓN	-Consumo de materias primas -Consumo de energía	
EJECUCIÓN DEL EDIFICIO	-Consumo de energía -Emisiones atmosféricas	-Consumo de agua -Generación de residuos -Emisión de ruidos
USO Y MANTENIMIENTO	-Consumo de energía -Consumo de agua -Emisiones atmosféricas -Impacto visual -Uso del suelo	-Generación de residuos -Vertidos al agua -Emisiones de ruidos -Biodiversidad
DECONSTRUCCIÓN	-Consumo de energía -Generación de residuos	-Emisiones atmosféricas -Emisión de ruidos

Figura 13: Etapas ciclo de vida edificio

Para estudiar el impacto ambiental real de un edificio, no se puede estudiar los materiales como elementos individuales, sino como elementos que trabajan conjuntamente para realizar una cierta función en una solución constructiva. Según cada herramienta de evaluación, esto podría conducir a una decisión errónea al utilizar un material que por sí solo tiene un buen comportamiento ambiental, pero que requiere la utilización de otros materiales más perjudiciales para formar parte de la solución constructiva. El impacto medioambiental de una solución constructiva no sólo depende de



los materiales de que se compone, sino también del proceso de construcción, su mantenimiento, longevidad de la solución y sus componentes, transporte desde la producción de los materiales.

La demanda de energía en las edificaciones, considerando el ciclo de vida, puede ser directamente como la construcción, el uso, la rehabilitación y demolición, que generan emisiones; o indirectamente, la energía consumida en la producción de materiales e instalaciones eléctricas. Se prevé que la energía global para el 2030, responsable el 60% la construcción y población en áreas urbanas. Actualmente el 40% de la energía generada y 40% de emisiones de usos residenciales son debidos a la climatización. Según ACV el 80-85% de la energía se produce en fase de uso [8]. Aunque los edificios terciarios tienen mayor impacto medioambiental comparado con edificios residenciales.

Nuevas construcciones, demoliciones y reciclajes alteran continuamente el tejido urbano según lógicas de mercado absolutamente ajenas al empobrecimiento de los recursos y de la producción de residuos. Definir el desarrollo urbano sostenible como un proceso de cambio en el ambiente construido que promueva el desarrollo económico salvaguardando la salud de la sociedad y del ecosistema y sin agotar los recursos, demanda la promoción de políticas adecuadas en proceso de considerar la edificación como un recurso a gestionar, maximizando las operaciones de reutilización, rehabilitación y reciclaje siempre que sean económica y tecnológicamente posibles [21]. El escenario de una futura construcción sostenible tendrá como uno de sus ingredientes el carácter local de los materiales empleados [10].

Existe un artículo, [22] publicado en 2009, que estudia el estado del arte de ACV y la metodología simplificada como complemento para la certificación de edificios. Se trata de un antecedente del caso de estudio que voy a realizar, puesto dicho artículo consiste en una evaluación de certificación energética con la metodología del ACV simplificado. Esto permite comparar la energía integrada en un edificio y las emisiones de los materiales de dicho edificio, frente a la energía de consumo del edificio y las emisiones del estado de uso, en su vida útil. De hecho, este estudio revela que la energía integrada en el edificio y en sus materiales, representa más del 30% de la energía primaria en la etapa de uso del edificio. La causa mayor de la energía consumida en los edificios residenciales es la calefacción, y lo segundo es la energía generada por la construcción y fabricación de los materiales de construcción que representan hasta el 60% del consumo de calefacción. Actualmente el abuso de cemento, aluminio, hormigón y PVC, incrementa el coste energético e impacto ambiental. Una metodología simplificada de ACV ayuda a arquitectos a tomar decisiones y entender resultados con herramientas de certificación energética.

El reciclaje de materiales es esencial para reducir el impacto medioambiental, incluso los materiales sostenibles ahorran aproximadamente el 20% de la energía integrada en dichos materiales, para edificios con un ciclo de vida de 50 años, y para materiales reciclados del orden del 18 al 50 % pueden llegar a ahorrar [22].



Una estructura del ACV simplificado es la siguiente:

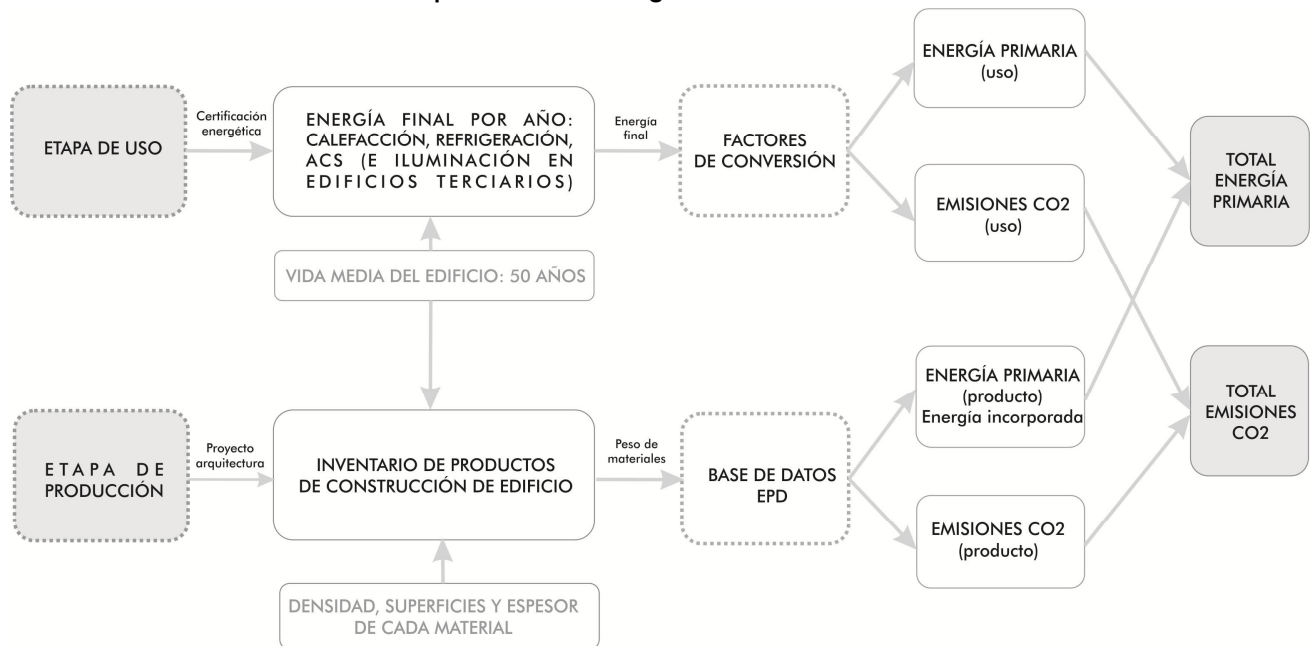


Figura 14: Estructura general de la metodología de ACV simplificada

Los procesos de certificación energética de los edificios provienen como consecuencia de la Directiva 2002/91/EC para mejorar la eficiencia energética en los edificios, sin embargo estos métodos no consideran aspectos relativos al ciclo de vida de los edificios, y por tanto existen riesgos de contradicción en los resultados, ya que se puede obtener una buena calificación, mientras se producen altos consumos energéticos además de emisiones globales en términos generales como queda demostrado en el caso del artículo [22].

Un estudio realizado en la Universidad de Taiwan [23], estudia 4 edificios de alta tecnología en una región de Asia, usando la técnica del ACV, centrado en la cuantificación de impacto en el medio ambiente, la salud y la sociedad. Gran cantidad de energía, químicos y agua se consume a lo largo del ciclo de vida de los edificios, sin embargo, el artículo concluye que el mayor impacto medioambiental proviene de la electricidad, y por tanto el uso de la corriente podría moderar el impacto medioambiental global. Esto también está refundado un artículo mencionado anteriormente [20]. Existen otros casos de estudio y en diversos artículos que verifican que el mayor impacto proviene de la electricidad. En uno de los casos de estudio, se centra en cuatro edificios localizados en Suiza con diferentes características en la construcción, tomando como el m² como unidad funcional, y evaluando la sensibilidad en 3 parámetros (variación de electricidad, materiales de construcción, y energía usada), demostraron que el mayor impacto medioambiental es debido al uso de electricidad en todas sus variables. Considerando una vida útil del edificio de 50 años, concluye que el 70-90% del impacto se genera en la etapa de uso, y aproximadamente 85 y 15% en energía consumida durante su ocupación y fase de fabricación respectivamente.



2.5. LA MADERA COMO MATERIAL SOSTENIBLE

Dentro de la cantidad infinita de materiales de construcción existentes, encuentro en la madera un recurso con abundantes ventajas si se utiliza de forma consciente. La madera es un recurso natural utilizado por el hombre desde tiempos ancestrales, debido a su multiplicidad de propiedades beneficiosas para la vida. Además tiene un ciclo vital muy positivo, ya que una vez que no pueda ser utilizada como materia prima y su ciclo de vida no se pueda alargar más, se puede utilizar como combustible, ya que es una fuente de energía renovable y produce menos GEI que los combustibles fósiles. Ventajas:

-Material **abundante** en la tierra y con capacidad de **regeneración**. En 4.000.000 Ha puede generarse 1 m³/seg. Existen bosques certificados que cumplen la capacidad de regeneración sostenible, no se talan más de los que se plantan [24].

-**Absorbedor de CO₂** del medio, convirtiéndose en un contenedor del mismo. Aproximadamente 1 m³ de madera equivale a 1 Tn de CO₂ absorbido. [24].

-**Carácter higroscópico**. Equilibra la humedad de ambiente, con porcentajes de hasta un 30% de variabilidad. Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ :50 [25]

-Positivo **aislamiento térmico y acústico**. Conductividad térmica: 0.29-0.13 W/mK. El coeficiente de reflexión acústica es del 90%, idóneo para la eliminación de ecos [25]

-No absorbe calor, dada su **baja tramitancia**, dejando dicho calor para aprovechamiento humano. Calor Específico: 1.600 J/Kg. K. [25]

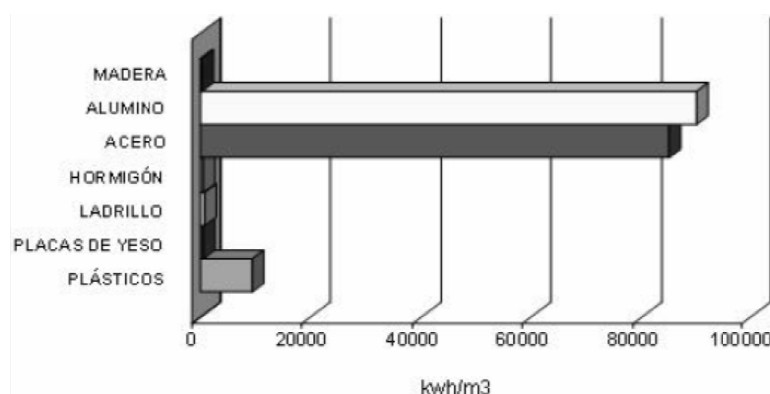
-Tiempo de **estabilidad razonable** en condiciones de incendio, permitiendo la evaluación (0.8 mm/minuto en coníferas, 0.55-0.7 mm/minuto en frondosas). [26]

-**Facilidad** en el uso y **manejo** dada su ligereza, con una densidad 170-200 kg/m³. [25]

-Material **natural y ecológico** para el ser humano.

-Costes **relativamente económicos**, valores relativos de 500 €/m³, frente a los 70 €/m³ del hormigón y los 0.83€/kg * 7850 kg/m³ = 6515 €/m³ del acero.

-Frente a otros materiales, la energía consumida para producir 1 m³ del material [27]:





Según un estudio por el Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz, 2009 se obtienen los siguientes datos:

Energía primaria total

El uso estructural de la madera, el empleo de ventanas de madera y el uso de madera local reducen los consumos de energía primaria:

- La solución en madera permite un ahorro del 33% comparado con el hormigón.
- La madera permite un ahorro del 44% en relación al PVC y del 50% comparado con el aluminio.
- El empleo de madera local permite un ahorro del 22% en relación al empleo de maderas exóticas.
- El empleo de la madera en la fabricación de mobiliario de interior reduce los consumos de energía primaria:
- La producción de una mesa de aglomerado de madera supone un ahorro del 62% en relación a una mesa con hoja de vidrio.
- La producción de una estantería de madera requiere un consumo energético un 6% inferior a una estantería de acero galvanizado.

Cambio climático

El empleo de la madera en el sector de la construcción reduce las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera:

- El empleo de una cubierta de madera reduce las emisiones en un 79% en relación a las de hormigón.
- En el caso analizado, la ventana de madera se produce con un 45% menos emisiones que la de PVC y con un 47% menos emisiones que las de aluminio.
- Los suelos de madera local poseen un impacto climático un 25% menor que los suelos de maderas exóticas.
- El empleo de la madera en el sector del mueble reduce las emisiones de gases de efecto invernadero:
- Las mesas de aglomerado se producen con un 60% menos emisiones que las mesas de vidrio.
- La producción de la estantería de madera analizada se ha realizado con unas emisiones inferiores en un 37% a la producción de la estantería de acero galvanizado.

Procesos de segunda transformación

Los procesos de segunda transformación documentados en el análisis de inventario difieren notablemente en las necesidades de materia y energía. Ello tiene las siguientes implicaciones:

- Importantes variaciones en el peso relativo de cada una de las fases del ciclo de transformación de la madera en función del producto final, con una mayor



importancia relativa de la segunda transformación en procesos como la producción de marcos de ventana o de tabla machihembrada para suelo.

- Diferencias considerables en la cantidad de energía primaria y las emisiones asociadas a la producción de los diferentes productos, con oscilaciones entre los 7 y los 29 MJ por kg de madera transformada en el caso de la energía y variaciones entre los 0,5 y los 1,7 kg CO₂ por kg de madera transformada en el caso de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Análisis de sensibilidad

El empleo de la madera local y la debida contabilización del carbono retenido en la madera, permite maximizar el menor impacto energético y climático de la madera frente a las soluciones de referencia.

- Si la madera es transportada desde el centro de Europa a cada comunidad para su segunda transformación, entonces el ahorro en energía disminuye entre un 5% y un 22%, al tiempo que el ahorro en emisiones disminuye entre un 6% y un 18%. El impacto es mayor en aquellos casos en los que el peso relativo de la madera y el requerimiento de tablón seco para la segunda transformación es mayor.
- Si se tiene en cuenta el efecto sumidero de la madera, entonces las emisiones evitadas incrementan entre un 45% y un 214%, debido a la circunstancia que todo el carbono almacenado en los productos de madera producidos de manera sostenible (1,83 kg CO₂/kg de madera) es regenerado por nuevas plantaciones forestales.

Potencial de mitigación de emisiones

En los escenarios analizados, el potencial de mitigación de emisiones asociado al empleo de la madera en la construcción durante el periodo 2008-2012 oscila entre las casi 60.000 t CO₂ y las casi 300.000 t CO₂ (equivalentes a las emisiones anuales asociadas a la ciudadanía de un municipio de 12.000 y 60.000 habitantes respectivamente):

- El empleo de soluciones estructurales y no estructurales de madera en la promoción de Vivienda de Protección Oficial equivalente a la registrada en el periodo 2000-2006 (3.400 viviendas nuevas y 800 rehabilitaciones al año) permite reducir 60.000 t CO₂.
- El empleo de cubiertas de madera, ventanas de madera y suelos de madera local en toda la promoción de VPO equivalente a la tasa anual prevista por el Plan de Vivienda (6.750 viviendas nuevas y 6.000 rehabilitaciones anuales) permite una reducción de 122.000 t CO₂.
- El empleo de soluciones estructurales y no estructurales de madera en toda la promoción de VPO prevista por el Plan de Vivienda y en la promoción de vivienda libre esperada en los próximos años (un total de 17.300 viviendas nuevas y 6.000 rehabilitaciones al año) permite una reducción de 295.000 t CO₂.
- La caracterización de las reducciones de emisiones es muy similar en todos los supuestos analizados. En el caso del escenario central, por ejemplo:



- El 63% de las reducciones procede del empleo de elementos estructurales, frente a un 27% del uso de ventanas de madera y un 8% de empleo de suelos de madera local.
- El 52% de las reducciones tiene su origen en la sustitución de fósiles, y el 48% restante en la absorción por sumideros.
- El 90% de las reducciones se produce en promociones de obra nueva, frente a un 10% de reducciones producidas en rehabilitaciones.

Debido a todo esto, una mayor utilización de productos derivados de la madera pueden ser un buen método para ayudar al cambio climático. Podemos añadir que los procesos de transformación de la madera consumen menos energía que los procesos de otros materiales [27]. Incluso se pueden aprovechar las cenizas devolviéndose al campo como fertilizantes.

Para combatir el cambio climático, es necesario reducir las “fuentes de carbono” y aumentar los “sumideros de carbono”, y la madera tiene la capacidad de hacer ambas cosas. [28] El efecto sumidero considera a la madera, al proceder de plantaciones forestales sostenibles, que son los bosques que están certificados, y significan que en largo plazo la corta de la madera no supone una disminución de los stock de carbono en los bosques. Existen dos sellos de certificación medioambiental de los bosques, el FSC y PEFC, a nivel europeo y americano. Dichas certificaciones poseen una cadena de custodia en su materia prima, transformación y producto certificado, con la finalidad de regular no sólo el monte, sino también el producto.

Hay estudios que demuestran los niveles de sostenibilidad de la madera, y sus productos derivados, en base al método de ACV, reconociendo que la aplicación del ACV en el sector forestal es muy escasa y casi desconocida en el contexto de la industria forestal de países en vías de desarrollo industrial, pero se apuesta por productos forestales y procesos y servicios industriales sostenibles. La causa de deficiencia sobre estudios de ACV en este sector puede considerarse por el escepticismo (subjetividad de los estudios de impacto ambiental y el alto déficit de datos confiables existentes en el sector forestal) [29].



3

METODOLOGÍAS ACV

3.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA NORMALIZADO

La Organización Internacional de Estandarización (ISO) realizó una serie de normas con recomendaciones técnicas para la gestión ambiental, y más concretamente el ACV. El conjunto de normas y guías ISO 14000 define la esencia de un sistema de gestión ambiental y los procedimientos de auditoría necesarios para la verificación. También define tres conjuntos de herramientas importantes de implementar en un Sistema de Gestión Ambiental: evaluación del ciclo de vida, evaluación del desempeño ambiental y etiquetado ecológico.

[30] En el conjunto de normas anterior, la ISO 14040 es la relativa al ACV: Gestión medioambiental, ACV, Principios y estructura. Dada su complejidad, esta normativa establece un protocolo al cual deberá ajustarse todo estudio de ACV. La ISO 14040:1997 da la siguiente definición del ACV:

“El ACV es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”.

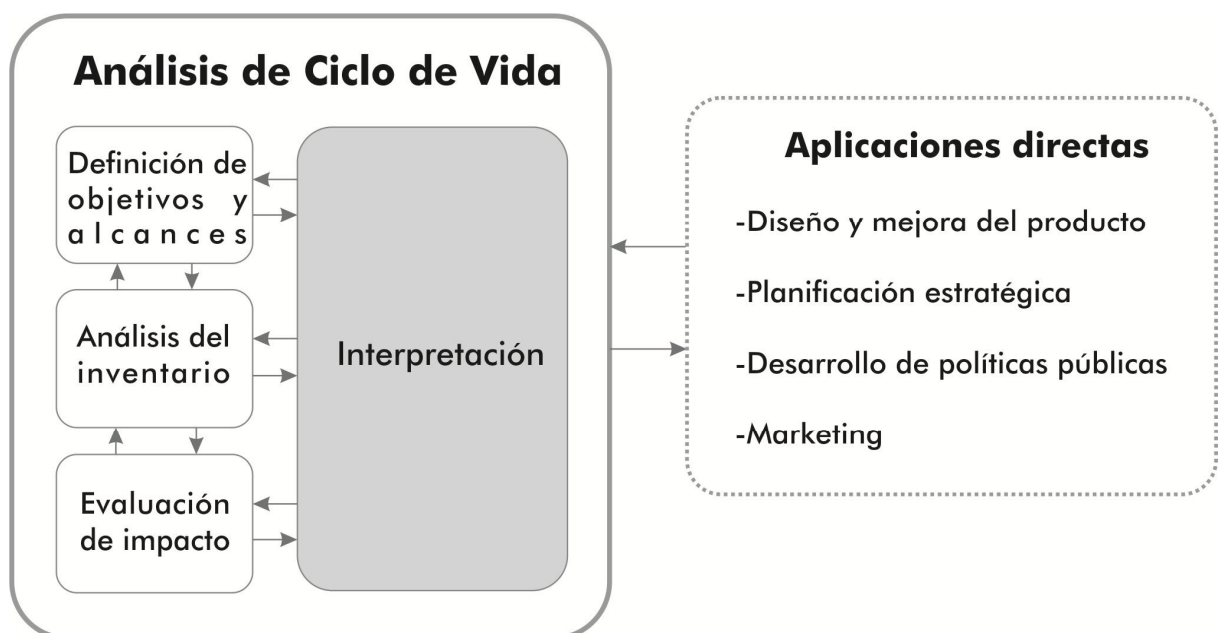


Figura 15: Esquema de las fases de un Análisis de Ciclo de Vida de acuerdo a la ISO 14040



Relacionados y seguidamente de la normativa ISO 14040, un proyecto de ACV se divide en cuatro informes técnicos:

- ISO 14041:1998 - Objetivos y alcance del estudio

Esta fase es en la que se definen las necesidades y procedimientos para elaborar el objetivo de estudio. Además se identifica la unidad funcional. El ACV no compara productos entre sí, sino servicios y/o cantidades que realizan la misma función. Un ACV es un procedimiento complejo y puede ser muy extenso. Se deberán establecer límites que queden perfectamente identificados.

- ISO 14041:1998 - Análisis del Inventario de Ciclo de Vida AICV

Esta fase identifica y cuantifica los efectos ambientales adversos asociados a la unidad funcional. Estos efectos serán "carga ambiental", entradas y salidas que causan efectos negativos, no solo GEI sino residuos, consumos de recursos naturales, ruidos, radiaciones, olores, etc. Estos procedimientos nos sirven para realizar, interpretar y elaborar el informe del análisis del inventario del ciclo de vida.

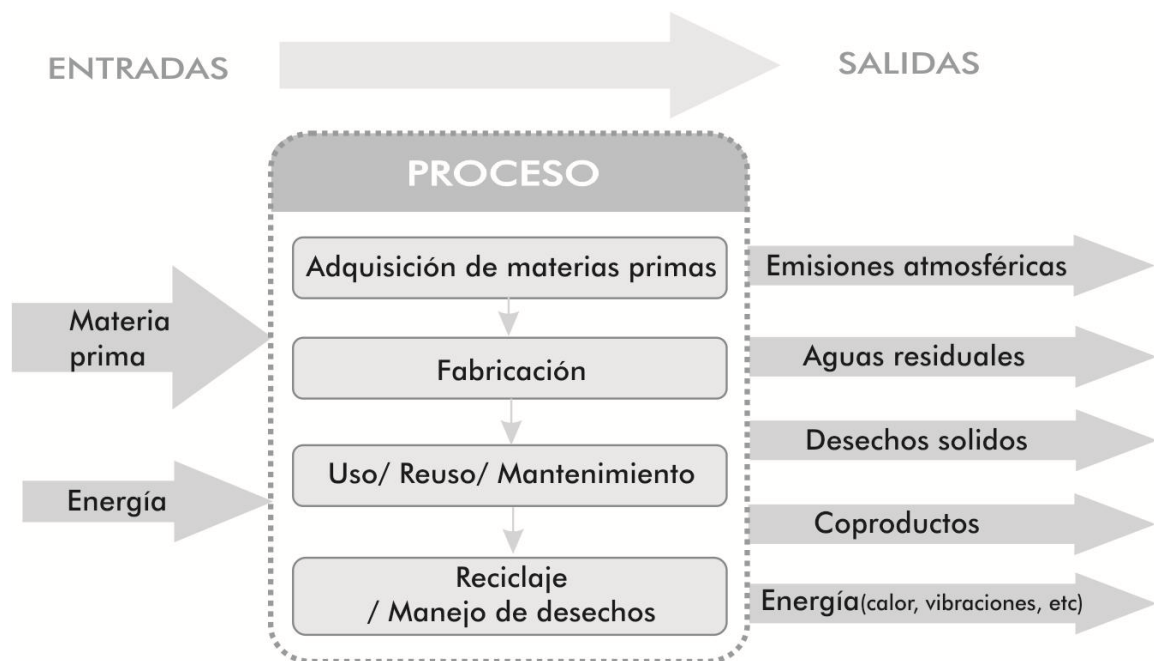


Figura 16: Entradas y salidas relativas al ACV

Es la fase más larga del proceso, pues consiste en contabilizar todos los distintos impactos medioambientales que ejerce el "objeto" sobre el medio, a través de balances de materia y energía.

Para esta fase, es necesario contar con bases de datos que incorporen los elementos necesarios para el estudio. Existen diversas bases de datos, públicas o privadas, que contienen información contrastada y de alto rigor. En un estudio se pueden combinar diversas bases de datos o utilizar una única base.



- ISO 14042:2000 - Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida EICV

Esta fase va dirigida a evaluar la significancia de los impactos ambientales potenciales usando los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida. En cada una de las etapas del ciclo de vida, se producen impactos ambientales negativos y positivos. El proceso supone asociar los datos del inventario con impactos ambientales específicos y el intento de conocer esos impactos. Esta norma distingue entre elementos obligatorios y opcionales. El procedimiento sería el siguiente:

- Selección y definición de las categorías de impacto: Identificar categorías adecuadas de impacto ambiental (Por ejemplo, cambio climático, acidificación, toxicidad terrestre).
- Clasificación: Asignar los resultados del Inventario a las categorías de impacto (Por ejemplo, clasificar las emisiones de dióxido de carbono a cambio climático).
- Caracterización: Modelar los impactos del Inventario dentro de las categorías de impacto usando factores de conversión con base científica (Por ejemplo; modelar el impacto potencial del dióxido de carbono y el metano en el cambio climático).
- Normalización: Expresar los impactos potenciales en formas que puedan ser comparadas (Por ejemplo, comparar el impacto del cambio climático del dióxido de carbono y metano para las dos opciones).
- Agrupar: Ordenar o clasificar los indicadores (Por ejemplo, ordenar los indicadores por ubicación: local, regional y global).
- Ponderar: Enfatizar los impactos ambientales potenciales más importantes.
- Evaluar y reportar los resultados. Ayuda a entender la fiabilidad de los resultados. Se considerará obligatorio en análisis comparativos

- ISO 14043:2000 – Interpretación de Ciclo de Vida ICV

Esta fase trata de identificar, cuantificar, revisar y evaluar la información de los resultados del Inventario y de la Evaluación. Estos resultados se serán conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones. En este punto determinamos en qué fase del ciclo de vida del producto se generan las principales cargas ambientales, y qué puntos del sistema pueden mejorarse.

Dentro de esta fase se desarrollan los siguientes aspectos principales:

- Identificación de las variables significativas
- Verificación de los resultados
- Conclusiones y recomendaciones

-ISO 14044:2006 – Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices

Esta fase sirve para explicar los requisitos y proporcionar orientación en base a lo establecido en las normas anteriores respecto el ACV.



Además de estos documentos, se elaboraron otros para ayudar a la elaboración de estudios del ACV:

- **ISO/TR 14047:2002.** Ilustra ejemplos de cómo aplicar la normativa ISO 14042.
- **ISO/CD TR 14048:2002.** Proporciona información y datos para la realización de un estudio de ACV.
- **ISO/TR 14049:2002** Proporciona ejemplos para realizar el ICV según la normativa 14041.

También es importante estudiar la **Gestión del ciclo de vida (LCM)**, que son fundamentos del **Coste del ciclo de vida (LCC)**. Análisis económico del coste del ciclo de vida y evaluación del coste del ciclo de vida. Criterios económicos.

El ciclo de vida de un producto (un material), o una actividad (un proceso, ejemplo, hormigonar) está formado por dos tipos de sistemas, que tienen gran interés por los evaluadores ambientales. El ACV no es una evaluación de riesgo, y esto se debe a que no tiene en cuenta la exposición, que es un factor en la evaluación de dicho riesgo.

El ACV es una técnica iterativa que permite ir incrementando el nivel de detalle en sucesivas iteraciones. No es una evaluación de riesgo, y esto se debe a que ACV no tiene en cuenta la exposición, que es un factor esencial para evaluar el riesgo. Cuantifica emisiones, pero el impacto real de esas emisiones depende de cuándo, dónde y cómo se liberen en el ambiente.

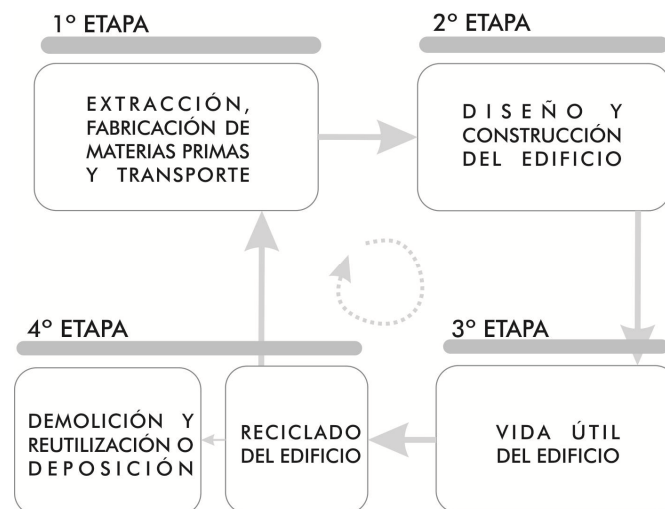


Figura 17: Ciclo iterativo del ACV en edificios



3.2. DIFERENTES HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN BASADAS EN EL ACV

Desde que apareció el concepto de Análisis de Ciclo de Vida, se han desarrollado numerosas herramientas basados en su metodología, para facilitar el cálculo. La mayoría de programas incluyen bases de datos, y otras permiten importarlas y editarlas.

Para estudios de ACV de cualquier producto o material, la Comisión Europea, Methodology Study Eco-design of Energy-Using Products (MEEUP) clasifica los estudios de ACV según las herramientas informáticas, metodologías y bases de datos. Existen bases de datos de productos químicos, de envases, otras para el ecodiseño de productos, para productos industriales, incluso algunos permiten asociar costes y realizar análisis económicos. Hay herramientas para realizar estudios de ACV prácticamente de todos los productos y sectores específicos.

En lo que refiere a evaluación de edificios, existen gran variedad de herramientas para hacer un estudio de ACV. Según un artículo publicado recientemente, [7] las herramientas de ACV que pueden servir de apoyo al proyectista, se pueden clasificar en 4 niveles:

NIVEL 1: Genéricas de ACV. Son difíciles de utilizar por un proyectista en la fase inicial de un proyecto, por el tiempo y conocimiento que requiere y por no ser exclusivas para la construcción. Tienen gran complejidad, y requiere gran conocimiento y dedicación para abordar un proyecto de diseño de un edificio aplicando el ACV desde los materiales y materias primas [7]:

- Aist-LCA
- eVerDEE
- Gabi 4
- JEMAI-L-LCA
- Lcapix
- SimaPro 7
- Team™
- Umberto 5.5

NIVEL 2: Son las bases de datos de ACV de productos de construcción, o de procesos, que se desarrollan para su uso en la fase inicial de diseño, más concretamente en la fase del Inventario de materiales, pero que resultan difíciles de utilizar para un proyectista.

- ECOTECH SUDOE: Primera base de datos española de ACV. Financiado por Europa (FEDER), se centra en las cuestiones sociales y ambientales ACV; Ecodiseño; y ecología Industrial y territorial. Escala parcial europeo Sudoe, que incluye España, Portugal y cuatro regiones del sur oeste de Francia [31].
- ECOINVENT: Base de datos de Suiza con más de 2500 procesos, que integra las bases ETH-ESU 96, BUWAL 250 entre otras



- BUWAL 250/SAEFL250. Desarrollada por el Instituto Suizo y está basada parcialmente en la base de datos ETH-ESU. Contiene un inventario para materiales de embalaje, además de sistema de energía y transporte utilizados. La versión del 97 engloba 248 procesos.
- ETH-ESU: Tiene base Suiza, y en ella abarca la producción e importación de combustibles, la producción y comercialización de electricidad incluso las emisiones desde la extracción de la energía primaria, refinado, la extracción de recursos minerales materias primas, etc.
- IDEMAT96: Base de datos con origen Holandés que contiene información sobre materiales, procesos y componentes utilizados en el desarrollo de productos.
- INDUSTRY DATA: Base de datos de diversas asociaciones de industrias internacionales. Versión de 2001 con 74 tipos de procesos.
- FRANKLIN: Base de datos estadounidense sobre materiales, transporte y energía. 78 procesos en la versión del 96.
- IVAM 2.0: Origen Holandes. Es una base de datos genérica que contiene información de BUWAL y APME. Engloba materiales de construcción.
- ICE: Inventory of Carbon and Energy, Inglesa. Es una hoja de cálculo que incluye más de 400 valores de energía en aproximadamente 170 tipos de materiales diferentes de construcción.
- FDES: Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire des Produits de construcción, de Francia. Es una base de datos online francesa, con más de 5000 fichas de declaración ambiental.
- DAPc: Ecoetiquetado de productos de la construcción. Basadas en estudios de ACV verificados de forma independiente y realizados bajo unas directrices consensuadas, permitiendo una comparación equitativa entre distintos productos.

NIVEL 3: Se recogen herramientas específicas para el ACV en edificación, que se desarrollan expresamente para ser utilizadas en la fase inicial del diseño de un proyecto. Son exclusivas en construcción, fáciles de utilizar y facilita el uso de las mismas a nivel de sistemas constructivos y expresamente dedicados a la fase de diseño del proyecto:



- ATHENA Estimator
- BEAT 2002
- BeCost
- BEES
- EcoBat
- EcoCalculator
- EcoEffect
- Eco-Quantum
- EcoSoft WBF
- Invest2
- EQUER
- LCAid
- LEGEP
- LISA
- Metabase
- TCQ2000
- OFEN

NIVEL 4: Son las herramientas de certificación global de edificaciones. Estas no han sido desarrolladas para la fase inicial de diseño, sino que son de aplicación a fases avanzadas de diseño, o cuando el proyecto está finalizado. Herramientas de certificación sostenible:

- Breeam
- Casbee
- GBTool
- Green Calc
- GreenGlobes^{TMB}
- Leed
- Verde
- Qsostenible

breeam

Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency 静岡
CASBEE 静岡



GreenCalc+



La clasificación de herramientas permite identificar la validez de las herramientas como ayuda al proyectista en el diseño del edificio. Aunque todas las herramientas pueden ser utilizadas para la evaluación medioambiental de sistemas constructivos, las más útiles para el diseñador en la fase inicial del proyecto son las del 3º nivel, ya que son exclusivas para edificación y fáciles de usar en dicha etapa, puesto que se han desarrollado para ello.



Pero todas estas herramientas tienen limitaciones [7]:

- Son difícilmente aplicables a la construcción española.
- Algunas consideran consumos de agua, pero no todas.
- Pocas tienen información por defecto de la fase de ejecución.
- Algunas no contienen información por defecto de los impactos en la fase de uso y mantenimiento.
- La limitación más importante es que ninguna de dichas herramientas es de aplicación real en otro país que en el originado, ya que el nivel de impacto ambiental causado por los materiales y soluciones constructivas, varía en función del territorio, y por tanto, debido a su ubicación geográfica de la obtención de las materias primas y de los centros de transformación con relación a la situación del proyecto de edificio. Las pocas herramientas que son españolas basan el análisis de sus países en datos europeos, por lo que su aplicabilidad al caso español es bastante reducida.

Una revisión sobre estudios de ACV realizado a diferentes proyectos constructivos entre los años 2000 y 2007 [20] se centró en 2 caminos diferentes para determinar el ACV. Uno de ellos es **LCA for the Building Material and Component Combinations (BMCC)** y el otro se conoce como **Whole Process of the Construction (WPC)**. La primera metodología, se centra en la implementación de productos con declaraciones medioambientales de cada material, es decir, ecodiseños, como estrategia adoptada para reducir el impacto medioambiental de un producto. Considerando este hecho, se declara que se puede reducir entorno el 60% de su impacto de ciclo de vida si se consideran los criterios medioambientales desde la etapa de diseño del producto. Cuando se aplica el WPC, el análisis de ciclo de vida se divide en edificios residenciales, comerciales y edificios civiles. Esta metodología de considera el ciclo de vida del edificio completo como un proceso no estático, y varía en cada edificio, desde sus propias funciones y diferentes características. Las técnicas constructivas, el estilo arquitectónico y condiciones diferentes como el tamaño de la edificación, el clima, el consumo energético y la situación, afectan a cada estado del análisis del ciclo de vida. El 40% de los casos de estudio aplican el WPC y el 60% aplican el ACV con BMCC.



3.3. METODOLOGÍA EN LA HERRAMIENTA DE TRABAJO FUTURO ACV. SimaPro.

Para realizar el trabajo futuro, el ACV completo de un edificio público elegido como modelo, necesito una herramienta de evaluación de impacto ambiental. Dicha herramienta debe permitir calcular el ACV completo para así evaluar los impactos reales, e introducir las mejoras propuestas, y valorar y verificar las hipótesis establecidas. El programa elegido es el siguiente:

SimaPro [32]. Desarrollado por la empresa Holandesa *PRé Consultants*. SimaPro es una herramienta profesional para el cálculo de los impactos ambientales, sociales y económicos, asociados a un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida, con aplicación al ecodiseño, al desarrollo de ecoetiquetas, al cálculo de huellas de carbono o huellas hídricas, entre otros.

Este programa tiene una interfaz de usuario basado en la normativa ISO 14040 mencionada anteriormente, y puede ser utilizado para desarrollar complejos modelos parametrizados en distintos escenarios. La aplicación presenta los cálculos de evaluación de impacto para cada etapa del sistema estudiado, permitiendo realizar análisis de distintos escenarios de tratamientos de residuos y de reciclaje, análisis de sensibilidad y análisis de incertidumbre (Monte Carlo).

Utiliza bases de datos de materiales y procesos muy complejos, además contiene las principales metodologías de evaluación de impacto: Eco-Indicador 99, Eco-indicador 95, CML 2001 baseline, Recipe, EDIP/UMIP, EPS 2000, Ecopuntos 97, Impact 2002+ y TRACI. Utiliza base de datos de inventario propias (creadas por el usuario) y bibliografías como Ecoinvent, BUWAL, IDEMAT, ETH, IVAM, con más de 7000 procesos, y además cuenta con un módulo específico para edificación.

Permite realizar ACV completos con múltiples métodos de evaluación de impactos. Presenta complejas y variadas bases de datos y es adecuada para los departamentos de diseño o I+D. Es una herramienta informática compleja y flexible que permite desarrollar estudios de ACV de gran cantidad de productos y actividades, aunque directamente no está diseñada para evaluar el impacto de un edificio. Es por tanto, por lo que se debe recurrir a la combinación sobre otras herramientas de simulación energética para edificios. Además permite realizar un análisis interactivo de los resultados con una buena trazabilidad y posibilita efectuar un análisis de los puntos débiles a través del árbol de procesos del sistema analizado.

Actualmente en su última versión SimaPro 8, existen diferentes versiones adaptadas a cada funcionalidad:

- SimaPro compact. Para resultados rápidos. Realizar el modelado y análisis de productos
- SimaPro Analyst. Para la realización ACV más completos. Permite el uso de parámetros, el análisis de escenarios y el análisis de incertidumbre.
- SimaPro Developer para enlazar con software externos. Permite además enlace directo con Excel u otras aplicaciones externas.



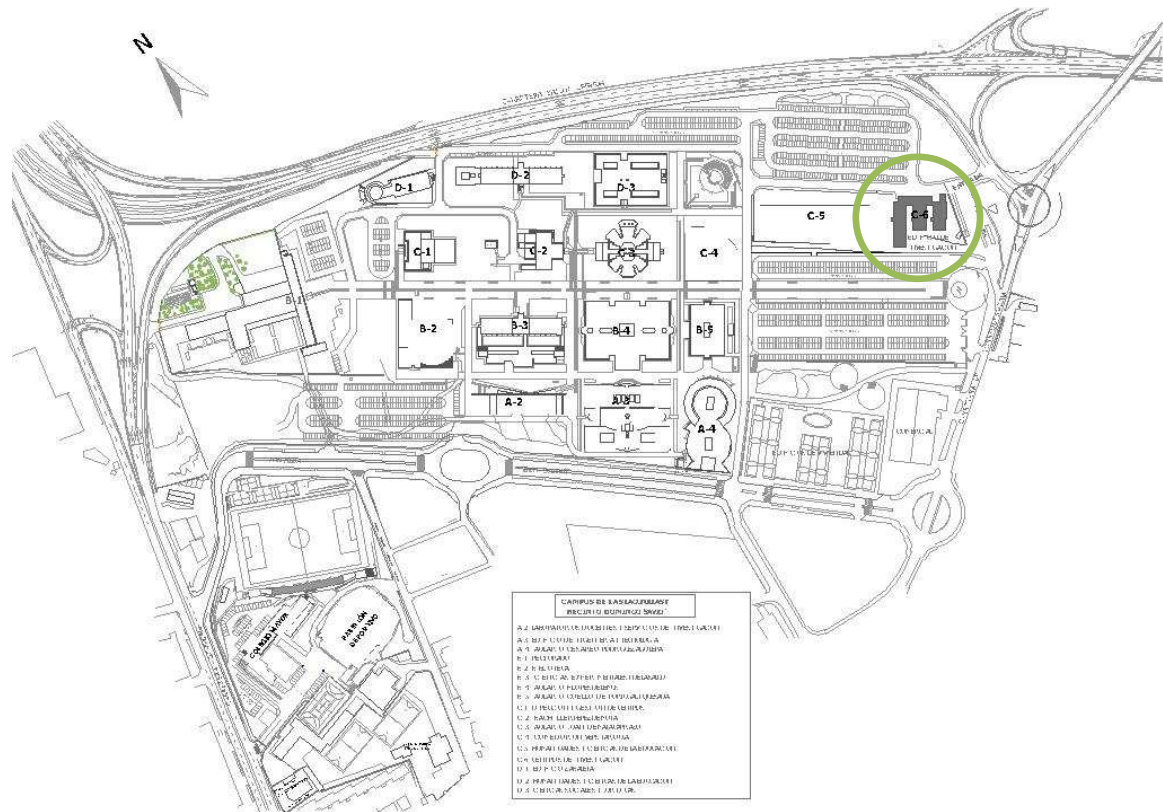
4

DESARROLLO DEL OBJETO Y EVALUACIÓN

4.1. EDIFICIO MODELO PROPUESTO

Edificio de centros de investigación C-6 de la Universidad de Jaén.

El edificio se encuentra en una parcela situada en el extremo Este del Campus Universitario "Las Lagunillas" de Jaén. Presenta fachadas a viales interiores del Campus, una tercera a la carretera y la cuarta frente al edificio C-5. La parcela tiene una superficie de 3.950 m². Situación:



El edificio se distribuye en planta presentando una forma en peine, formado por 3 alas básicas, una para cada centro de investigación (CAAI, CI1, CI2), articulados en un único núcleo de acceso y comunicación vertical. Cada uno de los tres centros se desarrolla en tres plantas dentro de su volumen, creándose para cada uno de ellos un núcleo de escaleras con la doble función de comunicación vertical interna y conseguir unas condiciones adecuadas de seguridad en caso de incendio.

Sobre estas plantas, se desarrolla una torre, la cual se trata de una zona de control y vigilancia incorporada en el edificio, independiente de los centros de investigación.

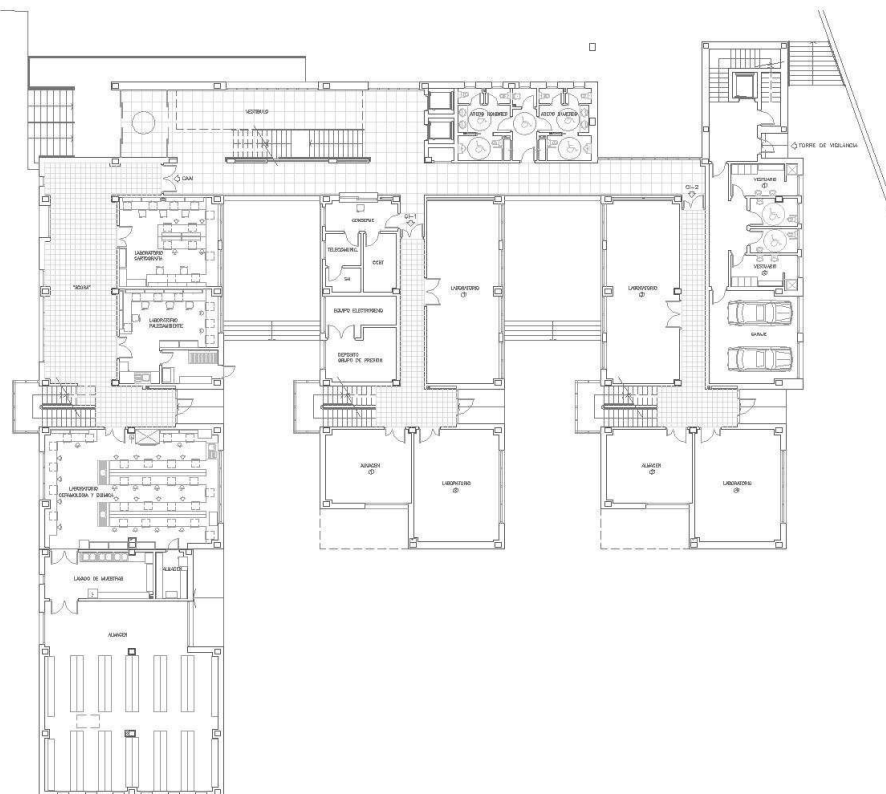


En referente a la piel de fachada, se establece un acabado único a base de revestimiento de granito abujardado para la planta baja y un acabado cerámico brillante en formación de falsa fachada para el resto de las plantas de cada uno de los prismas apaisados y ello en una contraposición descriptiva entre usos. El volumen unificador del acceso que se completa con la torre de vigilancia se reviste, para su diferenciación, de placas de hormigón polímero. Colores y texturas completan la definición formal de la edificación.

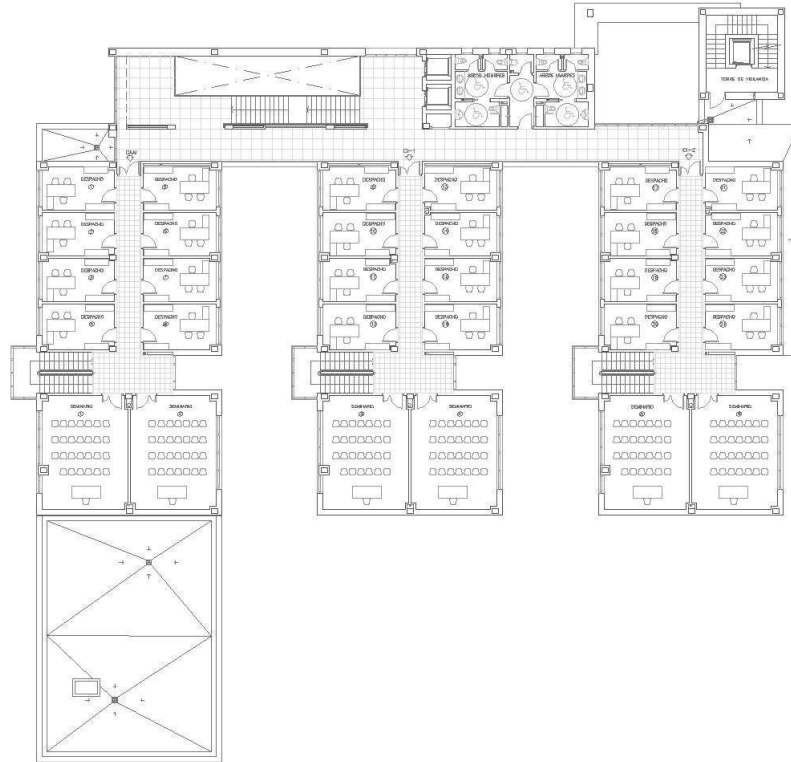
Vista aérea del edificio:



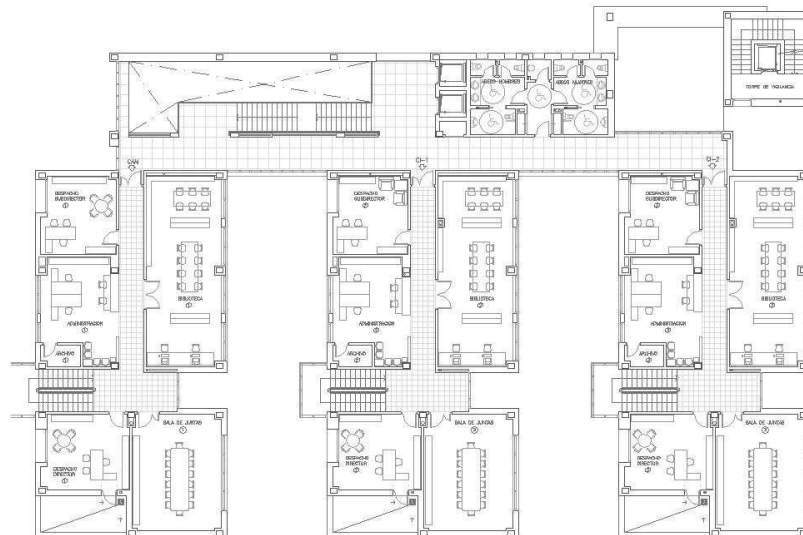
Plantas generales:



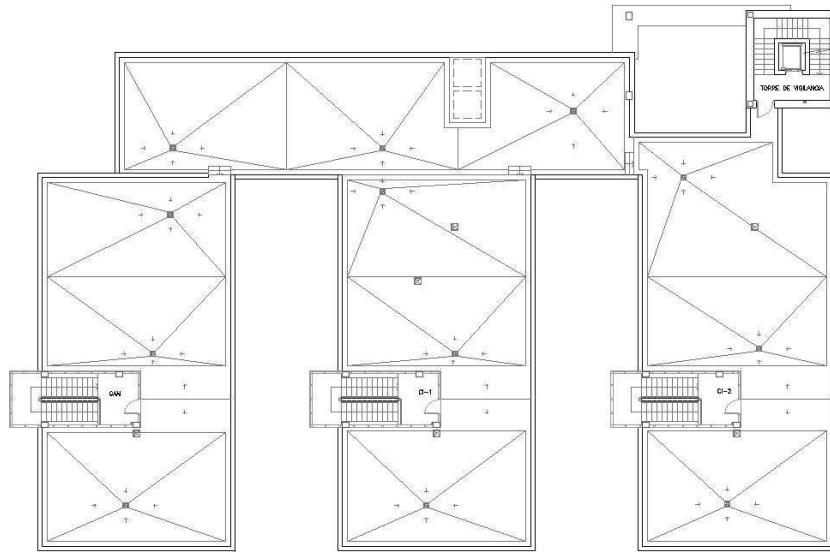
- Planta baja



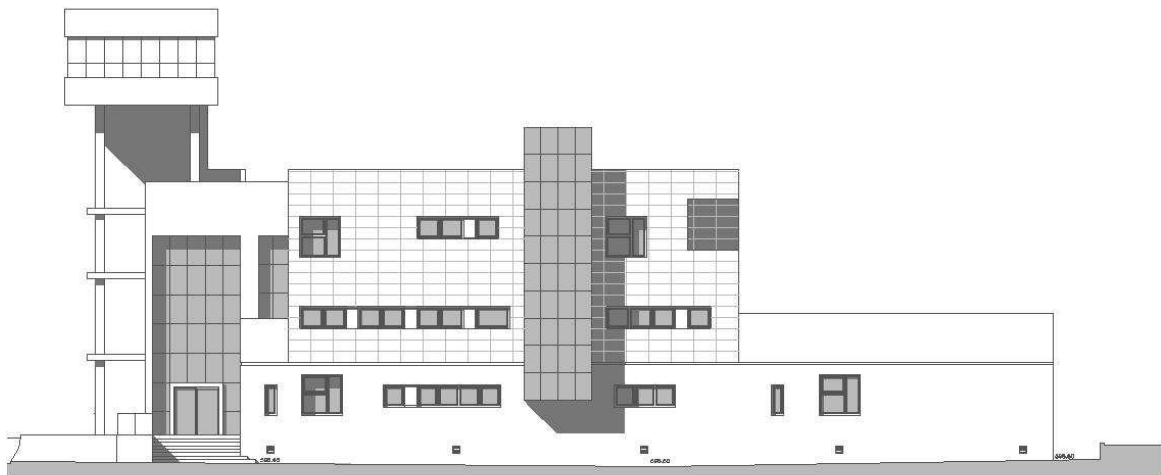
- Planta primera



- Planta segunda



- Planta tercera y cubierta



Alzado principal

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

Edificio carácter público: Intensidad Baja 12h

Situación: Jaén Capital. 37° 46'11 N

Zona climática: IV (HE1 → C4; HE4 → IV)

SUPERFICIE

Superficie útil: 2.723,31 m²

Superficie construida: 3.111,32 m²



De los datos obtenidos de las memorias constructivas del edificio, obtenemos los sistemas y materiales que componen dicho edificio:

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Sistema estructural:

Los parámetros que determinan las previsiones técnicas del sistema estructural del edificio (portante y horizontal) se resumen a continuación:

- El sistema de cimentación adoptado es a través de pilotes de hormigón armado.
- El edificio proyectado se desarrolla en tres plantas y una torre de cinco sobre rasante, con forjado antihumedad. No dispone de plantas bajo rasante.
- Fácil ejecución de la estructura mediante sistemas tradicionales y que permite libertad de distribución en planta y de pasos de elementos de instalaciones por la estructura horizontal (forjados unidireccional de hormigón armado con bovedillas de hormigón y forjado reticular con entrevigado hormigón aligerado)

Sistema envolvente, fachadas:

Los cerramientos verticales del edificio se han resuelto:

1.- Fachada del núcleo de acceso.

Con el sistema denominado "fachada ventilada" compuesta por:

- Placas de hormigón polímero de 1 cm colocadas con el sistema ULMA
- 1/2 pie de fabrica de ladrillo hueco doble, cámara de aire de 3 cms. de espesor y tabicón de 7 cms. tomados con mortero de cemento y enlucido con pasta de yeso.
- Sobre la hoja exterior se dispone un aislamiento termo-acústico sistema Fix Rock de Puma (mortero especial más lana de roca)

2.- Fachadas del resto del edificio.

Para la formación de estas fachadas se plantean dos soluciones diferentes:

A) En Planta Baja:

- 1/2 pie de fabrica de ladrillo hueco doble, tras esta hoja exterior se dispone un aislamiento termoacústico sistema Fix Rock de Puma (mortero especial más lana de roca); cámara de aire de 6 cms. de espesor y tabicón de 7 cms. tomados con mortero de cemento. Por el exterior se proyecta un revestimiento de losas de granito gris de 2 cms. de espesor grapadas con acero inoxidable.

B) En Plantas Primera y Segunda:

Con el sistema denominado "fachada ventilada" compuesta por:

- Placas de porcelanato rectificado colocadas con el sistema FV de Butech
- 1/2 pie de fabrica de ladrillo hueco doble, cámara de aire de tres cms. de espesor y tabicón de 7 cms. tomados con mortero de cemento.
- Sobre la hoja exterior se dispone un aislamiento termo-acústico sistema Fix Rock de Puma (mortero especial más lana de roca)



Cubierta:

Se realizará un faldón de cubierta no transitable formada por, pendiente suave con mortero M-20, membrana de betún modificado de 4 mm. de espesor, con doble armadura de polietileno, panel aislante de poliestireno extrusionado de 30 mm. de espesor y 30 Kg./m³, tejido antipunzonamiento de 100 gr./m², y capa de 5 cms. de espesor con árido rodado 16/32 mm, construida según NTE/QB.

Carpinterías:

Compacto de ventana de aluminio tipo Alites 5-T formada por perfiles de aluminio con rotura de puente térmico, con vidrios aislantes bajo emisivo 3+3+6+4. Control solar por medio de cortinilla de láminas tipo veneciana, y nueva cámara con vidrio interior de 5mm.

Cerramientos acristalados.

Fachada ligera acristalada formada por perfilería sistema semiestructural y vidriería de vidrio reflectante de 6 mm, cámara de 10 mm y luna stadip 4+4, bajo emisivo.

Otros cerramientos:

Las puertas exteriores de almacenes situadas en la planta de acceso, están previstas de apertura seccional motorizada por pulsador interior.

Las hojas son de panel sándwich de acero galvanizado con imprimación adherente de poliéster, acabado lacado y con núcleo de espuma dura de poliuretano 100% libre de CFC.

Se toma como referencia el modelo SPU 40 de Hörmann con acristalamiento.

Las puertas de acceso principal están previstas con dos hojas automáticas correderas, que son abatibles por empuje manual en caso de emergencia.

En la puerta primera exterior, el capialzado contenedor del operador se realizará en chapa de aluminio lacado y se continuará en los laterales a guisa de jambas contra las que acometerá la fachada ligera acristalada.



4.2. LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA

Procedemos a calcular la exigencia básica del CTE HE 1: Limitación de la demanda energética. Los edificios deben disponer de una envolvente de características tales que se adecue a la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima, de la localidad, del uso del edificio, del régimen de verano e de invierno, así como sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensaciones superficiales e intersticiales que pueden perjudicar sus características, y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor para evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

Para realizar este cálculo, se hará con el programa recomendado por el Código Técnico de la Edificación, LIDER (Opción general):

En este programa se introducen todos los datos del edificio objeto: Localidad, zona climática, orientación, y se modela el edificio, con todos sus cerramientos.

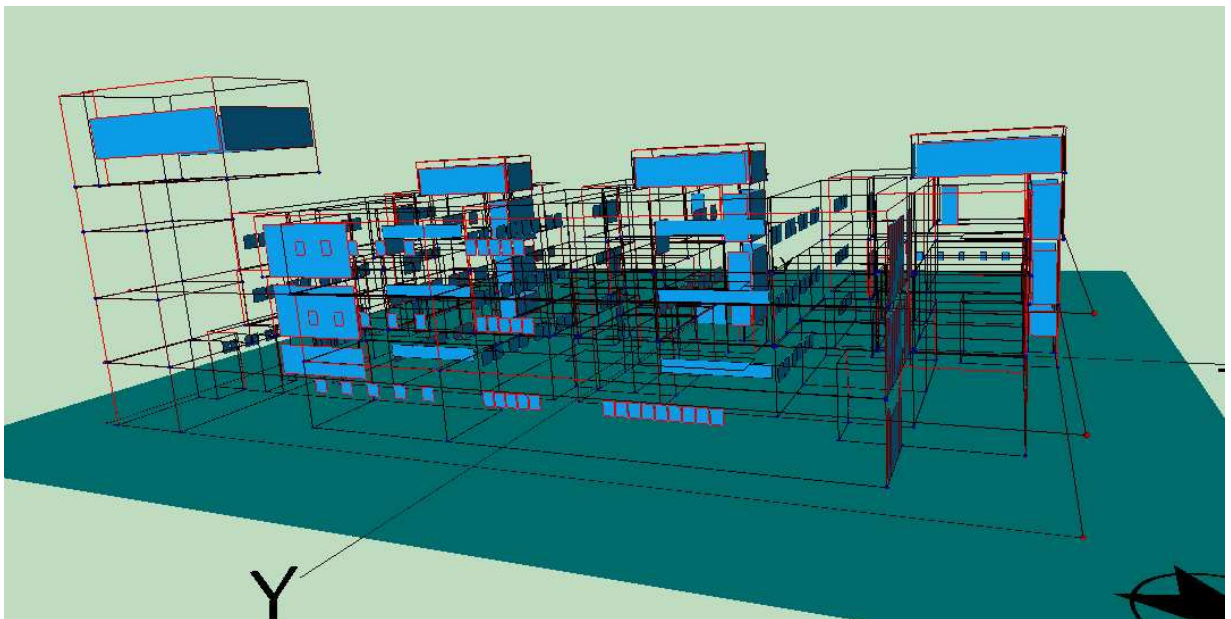


Figura 18: Imagen del Edificio modelo en LIDER

Se definen las distintas geometrías del edificio, y todos sus huecos para proceder a su análisis. Mediante este programa podremos comprobar y validar las distintas soluciones propuestas a nivel de cumplimiento de la normativa CTE-HE en lo referido a ahorro energético.

Una vez finalizado el modelado, se procede a calcular el cumplimiento de las distintas normativas que evalúa el programa LIDER.

Realmente el programa no indica cuál es el consumo del edificio, sino que compara el edificio en estudio (edificio objeto) con el edificio de referencia. Este último lo obtiene el programa a partir del edificio objeto, sustituyendo los cerramientos por otros que

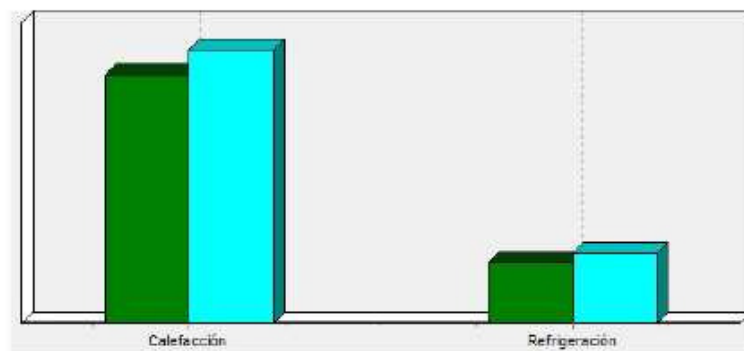


cumplen con los requisitos dados en la opción simplificada. En el resultado global se muestra de forma gráfica la demanda anual para calefacción y refrigeración del edificio en relación a la del edificio de referencia.

A continuación se muestra un resumen de los resultados y una breve explicación para su correcta interpretación.

El edificio descrito en este informe CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	90,9	86,6
Proporción relativa calefacción refrigeración	80,6	19,4



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

Tal y como indican la columna en verde los valores de demanda del edificio Objeto (nuestro edificio) son inferiores a los del edificio de referencia (columna azul) tanto en Calefacción como en Refrigeración. Siempre que se cumpla esta condición podemos considerar que el edificio **CUMPLE** los requisitos mínimos exigidos por el CTE-HE en I referente a ahorro energético.

No es necesario aplicar medidas de mejora sobre los cerramientos puesto que el edificio cumple con todas las especificaciones de transmitancias máximas, transmitancias límite condensaciones marcadas en el Código Técnico de la Edificación.

Este resultado evalúa exclusivamente la envuelta térmica del edificio y no tiene en cuenta la eficiencia de los sistemas del edificio.

El informe de la verificación del cumplimiento de la normativa HE-1 del Código Técnico de la Edificación que se ha obtenido se encuentra en el anexo (en el CD).



4.3. CALIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Una vez que se ha obtenido y verificado el cumplimiento del DB HE-1 de limitación de demanda energética del edificio, procedemos a obtener su Calificación de Eficiencia Energética. Se pueden exportar los datos desde el programa LIDER al programa CALENER de Grandes Edificios Terciarios (CALENER-GT). La exportación de los datos de la definición geométrica y constructiva del edificio la realiza el programa LIDER de manera automática.

Para realizar esta evaluación energética inicial procederemos utilizar la opción general que nos ofrece el CTE y que utiliza el programa informático CALENER para analizar la geometría introducida mediante LIDER y tras definir los parámetros de demandas y los sistemas energéticos de ACS, calefacción y refrigeración a utilizar, evaluará nuestro edificio en comparación el modelo de referencia y finalmente otorgará una determinada calificación energética en el ranking establecido por normativa que va desde la A (máxima eficiencia) a la G (mínima eficiencia).

La aplicación CALENER-GT requiere muchos más datos de entrada que el programa LIDER ya que para poder obtener la calificación energética del edificio será necesario introducir en el programa no sólo los datos constructivos y de geometría de la estructura, sino los datos de los sistemas (instalaciones térmicas y lumínicas) que contiene el inmueble. La importación de los datos de LIDER proporciona la mayor parte de los datos de la epidermis del edificio: polígonos, conjunto de capas, cerramientos, plantas, espacios, etc. Pero conviene tener en cuenta que será necesario revisar muchos otros datos como los relativos a la ocupación e iluminación de los espacios o la localización de los cerramientos.

Tras la exportación de todos los componentes constructivos y geométricos, el aspecto del edificio en CALENER es el siguiente:

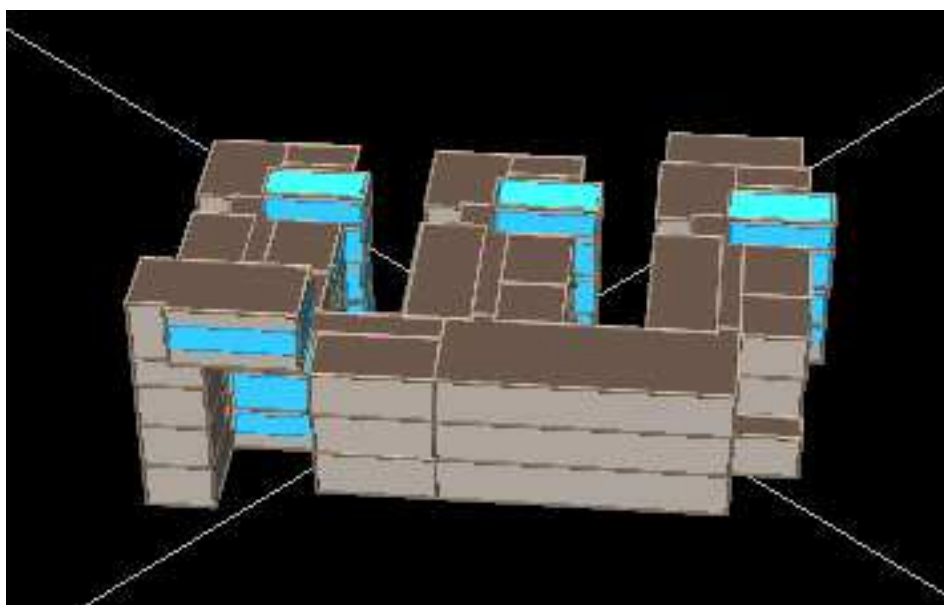


Figura 19: Imagen del Edificio modelo en CALENER GT



Posteriormente procedemos a introducir la parte de instalaciones del edificio. Se introducen por Subsistemas primarios (En este caso solo Generadores de ACS y circuitos hidráulicos) y subsistemas secundarios (subsistemas de Unidades de Tratamiento de aire, y ventilación, por free-cooling) Un esquema del subsistema secundario de ventilación:

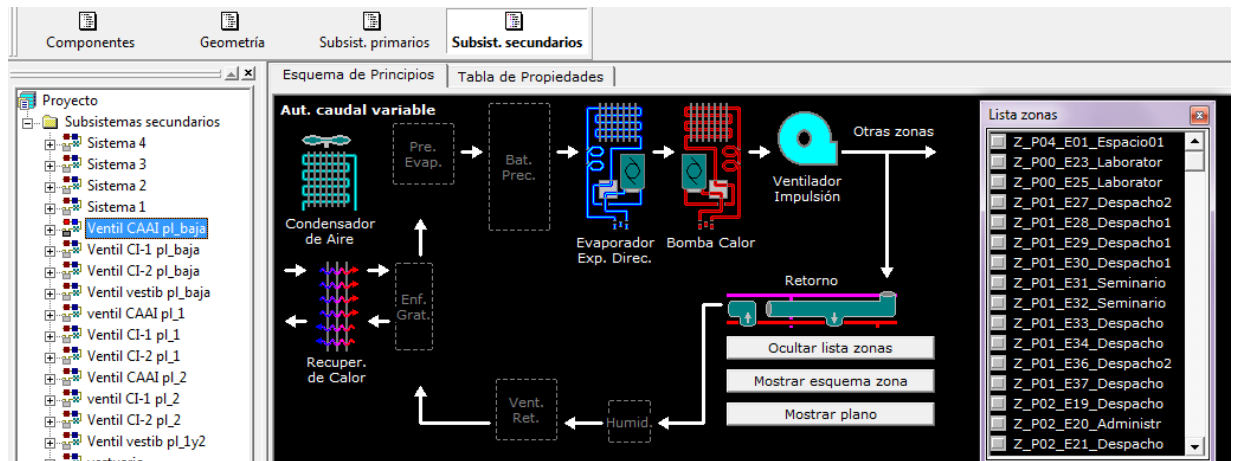


Figura 20: Subsistema de la zona del Centro Investigación Andaluz

Una vez dimensionado el conjunto de las instalaciones, el siguiente paso será evaluar su eficiencia energética. Un resumen del resultado obtenido es el siguiente:

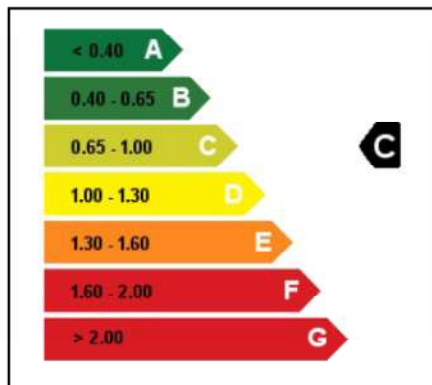
2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m ²)	63.6	41.0	1.55	E
Demanda Refri. (kW·h/m ²)	171.7	192.6	0.89	C
Energía Primaria (kW·h/m ²)	422.3	449.0	0.94	C

Emisiones Climat. (kg CO ₂ /m ²)	75.9	66.6	1.14	D
Emisiones ACS (kg CO ₂ /m ²)	7.6	6.5	1.17	D
Emisiones Ilum. (kg CO ₂ /m ²)	21.7	41.0	0.53	B
Emisiones Tot. (kg CO ₂ /m ²)	105.3	114.1	0.92	C

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES



Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	539826.8	816001.1
Energía Final (kWh/(m ² año))	162.3	245.3
En. Primaria (kWh/año)	1405169.3	1493772.1
En. Primaria (kWh/(m ² año))	422.3	449.0
Emisiones (kg CO ₂ /año)	350347.6	379676.1
Emisiones (kg CO ₂ /(m ² año))	105.3	114.1

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.



4.4. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Como hemos visto en el apartado 3. Metodología, para hacer un estudio sobre el análisis del ciclo de vida, necesitamos pasar por las 4 fases que marca la normativa:

4.4.1. OBJETIVO Y ALCANCE DE ESTUDIO

El objetivo de este estudio es realizar la evaluación de impactos ambientales asociados a los materiales, procesos, construcción, uso y futura demolición y reciclaje de materiales del edificio modelo elegido. Este edificio es un edificio público dedicado a investigación del Campus Las Lagunillas de la Universidad de Jaén.

Se realizará un estudio de ACV completo, de todos los materiales que componen el edificio y los procesos asociados, así como la energía empleada en la propia construcción y uso del mismo. En dicho estudio, no se tomarán en cuenta las instalaciones, sino tan sólo la envolvente y materiales del edificio, puesto que el objetivo es comprobar si introduciendo ecodiseños se mejora significativamente la eficiencia energética.

El orden que conlleva este estudio, está basado en la normativa explicada anteriormente y en las etapas para evaluarlo:

- Energía requerida para la obtención de materias primas, transporte de las mismas, y su transformación en los diferentes materiales destinados a la construcción del mismo edificio.
- Transporte los materiales al emplazamiento del edificio y energía que se consume en la etapa de fabricación
- Cuantificar el gasto propio del edificio, uso y mantenimiento, durante la etapa de vida del edificio, estimando una vida media de 100 años.
- Posteriormente se determinará la energía empleada en la demolición del mismo, y reciclaje de materiales hasta su reposición.

La unidad funcional será cada proceso de la fase de montaje, para así posteriormente poder analizar el impacto de la construcción en cada fase diferenciada del edificio, y por tanto evaluar cada proceso por separado.

El presente estudio es una introducción de ACV del edificio modelo. Esta parte del trabajo solo llega a la fase del inventario de ciclo de vida, introduciendo todos los materiales necesarios en la ejecución del edificio, clasificándolos por unidades de medida, u horas de funcionamiento para las máquinas. Lo siguiente sería la introducción al programa elegido para evaluarlo, abriendo camino para la futuro investigación de la Tesis Doctoral del Análisis del Ciclo de Vida completo.



4.4.2. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE CICLO DE VIDA (AICV)

Esta fase comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para identificar y cuantificar todos los efectos ambientales de los materiales asociados a la unidad funcional. Estos efectos ambientales serán la “carga ambiental”, que se definirá como la salida o entrada de materia o energía del sistema causando un efecto ambiental negativo.

Consultando la memoria constructiva del edificio en cuestión, y realizando un trabajo exhaustivo de todos los elementos, comprobando los materiales hasta conseguir la unidad de medida para la medición real del propio edificio, se ha realizado un inventario de todos los materiales que conforman el edificio, sólo los que afectan a la parte constructiva y arquitectónica, sin tener en cuenta las instalaciones:

DEMOLICIONES Y TRABAJOS PREVIOS							
Pala cargadora	Limpieza y desbroce de terreno	0,005	h/m2	3864,55	m2	19,323	horas
Camión Basculante		0,005	h/m2	3864,55	m2	19,323	horas
ACONDICIONAMIENTO DE TERRENOS							
Pala cargadora	Transporte de tierras y restos sobrantes	0,015	h/m3	307,672	m3	4,6151	horas
Camión basculante		0,100	h/m3	307,672	m3	30,767	horas
Canon vertedero		1,000	m3	307,672	m3	307,67	m3
Retroexcavadora	Excavación de zanjas y extracción	0,090	h/m3	89,905	m3	8,0915	horas
Miniexcavadora pala+retro+martil	Excavación de zanjas y encepados	0,200	h/m3	117,624	m3	23,525	horas
CIMENTACIONES							
Hormigón HA-25 /B/ SR	Encepados de pilotes	1,000	m3	156,798	m3	156,8	m3
Acero B400 S		129,600	kg/m3	156,798	m3	20321	kg
Alambre de atar		12,000	kg/m3	156,798	m3	1881,6	kg
Material complementario y piezas especiales		5,000	u/m3	156,798	m3	783,99	u
Hormigón HA-25/F/	Relleno de pilotaje in situ	1,000	m3	473,4	m3	473,4	m3
Acero B 400 S		40,000	kg/m3	473,4	m3	18936	kg
Alambre de atar		8,000	kg/m3	473,4	m3	3787,2	kg
Compresor dos martillos	Corte y descabezado de pilotes	1,000	h/u	222	u	222	horas
Perforadora y equipo pilotaje	Perforación de 72 pilote in situ Ø=30	0,220	h/m	1382,4	m	304,13	horas
Bomba de hormigonar		0,050	h/m	1382,4	m	69,12	horas
Perforadora y equipo pilotaje	Perforación de 71 pilote in situ Ø=35	0,221	h/m	1363,2	m	301,27	horas
Bomba de hormigonar		0,050	h/m	1363,2	m	68,16	horas
Perforadora y equipo pilotaje	Perforación de 60 pilote in situ Ø=45	0,223	h/m	1152	m	256,9	horas
Bomba de hormigonar		0,050	h/m	1152	m	57,6	horas
Perforadora y equipo pilotaje		0,225	h/m	364,8	m	82,08	horas



Bomba de hormigonar	Perforación de 19 pilote in situ Ø=55	0,050	h/m	364,8	m	18,24	horas	
Transporte equipo pilotaje especial	Transporte equipo maquinaria ida y vuelta	1,000	u	5280,07	€	5280,1	€	
Hormigón HA-25/B/	Vigas de zunchos	1,030	m3/m3	86,446	m3	89,039	m3	
Vibrador		0,200	h/m3	86,446	m3	17,289	horas	
Acero B 400 S		146,000	kg/m3	86,446	m3	12621	kg	
Alambre de atar		8,000	kg/m3	86,446	m3	691,57	kg	
Material complementario y piezas especiales		5,000	u/m3	86,446	m3	432,23	u	
Hormigón HM-20/P/	Hormigonado cimientos	1,080	m3/m3	20,826	m3	22,492	m3	
Lamina de polietileno 0,2mm	Lamina polietileno sobre subbases de cimentación	1,111	m2/m2	632,13	m2	702,3	m2	
Poliestireno planchas rígidas ρ=12kg/m3	Aislamiento de elementos de cimentación	0,040	m3/m2	160,49	m2	6,4196	m3	
Pequeño material		1,500	u/m2	160,49	m2	240,74	u	
ESTRUCTURAS								
Madera de pino en tablón	Forjado de viguetas autorresistentes de armaduras rígidas	0,001	m3/m2	910,38	m2	0,9104	m3	
Pequeño material		1,000	u/m2	910,38	m2	910,38	u	
Hormigón HA-25/B/		0,107	m3/m2	910,38	m2	97,411	m3	
Bovedilla de mortero de cemento		5,400	u/m2	910,38	m2	4916,1	u	
Acero B400S		1,000	kg/m2	910,38	m2	910,38	kg	
Acero electrosoldado malla B500S		0,990	kg/m2	910,38	m2	901,28	kg	
Vibrador		0,070	h/m2	910,38	m2	63,727	horas	
Vigueta autorresistente de armadura rígida		1,397	m/m2	910,38	m2	1271,8	m	
Vigueta autorresistente de armadura rígida		2,338	m/m2	114,75	m2	268,29	m	
Pequeño material		1,000	u/m2	114,75	m2	114,75	u	
Vibrador	0,070	h/m2	114,75	m2	8,0325	horas		
Bovedilla de mortero de cemento	Forjado de viguetas autorresistentes doble pareadas	4,860	u/m2	114,75	m2	557,69	u	
Acero electrosoldado malla B500S		0,990	kg/m2	114,75	m2	113,6	kg	
Madera de pino en tablón		0,001	m3/m2	114,75	m2	0,1148	m3	
Hormigón HA-25/B/		0,112	m3/m2	114,75	m2	12,852	m3	
Acero B 400 S		2,000	kg/m2	114,75	m2	229,5	kg	
Vigueta autorresistente de armadura rígida		3,507	m/m2	158,38	m2	555,44	m	
Pequeño material		1,000	u/m2	158,38	m2	158,38	u	
Vibrador		0,070	h/m2	158,38	m2	11,087	horas	
Bovedilla de mortero de cemento		Forjado de viguetas autorresistentes triple pareadas	4,860	u/m2	158,38	m2	769,73	u
Acero electrosoldado malla B500S			0,990	kg/m2	158,38	m2	156,8	kg
Madera de pino en tablón	0,001		m3/m2	158,38	m2	0,1584	m3	
Hormigón HA-25/B/	0,110		m3/m2	158,38	m2	17,422	m3	
Acero B 400 S	2,000		kg/m2	158,38	m2	316,76	kg	
Forj. Reticular bloques perm. Hormigón	1,000		m2/m2	3595,66	m2	3595,7	m2	
Hormigón HA-25/B/ en Jacenas + B400S	0,035		m3/m2	3595,66	m2	125,85	m3	
Estructura con formado reticular y								



Hormigón HA-25/B/ en losas + B400S	nervios de hormigón	0,020	m3/m2	3595,66	m2	71,913	m3
Hormigón HA-25/B/ en pilares + B400S		0,040	m3/m2	3595,66	m2	143,83	m3
Hormigón HA-25/B/ en losas	Foso ascensor	1,000	m3/u	3	u	3	m3
Hormigón HA-25/B/ en muros de contención		2,200	m3/u	3	u	6,6	m3
Excavación de pozos		6,000	m3/u	3	u	18	m3
Transporte de tierras		6,000	m3/u	3	u	18	m3
ALBAÑILERÍA							
Ladrillo hueco sencillo 4 cm	Tabique de ladrillo hueco sencillo de 4 cm	0,037	mu/m2	99,755	m2	3,6909	mu
Mortero de cemento M-40		0,010	m3/m2	99,755	m2	0,9976	m3
Ladrillo hueco doble 7 cm	Tabique de ladrillo hueco doble de 7 cm	0,037	mu/m2	624,902	m2	23,121	mu
Mortero de cemento M-40		0,014	m3/m2	624,902	m2	8,7486	m3
Ladrillo hueco doble 7 cm	Tabique de ladrillo hueco doble de 7 cm, incluso recibido de preparco, pilares, shut y bajantes	0,037	mu/m2	3202,47	m2	118,49	mu
Mortero de cemento M-40		0,014	m3/m2	3202,47	m2	44,835	m3
Material complementario y piezas especiales		1,000	u/m2	3202,47	m2	3202,5	u
Ladrillo hueco doble 7 cm	Citara de ladrillo hueco doble a 7 cm	0,055	mu/m2	3089,287	m2	169,91	mu
Mortero de cemento M-40		0,026	m3/m2	3089,287	m2	80,321	m3
Ladrillo hueco doble 9 cm	Citara de ladrillo hueco doble a 9 cm	0,045	mu/m2	244,17	m2	10,988	mu
Mortero de cemento M-40		0,018	m3/m2	244,17	m2	4,3951	m3
Ladrillo hueco doble 9 cm	Fabrica de un pie de espesor con ladrillo doble 9 cm	0,089	mu/m2	443,158	m2	39,441	mu
Mortero de cemento M-40		0,045	m3/m2	443,158	m2	19,942	m3
Ladrillo perforado, taladro pequeño para revestir	Citara de ladrillo perforado, taladro pequeño para revestir	0,068	mu/m2	152,88	m2	10,396	mu
Mortero de cemento M-40		0,031	m3/m2	152,88	m2	4,7393	m3
Ladrillo perforado aislamiento acústico	Citara de ladrillo perforado aislamiento acústico mínimo 45dBA para revestir	0,068	mu/m2	2019,73	m2	137,34	mu
Mortero de cemento M-40		0,031	m3/m2	2019,73	m2	62,612	m3
Ladrillo perforado, taladro pequeño para revestir	Fabrica de un pie de espesor con ladrillo perforado para revestir	0,137	mu/m2	590,12	m2	80,846	mu
Mortero de cemento M-40		0,072	m3/m2	590,12	m2	42,489	m3
Mortero de cemento M-40	Formación de peldaño con ladrillo hueco	0,015	m3/m	512,4	m	7,686	mm3
Ladrillo hueco doble 9 cm		0,010	mu/m	512,4	m	5,124	mu
Ladrillo hueco sencillo 4 cm		0,010	mu/m	512,4	m	5,124	mu
Ladrillo gafa	Empalomado de 100 cm formado por tabicones aligerados	0,038	mu/m2	26,28	m2	0,9986	mu
Rasillón cerámico 1x0,25x0,04 m		4,240	u/m2	26,28	m2	111,43	u
Mortero de cemento M-40		0,020	m3/m2	26,28	m2	0,5256	m3
Mortero de cemento M-40	Emparchado de frentes de forjado	0,006	m3/m	794,66	m	4,768	m3
Ladrillo rasilla 2,5 cm		0,011	mu/m	794,66	m	8,7413	mu
CUBIERTAS							
Faldón de azotea con sup. Grava		1,000	m2/m2	1139,41	m2	1139,4	m2



Enc. Falcón cub. Plana invertida Hormigón	Faldón de azotea invertida NO transitable	0,200	u/m2	1139,41	m2	227,88	u
Enc. Falcón cub. Plana invertida Hormigón		0,100	m/m2	1139,41	m2	113,94	m
Borde libre en faldón sobre hormigón aligerado		0,100	m/m2	1139,41	m2	113,94	m
Junta dilatación con protección gravilla		0,200	m/m2	1139,41	m2	227,88	m
Faldón de azotea invertida	Faldón de azotea invertida transitable	1,000	m2/m2	102,218	m2	102,22	m2
Enc.faldon s/hormigón aligerado		0,100	m/m2	102,218	m2	10,222	m
Enc.faldon con cazoleta, refuerzo membrana		0,200	u/m2	102,218	m2	20,444	u
Borde libre en faldon sobre hormigón aligerado		0,100	m/m2	102,218	m2	10,222	m
Junta dilatación cinc		0,200	m/m2	102,218	m2	20,444	m
ASLAMIENOS/IMPERMEABILIZANTES							
Mortero de cemento M-4	Impermeabilización de suelos por membrana de betún	0,041	m3/m2	218,285	m2	8,9497	m3
Membrana betún modif. Arm. Doble polietileno 4 mm		1,111	m2/m2	218,285	m2	242,51	m2
Placa asfáltica capas granulo tegola texsa	Impermeabilización de cubiertas por placa asfáltica 5 capas	1,100	m2/m2	12,39	m2	13,629	m2
Material complementario o pzas espec.		4,000	u/m2	12,39	m2	49,56	u
Pequeño material		1,000	u/m2	12,39	m2	12,39	u
Mortero de cemento M-4		0,041	m3/m2	12,39	m2	0,508	m3
Cemento adhesivo impermeable fixrock	Aislamiento fachada ventilada pared con capa 5 mm	8,000	k/m2	2621,73	m2	20974	k
Panel semirrígido lana roca 40mm		1,000	m2/m2	2621,73	m2	2621,7	m2
Pequeño material	0,500	u/m2	2621,73	m2	1310,9	u	
Cemento adhesivo impermeable fixrock	Aislamiento fachada ventilada techo con capa 5 mm	8,000	k/m2	161,64	m2	1293,1	k
Panel semirrígido lana roca 40mm		1,000	m2/m2	161,64	m2	161,64	m2
Pequeño material		0,500	u/m2	161,64	m2	80,82	u
REVESTIMIENTOS							
Revestimientos verticales							
Plaqueta cerámica vidriada	Alicatado con plaqueta cerámica vidriada	1,000	m2/m2	1100,888	m2	1100,9	m2
Cemento aditivado Vmorter lafarge texsa		4,000	k/m2	1100,888	m2	4403,6	k
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m2	1100,888	m2	1100,9	u
Arena cernida		0,020	m3/m2	1100,888	m2	22,018	m3
Listelo plaqueta ceranica	Listelo remate con plaqueta cerámica	1,000	m/m	442,49	m	442,49	m
Cemento blanco BL II		0,001	t/m	442,49	m	0,4425	t
Material complementario o pzas especiales		0,300	u/m	442,49	m	132,75	u
Mortero bastardo (cem,cal y ar.rio)		0,003	m3/m	442,49	m	1,3275	m3
Mosaico cristal L'antic colonial porcelanosa 5x5	Revestido con mosaico cristal	1,000	m2/m2	198,114	m2	198,11	m2
Cemento cola hidraulico especial		5,000	k/m2	198,114	m2	990,57	k
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m2	198,114	m2	198,11	u
Plaqueta gres porcelanato Twin-glass 31,6x90	Chapada con plaqueta gres	1,000	m2/m2	435,96	m2	435,96	m2



Pequeño material	revestimiento de paramento de ladrillo	1,000	u/m2	435,96	m2	435,96	u
Mortero bastardo (cem,cal y ar.rio)		0,021	m3/m2	435,96	m2	9,1552	m3
Placa hormigón polímero ulma	Chapado con placas de hormigón polímero Tipo ulma	1,000	m2/m2	39,67	m2	39,67	m2
Material complementario o pzas especiales		5,000	u/m2	39,67	m2	198,35	u
Pequeño material		1,000	u/m2	39,67	m2	39,67	u
Mortero bastardo (cem,cal y ar.rio)		0,021	m3/m2	39,67	m2	0,8331	m3
Solucion integral placa hormigón polímero		Chapado con placas de hormigón Tipo Ulma Sistema integral	1,000	m2/m2	127,174	m2	127,17
Material complementario o pzas especiales	5,000		u/m2	127,174	m2	635,87	u
Pequeño material	1,000		u/m2	127,174	m2	127,17	u
Dintel de granito	Dintel de granito abujardado fijado con anclaje de varillas	1,000	m/m	16,37	m	16,37	m
Pequeño material		1,000	u/m	16,37	m	16,37	u
Cemento blanco BL II		0,001	t/m	16,37	m	0,0164	t
Mortero de cemento y arena de rio (1:6)		0,010	m3/m	16,37	m	0,1637	m3
Material complementario o pzas especiales		2,000	u/m	16,37	m	32,74	u
Jamba granito	Chapado de Jambas de huecos de granito abujardado	1,000	m/m	38,4	m	38,4	m
Pequeño material		0,500	u/m	38,4	m	19,2	u
Mortero bastardo (cem,cal y ar.rio)		0,010	m3/m	38,4	m	0,384	m3
Cemento blanco BL II		0,001	t/m	38,4	m	0,0384	t
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m	38,4	m	38,4	u
Placa de granito gris acabado abujardado	Chapado de granito gris con losas, acabado abujardado	1,000	m2/m2	951,358	m2	951,36	m2
Cemento blanco BL II		0,001	t/m2	951,358	m2	0,9514	t
Material complementario o pzas especiales		2,000	u/m2	951,358	m2	1902,7	u
Pequeño material		1,000	u/m2	951,358	m2	951,36	u
Mortero bastardo (cem,cal y ar.rio)		0,031	m3/m2	951,358	m2	29,492	m3
Umbral granito	Chapado de umbral de hueco de granito, abujardado	1,000	m/m	16,37	m	16,37	m
Pequeño material		0,500	u/m	16,37	m	8,185	u
Mortero bastardo (cem,cal y ar.rio)		0,010	m3/m	16,37	m	0,1637	m3
Cemento blanco BL II		0,001	t/m	16,37	m	0,0164	t
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m	16,37	m	16,37	u
Recercado hormigón polímero Ulma	Recercado de hormigón polímero	1,000	m/m	61,18	m	61,18	m
Cemento blanco BL II		0,001	t/m	61,18	m	0,0612	t
Material complementario o pzas especiales		2,000	u/m	61,18	m	122,36	u
Pequeño material		1,000	u/m	61,18	m	61,18	u
Mortero de cemento y arena de rio (1:6)		0,021	m3/m	61,18	m	1,2848	m3
Plaqueta gres porcelanato glass	Revestimiento fachada ventilada de pared	1,000	m2/m2	1489,653	m2	1489,7	m2
Estructura fachada ventilada. Sist FV/Butech		1,000	m2/m2	1489,653	m2	1489,7	m2
Pequeño material		1,000	u/m2	1489,653	m2	1489,7	u
Plaqueta gres porcelanato glass		1,000	m2/m2	88,589	m2	88,589	m2



Estructura fachada ventilada. Sist FV/Butech	Revestimiento fachada ventilada de techo	1,000	m2/m2	88,589	m2	88,589	m2
Pequeño material		1,000	u/m2	88,589	m2	88,589	u
Placa hormigón polímero ulma	Revestimiento fachada ventilada de pared	1,000	m2/m2	1132,065	m2	1132,1	m2
Estructura auxiliar fachada vent		1,000	m2/m2	1132,065	m2	1132,1	m2
Material complementario o pzas especiales		2,000	u/m2	1132,065	m2	2264,1	u
Pequeño material		1,000	u/m2	1132,065	m2	1132,1	u
Placa hormigón polímero ulma		1,000	m2/m2	73,049	m2	73,049	m2
Estructura auxiliar fachada vent	Revestimiento fachada ventilada de techo	1,000	m2/m2	73,049	m2	73,049	m2
Material complementario o pzas especiales		10,000	u/m2	73,049	m2	730,49	u
Pequeño material		1,000	u/m2	73,049	m2	73,049	u
Placa hormigón polímero ulma		1,000	m2/m2	73,049	m2	73,049	m2
Listelo ac.galvanizado 140.70.4	Listelo de acero galvanizado fijado con soldadura	1,000	m/m	493,83	m	493,83	m
Material complementario o pzas especiales		0,500	u/m	493,83	m	246,92	u
Pequeño material		2,000	u/m	493,83	m	987,66	u
Mortero de cemento y arena de río (1:6)	Enfoscado sin maestrear y fratasado (1:6)	0,021	m3/m2	1075,63	m2	22,588	m3
Mortero de cemento y arena de río (1:6)	Enfoscado sin maestrear ni fratar (1:6)	0,018	m3/m2	3089,287	m2	55,607	m3
Pasta de yeso negro YG	Guarnecido y enlucido sin maestrear con acabado con rincón vivo en techos	0,015	m3/m2	566,19	m2	8,4929	m3
Pasta de yeso Blanco YF		0,005	m3/m2	566,19	m2	2,831	m3
Pasta de yeso negro YG	Guarnecido y enlucido sin maestrear con acabado con rincón vivo en paredes	0,015	m3/m2	3413,849	m2	51,208	m3
Pasta de yeso Blanco YF		0,005	m3/m2	3413,849	m2	17,069	m3
Pasta de yeso negro YG	Guarnecido y enlucido sin maestrear con acabado con rincón vivo en cajas de escaleras	0,015	m3/m2	829,61	m2	12,444	m3
Pasta de yeso Blanco YF		0,005	m3/m2	829,61	m2	4,1481	m3
Pasta de yeso negro YG	Guarnecido y enlucido sin maestrear con acabado con rincón vivo en techos	0,015	m3/m2	340,416	m2	5,1062	m3
Pasta de yeso Blanco YF		0,005	m3/m2	340,416	m2	1,7021	m3
Pasta de yeso negro YG	Guarnecido y enlucido sin maestrear con acabado con rincón vivo en paredes	0,015	m3/m2	2133,736	m2	32,006	m3
Chapa aluminio lacado 2mm	Revestimiento de paredes con chapa lisa	1,000	m2/m2	26,864	m2	26,864	m2
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m2	26,864	m2	26,864	u
Pequeño material		1,000	u/m2	26,864	m2	26,864	u
Revestimiento peldaños							
Peldaño cerámico antideslizante	Peldaño formado por huella y tabica con piezas cerámicas	1,000	m/m	11,7	m2	11,7	m
Lechada de cemento		0,001	m3/m	11,7	m2	0,0117	m3
Mortero de cemento M40 y arena de río (1:6)		0,015	m3/m	11,7	m2	0,1755	m3
Huella granito	Peldaños de granito	1,000	m/m	36,3	m	36,3	m
Tabica Granito		1,000	m/m	36,3	m	36,3	m
Lechada de cemento		0,001	m3/m	36,3	m	0,0363	m3



Mortero de cemento M40 y arena de río (1:6)		0,021	m3/m	36,3	m	0,7623	m3
Huella mármol nacional encintado antideslizante	Peldaños de mármol	1,000	m/m	464,4	m	464,4	m
Tabica mármol nacional		1,000	m/m	464,4	m	464,4	m
Lechada de cemento		0,001	m3/m	464,4	m	0,4644	m3
Mortero de cemento M40 y arena de río (1:6)		0,021	m3/m	464,4	m	9,7524	m3
Zanquin Mármol nacional 10x2cm		1,000	u/u	724	u	724	u
Lechada de cemento	Zanquín de mármol	0,001	m3/u	724	u	0,724	m3
Mortero de cemento M40 y arena de río (1:6)		0,006	m3/u	724	u	4,344	m3
Revestimiento de solerías							
Baldosa cerámica antideslizante 30x30	Solado con baldosas cerámicas	1,000	m2/m2	148,62	m2	148,62	m2
Arena fina		0,020	m2/m3	148,62	m2	2,9724	m2
Lechada de cemento		0,001	m2/m3	148,62	m2	0,1486	m2
Mortero de cemento M40 y arena de río (1:6)		0,031	m2/m3	148,62	m2	4,6072	m2
Baldosa cerámica antideslizante 30x30 resist ataques	Solado con baldosas cerámicas antideslizante Clase2 Resist ataques químicos	1,000	m2/m2	346,61	m2	346,61	m2
Arena fina		0,020	m3/m2	346,61	m2	6,9322	m3
Lechada de cemento		0,001	m3/m2	346,61	m2	0,3466	m3
Mortero de cemento y arena de río (1:6)		0,031	m3/m2	346,61	m2	10,745	m3
Baldosa cerámica antideslizante 30x30	Solado con baldosas cerámicas antideslizante Clase3	1,000	m2/m2	68,648	m2	68,648	m2
Arena fina		0,020	m3/m2	68,648	m2	1,373	m3
Lechada de cemento		0,001	m3/m2	68,648	m2	0,0686	m3
Mortero de cemento y arena de río (1:6)		0,031	m3/m2	68,648	m2	2,1281	m3
Felpudo	Solado con rollos de felpudo tensadas por adhesión	1,000	m2/m2	11,87	m2	11,87	m2
Pequeño material		1,000	u/m2	11,87	m2	11,87	u
Mortero de cemento M8 y arena de río (1:4) 3cm		0,031	m3/m2	11,87	m2	0,368	m3
Pasta niveladora		1,000	m2/m2	11,87	m2	11,87	m2
Baldosa granito	Solado con baldosas de granito	1,000	m2/m2	72,75	m2	72,75	m2
Arena fina		0,020	m3/m2	72,75	m2	1,455	m3
Lechada de cemento		0,001	m3/m2	72,75	m2	0,0728	m3
Mortero de cemento M40 y arena de río (1:6)		0,021	m3/m2	72,75	m2	1,5278	m3
Baldosa mármol nacional	Solado con baldosas de mármol	1,000	m2/m2	56,116	m2	56,116	m2
Arena fina		0,020	m3/m2	56,116	m2	1,1223	m3
Lechada de cemento		0,001	m3/m2	56,116	m2	0,0561	m3
Mortero de cemento M40 y arena de río (1:6)		0,021	m3/m2	56,116	m2	1,1784	m3
Pulido solería	Solado con baldosas de terrazo con marmolina de grano medio	1,000	m2/m2	241,74	m2	241,74	m2
Baldosa terrazo 33x33 cm grano medio		1,040	m2/m2	241,74	m2	251,41	m3
Mortero de cemento M40 y arena de río (1:6)		0,021	m3/m2	241,74	m2	5,0765	m3
Arena fina		0,020	m3/m2	241,74	m2	4,8348	m3
Lechada de cemento		0,001	m3/m2	241,74	m2	0,2417	m3



Solado terrazo microgr 40x40 cm pulido y abricantado	Solado con baldosas de terrazo micrograno	1,000	m2/m2	1466,87	m2	1466,9	m2
Rodapié terrazo midrograno 40		0,800	m/m2	1466,87	m2	1173,5	m
Baldosa terrazo micrograno 40x40	Solado con baldosas terrazo micrograno. Tiras y rodapie	0,872	m2/m2	360,75	m2	314,57	m2
Tira terrazo micrograno 40x10		2,000	m/m2	360,75	m2	721,5	m
Rodapié terrazo midrograno 50		0,800	m/m2	360,75	m2	288,6	m
Arena fina		0,020	m3/m2	360,75	m2	7,215	m3
Pulido y abricantado de soleria		1,000	m2/m2	360,75	m2	360,75	m2
Lechada de cemento		0,001	m3/m2	360,75	m2	0,3608	m3
Mortero de cemento M40 y arena de rio (1:6)		0,022	m3/m2	360,75	m2	7,9365	m3
Revestimiento de techos						0	
Placa escayola lisa		Techo continuo de placa de escayola lisa	1,103	m2/m2	27,3	m2	30,112
Pequeño material	2,000		u/m2	27,3	m2	54,6	u
Pasta de escayola	0,001		m3/m2	27,3	m2	0,0273	m3
Placa escayola lisa	Plancha de escayola lisa colocada en vertical en formación escalonado	1,050	m2/m2	50,4	m2	52,92	m2
Pequeño material		2,000	u/m2	50,4	m2	100,8	u
Pasta de escayola		0,015	m3/m2	50,4	m2	0,756	m3
Perfil perimetral metálico	Techo de placas de escayola acústica suspendidas	1,010	m/m2	2048,603	m2	2069,1	m
Perfil primario metálico		1,530	m/m2	2048,603	m2	3134,4	m
Perfil secundario metálico		1,530	m/m2	2048,603	m2	3134,4	m
Placa acústica de escayola		0,800	m2/m2	2048,603	m2	1638,9	m2
Tensor metálico		4,800	u/m2	2048,603	m2	9833,3	u
Pequeño material		1,000	u/m2	2048,603	m2	2048,6	u
Placa escayola lisa		0,200	m2/m2	2048,603	m2	409,72	m2
Perfil perimetral metálico		1,010	m/m2	396,58	m2	400,55	m
Perfil primario metálico		1,530	m/m2	396,58	m2	606,77	m
Perfil secundario metálico		1,530	m/m2	396,58	m2	606,77	m
Placa acústica de escayola	0,900	m2/m2	396,58	m2	356,92	m2	
Tensor metálico	4,800	u/m2	396,58	m2	1903,6	u	
Pequeño material	1,000	u/m2	396,58	m2	396,58	u	
Material complementario o pzas especiales	1,000	u/m2	396,58	m2	396,58	u	
Placa escayola lisa	0,200	m2/m2	396,58	m2	79,316	m2	
Perfil perimetral metálico	Techo de chapa plegada de aluminio de color	1,020	m/m2	27,814	m2	28,37	m
Perfil primario metálico		1,530	m/m2	27,814	m2	42,555	m
Chapa plegada 1.5mm alum anonizado color		1,020	m2/m2	27,814	m2	28,37	m2
Perfil secundario metálico		1,530	m/m2	27,814	m2	42,555	m
Tensor metálico		4,080	u/m2	27,814	m2	113,48	u
Pequeño material		1,000	u/m2	27,814	m2	27,814	u
Revestimiento ventanas							
Vierteaguas granito	Alfeizar de granito	1,000	m/m	51,05	m	51,05	m
Junta de sellado		0,400	m/m	51,05	m	20,42	m
Lechada de cemento		0,001	m3/m	51,05	m	0,0511	m3



Mortero bastardo (cem,cal y ar.rio) (1:1:7)		0,009	m3/m	51,05	m	0,4595	m3
Vierteaguas al. lacado 40x1.5 goterón	Alfeizar de aluminio lacado color especial con goterón	1,000	m/m	65,82	m	65,82	m
Junta de sellado		1,000	m/m	65,82	m	65,82	m
Lechada de cemento		0,001	m3/m	65,82	m	0,0658	m3
Mortero bastardo (cem, cal y ar.rio) (1:1:7)		0,009	m3/m	65,82	m	0,5924	m3
Vierteaguas hormigón polímero canto moldeado	Vierteaguas de hormigón polímero recibido con mortero	1,000	m/m	117,12	m	117,12	m
Junta de sellado		0,400	m/m	117,12	m	46,848	m
Lechada de cemento		0,001	m3/m	117,12	m	0,1171	m3
Mortero bastardo (cem, cal y ar.rio) (1:1:7)		0,009	m3/m	117,12	m	1,0541	m3
Remate plaqueta gres porcelanato glass	Remates en plaqueta	1,000	m/m	196,66	m	196,66	m
CARPINTERÍAS							
Puerta met. empanelada chapa galvanizada	Puerta metálica de hoja abatible	1,000	m2/m2	1,785	m2	1,785	m2
Cerradura llave plana 1º Cal		0,400	u/m2	1,785	m2	0,714	u
Junta de sellado		2,000	m/m2	1,785	m2	3,57	m
Material complementario o pzas especiales		20,000	u/m2	1,785	m2	35,7	u
Mamp. Fija/abatible Aluminio lacada	Mampara fija y parte abatible	1,000	m2/m2	18,06	m2	18,06	m2
Preferco tubo acero galvanizado		3,000	m/m2	18,06	m2	54,18	m
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m2	18,06	m2	18,06	u
Mamp. Fija/abatible Oscilante Aluminio lacada	Mampara fija y parte abatible/oscilante	1,000	m2/m2	38,982	m2	38,982	m2
Preferco tubo acero galvanizado		3,000	m/m2	38,982	m2	116,95	m
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m2	38,982	m2	38,982	u
Puerta abatible aluminio lacado	Puerta abatible	1,000	m2/m2	12,404	m2	12,404	m2
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m2	12,404	m2	12,404	u
Puerta garage seccional aluminio Sandwich	Puerta de acceso a garaje	1,000	m2/m2	36,675	m2	36,675	m2
Automatismo puerta garaje		0,150	u/m2	36,675	m2	5,5013	u
Cedula fotoelectronica puerta garaje		0,150	u/m2	36,675	m2	5,5013	u
Cerradura contacto electrico		0,300	u/m2	36,675	m2	11,003	u
Material complementario o pzas especiales		2,000	u/m2	36,675	m2	73,35	u
Puerta corred/fija antipánico		1,000	m2/m2	10,08	m2	10,08	m2
Pequeño material	Puerta corredera/fija con vidrio 4+4 con antipánico	5,000	u/m2	10,08	m2	50,4	u
Material complementario o pzas especiales		6,000	u/m2	10,08	m2	60,48	u
Puerta corredera aluminio	Puerta corredera+antipánico mecanizada	1,000	m2/m2	5,28	m2	5,28	m2
Pequeño material		5,000	u/m2	5,28	m2	26,4	u
Material complementario o pzas especiales		6,000	u/m2	5,28	m2	31,68	u
Preferco tubo acero galvanizado	Ventana de hojas abatibles	4,000	m/m2	13930	m2	55720	m
Junta de sellado		4,000	m/m2	13930	m2	55720	m
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m2	13930	m2	13930	u



Ventana aleación de aluminio lacado		1,000	m2/m2	13930	m2	13930	m2	
Ventana fija aluminio lacado	Ventana con parte fija y hojas abatibles	0,500	m2/m2	35,98	m2	17,99	m2	
Ventana abatible aluminio lacado		0,500	m2/m2	35,98	m2	17,99	m2	
Ventana de aleacion de aluminio lacado	Ventana especial con RPT con persiana venediana entre doble acristalamiento	1,000	m2/m2	237,102	m2	237,1	m2	
Pre cerco tubo galvanizado		3,800	m/m2	237,102	m2	900,99	m	
Junta de sellado		3,800	m/m2	237,102	m2	900,99	m	
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m2	237,102	m2	237,1	u	
Recercado hueco perfil aluminio lacado hasta 15cm	Recercado de huecos con perfiles de aluminio hasta 15cm	1,000	m/m	463,64	m	463,64	m	
Pequeño material		0,500	u/m	463,64	m	231,82	u	
Recercado hueco perfil aluminio lacado hasta 25cm	Recercado de huecos con perfiles de aluminio hasta 25cm	1,000	m/m	136,42	m	136,42	m	
Pequeño material		0,500	u/m	136,42	m	68,21	u	
Recercado hueco perfil aluminio lacado hasta 40cm	Recercado de huecos con perfiles de aluminio hasta 40m	1,000	m/m	138,4	m	138,4	m	
Pequeño material		0,500	u/m	138,4	m	69,2	u	
Recercado hueco perfil aluminio lacado hasta 50cm	Recercado de huecos con perfiles de aluminio hasta 50m	1,000	m/m	43,92	m	43,92	m	
Pequeño material		0,500	u/m	43,92	m	21,96	u	
Recercado hueco perfil aluminio lacado hasta 75cm	Recercado de huecos con perfiles de aluminio hasta 75m	1,000	m/m	40	m	40	m	
Pequeño material		0,500	u/m	40	m	20	u	
Perfilería de aluminio <i>Strugal</i>	Fachada ligera acristalada muro cortina	1,000	m2/m2	577,356	m2	577,36	m2	
Panel aluminio lacado		0,200	m2/m2	577,356	m2	115,47	m2	
Doble acristalamiento Solarlux green temprado		1,000	m2/m2	577,356	m2	577,36	m2	
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m2	577,356	m2	577,36	u	
Pequeño material		1,000	u/m2	577,356	m2	577,36	u	
Pre cerco Pino flandes 100x40mm		Puerta paso con hoja ciega abatible	2,800	m/m2	131,922	m2	369,38	m
Cerco DM 100x35mm	2,800		m/m2	131,922	m2	369,38	m	
Hoja de paso DM ciega	0,560		u/m2	131,922	m2	73,876	u	
Tapajuntas DM 70x15	5,700		m/m2	131,922	m2	751,96	m	
Juego de pomos o manivelas laton	0,560		u/m2	131,922	m2	73,876	u	
Pernios de laton 11 cm	1,700		u/m2	131,922	m2	224,27	u	
Picaporte de resbalon	0,560		u/m2	131,922	m2	73,876	u	
Material complementario o pzas especiales	1,000		u/m2	131,922	m2	131,92	u	
Pequeño material	1,000		u/m2	131,922	m2	131,92	u	
Pre cerco Pino flandes 100x40mm	Puerta paso con hojas ciegas abatibles		1,850	m/m2	58,758	m2	108,7	m
Cerco DM 100x35mm			1,850	m/m2	58,758	m2	108,7	m
Hoja de paso DM ciega			0,700	u/m2	58,758	m2	41,131	u
Tapajuntas DM 70x15			3,750	m/m2	58,758	m2	220,34	m
Juego de pomos o manivelas laton		0,350	u/m2	58,758	m2	20,565	u	
Pernios de laton 11 cm		1,700	u/m2	58,758	m2	99,889	u	
Picaporte de resbalon		0,350	u/m2	58,758	m2	20,565	u	



Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m2	58,758	m2	58,758	u	
Pequeño material		1,000	u/m2	58,758	m2	58,758	u	
Listón Pino Flandes 100x30 mm	Puerta paso para barnizar don hoja ciega corredera	2,850	m/m2	12,222	m2	34,833	m	
Cerco DM 100x35mm		1,850	m/m2	12,222	m2	22,611	m	
Hoja de paso DM ciega		0,560	u/m2	12,222	m2	6,8443	u	
Tapajuntas DM 70x15		0,001	m3/m2	12,222	m2	0,0122	m3	
Listón Pino Flandes 70x30 mm		3,750	m/m2	12,222	m2	45,833	m	
Listón Pino Flandes 185x30 mm		3,850	m/m2	12,222	m2	47,055	m	
Juego de pomos o manivelas latón		1,200	m/m2	12,222	m2	14,666	m	
Contramarco puerta corredera empotrable metálico		0,580	u/m2	12,222	m2	7,0888	u	
Picaporte puerta corredera		0,580	u/m2	12,222	m2	7,0888	u	
Material complementario o pzas especiales			1,000	u/m2	12,222	m2	12,222	u
Pequeño material			1,000	u/m2	12,222	m2	12,222	u
Cerco de perfil metálico de acero e:2.5mm 22,5x53x37mm		Puerta cortafuego abatible EI2-60C5 de 80x200 cm con mirilla Ø=30	1,000	ud/ud	4	ud	4	ud
Chapa de acero hoja con luz de paso 800x2000 x 24mm e:1mm			1,000	ud/ud	4	ud	4	ud
Relleno termoaislante 120kg/m2			1,000	ud/ud	4	ud	4	ud
Material complementario o pzas especiales	2,000		u/ud	4	ud	8	u	
Pequeño material	2,000		u/ud	4	ud	8	u	
Cerco de perfil metálico de acero e:2.5mm 22,5x53x37mm	Puerta cortafuego abatible EI2-60C5 de 160x200 cm	1,000	ud/ud	18	ud	18	ud	
Chapa de acero hoja con luz de paso 1600x2000 x 24mm e:1mm		1,000	ud/ud	18	ud	18	ud	
Relleno termoaislante 120kg/m2		1,000	ud/ud	18	ud	18	ud	
Material complementario o pzas especiales		2,000	u/ud	18	ud	36	u	
Pequeño material		2,000	u/ud	18	ud	36	u	
Cerco de perfil metálico de acero e:2.5mm 22,5x53x37mm	Puerta cortafuego abatible EI2-60C5 de 160x200 cm con mirilla Ø=30	1,000	ud/ud	4	ud	4	ud	
Chapa de acero hoja con luz de paso 1600x2000 x 24mm e:1mm		1,000	ud/ud	4	ud	4	ud	
Relleno termoaislante 120kg/m2		1,000	ud/ud	4	ud	4	ud	
Material complementario o pzas especiales		2,000	u/ud	4	ud	8	u	
Pequeño material		2,000	u/ud	4	ud	8	u	
Ventana pino flandes Tipo II (0,5x1,5m2)	Ventana de hojas guillotina con perfiles de madera	1,000	m2/m2	3,12	m2	3,12	m2	
Tapajuntas pino flandes 60x15mm		4,000	m/m2	3,12	m2	12,48	m	
Junta de sellado masilla elástica		4,000	m/m2	3,12	m2	12,48	m	
Pequeño material		1,000	u/m2	3,12	m2	3,12	u	
Listón DM 120x30	Remate superior de tabicón con listón de DM	1,000	m/m	43,17	m	43,17	m	
Pequeño material		1,000	u/m	43,17	m	43,17	u	
Listón DM 150x30	Recercado de huecos con madera DM hasta 15cm	1,000	m/m	193,4	m	193,4	m	
Pequeño material		0,500	u/m	193,4	m	96,7	u	
Liston pino flandes 60x20	Remate de zócalo con listón de	1,000	m/m	484,4	m	484,4	m	
Material complementario o pzas especiales		0,500	u/m	484,4	m	242,2	u	



Pequeño material	madera de pino flander	0,500	u/m	484,4	m	242,2	u
Acero inoxidable	Barandilla de acero inox/vidrio	1,000	m2/m2	31,35	m2	31,35	m2
Vidrio		1,000	m2/m2				
Material complementario o pzas especiales		2,000	u/m2	31,35	m2	62,7	u
Pequeño material		2,000	u/m2	31,35	m2	62,7	u
Acero inoxidable	Barandilla escalera de acero inox/vidrio	1,000	m2/m2	39,6	m2	39,6	m2
Vidrio		1,000	m2/m2	39,6	m2	39,6	m2
Material complementario o pzas especiales		2,000	u/m2	39,6	m2	79,2	u
Pequeño material		1,000	u/m2	39,6	m2	39,6	u
Acero inoxidable	Pasamanos exento escalera exterior	1,000	m2/m2	7,7	m2	7,7	m2
Material complementario o pzas especiales		2,000	u/m2	7,7	m2	15,4	u
Pequeño material		1,000	u/m2	7,7	m2	7,7	u
Acero galvanizado	Celosia fija de lamas fijas	1,000	m2/m2	30,634	m2	30,634	m2
Material complementario o pzas especiales		2,000	u/m2	30,634	m2	61,268	u
Pequeño material		2,000	u/m2	30,634	m2	61,268	u
Rejilla de ventilación de aluminio	Rejilla de ventilación de cámara de aire	1,000	u/u	12	u	12	u
Pequeño material		2,000	u/u	12	u	24	u
Pasamanos en acero laminado en frio	Pasamanos de acero laminado	1,000	m/m	26,4	m	26,4	m
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m	26,4	m	26,4	u
Pequeño material		1,000	u/m	26,4	m	26,4	u
Pasamanos acero inoxidable	Pasamanos de acero inoxidable	1,000	m/m	72	m	72	m
Material complementario o pzas especiales		1,000	u/m	72	m	72	u
VIDRIERÍA							
Vidrio laminar 2 lunas 4+4 mm unidas por polivinilo	Acristalamiento laminar de seguridad	1,000	m2/m2	9,988	m2	9,988	m2
Perfil en U de neopreno		4,000	m/m2	9,988	m2	39,952	m
Vidrio doble TS 4/6/3+3	Doble acristalamiento termoacústico y seguridad	1,000	m2/m2	43,827	m2	43,827	m2
Perfil en U de neopreno		3,000	m/m2	43,827	m2	131,48	m
Vidrio doble TS reflectante 4/10/4+4	Doble acristalamiento termoacústico y seguridad con luna reflect	1,000	m2/m2	46,373	m2	46,373	m2
Perfil en U de neopreno		3,000	m/m2	46,373	m2	139,12	m
Vidrio impreso incoloro 3-4mm	Acristalamiento con vidrio impreso	1,000	m2/m2	1,764	m2	1,764	m2
Perfil en U de neopreno		5,000	m/m2	1,764	m2	8,82	m
Vidrio laminar seguridad 2 lunas incoloras 10mm, lamina butiral de polivinilo incoloro	Barandilla de acristalamiento laminar de seguridad	1,000	m2/m2	22,2	m2	22,2	m2
Acero inoxidable en perfiles		30,200	kg/m2	22,2	m2	670,44	kg
Material complementario o pzas especiales		10,000	u/m2	22,2	m2	222	u
PINTURAS							
Pasta pétreo rugosa	Pintura pétreo a base de resinas	1,200	kg/m2	384,97	m2	461,96	kg
Barniz poliuretano		0,400	l/m2	6,24	m2	2,496	l



Barniz tapa poros	Barniz sobre carpintería de madera	0,200	kg/m ²	6,24	m ²	1,248	kg
Disolvente		0,100	l/m ²	6,24	m ²	0,624	l
Disolvente	Pintura al esmalte sintético sobre paramentos	0,115	l/m ²	278,14	m ²	31,986	l
Pequeño material		0,600	u/m ²	278,14	m ²	166,88	u
Esmalte sintético		0,300	kg/m ²	278,14	m ²	83,442	kg
Selladora (imprimación)		0,360	kg/m ²	278,14	m ²	100,13	kg
Laca nitrocelulosica color	Laca nitro celulósica sobre carpintería de madera	0,450	kg/m ²	556,032	m ²	250,21	kg
Disolvente		0,400	l/m ²	556,032	m ²	222,41	l
Selladora (imprimación)		0,400	kg/m ²	556,032	m ²	222,41	kg
Pequeño material		1,400	u/m ²	556,032	m ²	778,44	u
Laca nitrocelulosica color	Lacado sobre carpintería metálica	0,450	kg/m ²	64,838	m ²	29,177	kg
Wash primer		0,100	kg/m ²	64,838	m ²	6,4838	kg
Disolvente		0,059	l/m ²	64,838	m ²	3,8254	l
Pintura plástica		0,450	kg/m ²	5300,388	m ²	2385,2	kg
Selladora (imprimación)	Pintura plástica lisa sobre paramentos de ladrillo, yeso o cemento	0,100	kg/m ²	5300,388	m ²	530,04	kg
Pequeño material		0,200	u/m ²	5300,388	m ²	1060,1	u
Temple		0,800	kg/m ²	932,4	m ²	745,92	kg
Pequeño material	Pintura al temple liso	0,200	u/m ²	932,4	m ²	186,48	u

* El pequeño material y material complementario y piezas especiales son elementos complementarios para la colocación del mismo, como tornillos, tuercas, arandelas, etc. En el desarrollo del estudio ACV se valorará cada elemento y se determinará su material y origen.

Estos datos de inventario, son los datos generales. Los datos de fondo son datos para materiales generales, energía, transporte y sistemas para el manejo de desechos. En general, estos datos se encuentran en bases de datos y en la literatura del programa.

4.4.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL [32], [30].

La evaluación de impacto para el ciclo de vida es definida como la fase en LCA dirigida a entender y evaluar la magnitud y el significado de los impactos potenciales para el medio ambiente de un sistema producto. Esta fase tiene como finalidad la interpretación del inventario, analizando y evaluando los impactos producidos por las cargas ambientales identificadas en el mismo. Para ello, se relacionan los datos del inventario con una serie de categorías de impacto definidas previamente y se cuantifica la contribución de cada contaminante a la categoría de impacto correspondiente, pudiendo identificar las partes del sistema que más afectan y que deben ser valoradas de manera más detallada.

El estándar ISO 14040 define ACV como una compilación y evaluación de entradas y salidas y de los impactos potenciales para el medio ambiente de un sistema a lo largo de su ciclo de vida. En esta definición queda claro que la evaluación de impacto es una parte integral de ACV.

Los métodos de evaluación de impacto son descritos e ISO 14042. En este estándar, se distingue entre:



- Elementos obligatorios, tales como clasificación y caracterización
- Elementos opcionales, tales como normalización, jerarquización, agrupación y ponderación.

Eso significa que según ISO, cada ACV por lo menos debe comprender clasificación y caracterización. Si tales procedimientos no son aplicados, uno solo puede referirse al estudio como un inventario del ciclo de vida (LCI por sus siglas en inglés).

Se hace una distinción importante entre aplicaciones internas y externas. Si los resultados se usarán para comparar productos (competitivos) y se presentarán al público, no se puede usar la ponderación.

OBLIGATORIOS:

- **CLASIFICACIÓN:** El resultado del inventario LCA usualmente contiene cientos de emisiones y parámetros de extracción de recursos diferentes. Una vez que las categorías de impactos relevantes hayan sido determinadas, estos resultados LCI deben ser asignados a estas categorías de impacto. Ejemplo: CO₂ y CH₄ están asignados a la categoría de impacto "Calentamiento global", mientras que SO₂ y NH₃ están asignados a una categoría de impacto de acidificación. Es posible asignar emisiones a más de una categoría de impacto a la vez.
- **CARACTERIZACIÓN:** Una vez que las categorías de impacto hayan sido definidas y los resultados LCI hayan sido asignados a estas categorías de impacto, será necesario definir factores de caracterización. Estos factores deberían reflejar la contribución relativa de un resultado LCI al resultado del indicador de la categoría de impacto.

OPCIONALES:

- **NORMALIZACIÓN:** La normalización es un procedimiento que se requiere para demostrar hasta qué grado la categoría de impacto contribuye en forma significativa al problema ambiental global. Lo anterior se hace dividiendo los indicadores de la categoría de impacto por un valor "normal". Hay diferentes formas para determinar el valor "normal". El procedimiento más común es de determinar los indicadores de la categoría de impacto para una región durante un año y, si así se desea, de dividir este resultado por la cantidad de habitantes en esta área. La normalización tiene dos propósitos:
 1. Categorías de impacto que solo contribuyen un monto muy pequeño en comparación a otras categorías de impacto y que pueden ser excluidas de la consideración reduciendo así la cantidad de puntos que deben ser evaluados.
 2. Los resultados normalizados demuestran el orden de magnitud de los problemas ambientales generados por el ciclo de vida de productos comparado con el total de los impactos para el ambiente en Europa.



- **AGRUPAMIENTO Y CLASIFICACIÓN:** Para evitar la ponderación mientras que la interpretación de los resultados se hace más fácil, indicadores de categorías de impacto pueden ser agrupados y clasificados:
 - Indicadores de categoría de impacto que tienen algunas características comunes pueden ser presentados como un grupo. Ejemplo: Una caja para un grupo de indicadores de categorías de impacto con significado global, regional y local.
 - La clasificación se refiere a un procedimiento donde categorías de impacto son clasificadas por un foro en orden descendente de importancia.
 - Ambos procedimientos pueden ser usados para presentar los resultados.
- **EVALUACIÓN DE DAÑOS:** Los métodos son difíciles de interpretar puesto que existe una amplia gama de indicadores de categorías de impacto. Para simplificar la interpretación, se puede usar un procedimiento de agrupación en el Eco-indicador 99, y en la metodología EPS2000. En estos métodos, los indicadores de categoría son definidos cerca de uno de los tres puntos finales para lograr una relevancia ambiental óptima. Los indicadores de categoría de impacto que se refieren al mismo punto final son definidos de tal manera que la unidad del resultado del indicador es la misma. Eso permite la adición de los resultados del indicador por grupo. Los resultados del indicador pueden ser presentados como tres indicadores a nivel del punto final sin cualquier ponderación subjetiva. La interpretación de tres en vez de un juego múltiple de indicadores es mucho más fácil. El procedimiento sería el siguiente:

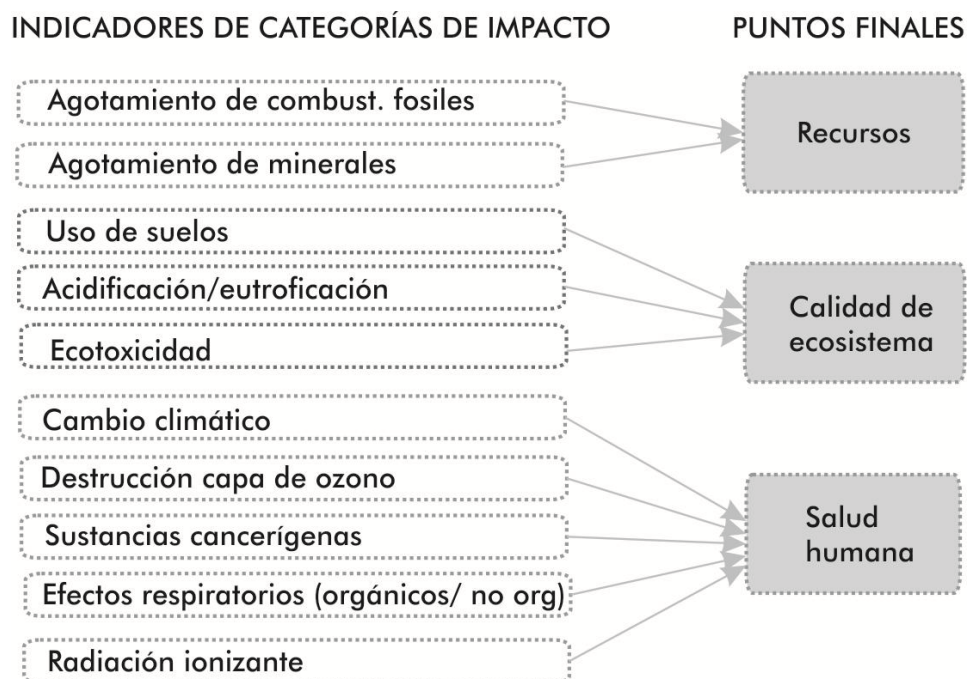


Figura 21: Método Eco-indicador9. Este procedimiento permite reducir la cantidad de categorías de impacto a solo 3 en vez de 11 sin ponderación subjetiva



- **PONDERACIÓN:** La ponderación es el paso más controvertido y difícil en la determinación del impacto en el ciclo de vida, especialmente para métodos de puntos intermedios. Varias soluciones han sido sugeridas para resolver o simplificar el problema de la ponderación:
 - **Usar un foro que evalúe la categoría de impacto** y que sugiera ponderaciones estándar. Tiene dificultades.
 - **Distancia al objetivo.** Es posible establecer un objetivo para cada categoría de impacto y este objetivo podrá ser utilizado para derivar un factor de ponderación. El método Ecopoint utiliza objetivos establecidos por el gobierno de Suiza; el método Eco-indicator 95 usa objetivos que reflejan la reducción necesaria para disminuir el daño hasta cierto nivel el cual es igual para todas las categorías de impacto.
 - **Monetarización:** En EPS2000, todos los daños son expresados en la misma unidad monetaria: Unidades de impacto para el medio ambiente comparables a Euros. En la metodología se supone que estos tipos diferentes de costos (costo actual y disposición a pagar y costos futuros de extracción) pueden ser agregados. Eso puede ser interpretado como un paso de ponderación en el cual los factores de ponderación para estos diferentes tipos de costos equivale uno.

4.4.4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Esta fase, describe varios chequeos que deben ser efectuados para ver si las conclusiones que se quieren sacar del estudio son adecuadamente apoyadas por los datos y los procedimientos utilizados. Este capítulo explica los procedimientos más importantes y demuestra como son apoyados en SimaPro.

4.4.4.1 INCERTIDUMBRE

Todos los datos en los modelos de ciclos de vida tienen alguna incertidumbre. Se pueden distinguir tres tipos principales:

1. Incertidumbres en los datos.
2. Incertidumbres con respecto a la exactitud (representativamente) del modelo.
3. Incertidumbres por ser incompleto el modelo.

4.4.4.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Es recomendable hacer el análisis de sensibilidad, para ver la influencia de las suposiciones más importantes, sobre todo durante y al final del ACV sin falta. El principio es más sencillo, cambiar la suposición y recalcular ACV.

Con este tipo de análisis, se entenderá mejor la magnitud del efecto de las suposiciones.

Una vez realizado, podemos encontrar que el resultado de ACV puede depender bastante de algunas de las suposiciones. Eso no necesariamente debe ser un problema siempre y cuando las conclusiones del estudio sean estables.



Sin embargo, podemos encontrar que bajo una suposición el producto A está más perjudicado que B y bajo otra suposición el producto B está más perjudicado, debemos explicar cuidadosamente bajo cuales suposiciones sus conclusiones tienen validez. También podemos concluir que no existe una sola respuesta puesto que todo depende de suposiciones.

4.4.4.3. ANÁLISIS DE CONTRIBUCIÓN

Esta es una herramienta importante para entender la incertidumbre del resultado. Con dicho análisis, se podrá determinar cuáles procesos juegan un papel significativo en los resultados. Se conoce que un ACV incluyen cientos de procesos diferentes, el 95% hasta el 99 % de los resultados es determinado por solo diez procesos. Con la información, la atención puede concentrarse en estos procesos si son suficientemente representativos, completos y si hay suposiciones importantes incluidas en ellos.

4.4.4.4. ANÁLISIS DE GRAVEDAD

El apartado anterior, el análisis de contribución demuestra cuales procesos causan un gran impacto al medio ambiente. Sin embargo, lo anterior no revela la causa del impacto. Ejemplo: Si el proceso A usa una gran cantidad de electricidad generada con carbón, el análisis de contribución demostrará que la electricidad generada con carbón es importante pero que de hecho es el proceso A que causa el uso del carbón. En el análisis de gravedad se pueden observar las interrelaciones entre los procesos y se puede demostrar cuales procesos de hecho son responsables por el perjuicio mientras que los procesos en si puedan causar emisiones bajas.

4.4.4.5. RESULTADOS DEL INVENTARIO

El resultado de la fase de inventario es denominado AICV o resultados de inventario. Es una lista de emisiones y materias primas con una cantidad. En muchos casos, la lista cubre cientos de sustancias lo que lo hace muy difícil interpretar el resultado. Sin embargo, la ventaja es que el resultado es muy detallado y no está afectado por las incertidumbres introducidas en la determinación del impacto.

Pensamos, e ISO lo subraya, que siempre es útil aplicar procedimientos de determinación para entender mejor el significado de cada resultado AICV.

Estrategias de mejora del impacto ambiental de los edificios a lo largo de todo su ciclo de vida (herramienta para la elección de materiales y procesos):

- Estudio de alternativas de materiales y sistemas constructivos desde el punto de vista del ACV.
- Estudio de alternativas de instalaciones, diseño, uso y mantenimiento de un edificio desde el punto de vista del ACV.
- Estudio de alternativas de fin de vida desde el punto de vista del ACV.



4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En relación a la Limitación de la Demanda Energética, era de esperar que el edificio cumpliera con lo establecido en el CTE- HE1, ya que se trata de un edificio relativamente reciente. Presenta un resultado favorable, quedando en una pequeña proporción por debajo del edificio de referencia (90.9% de Calefacción y 86% de refrigeración de la demanda de referencia). El resultado es final es que el edificio, por su envolvente, situación y características, va a demandar un 80.6% Calefacción y 19.4% de Refrigeración. Los resultados obtenidos son favorables, aunque posiblemente con algunos cambios se pueda mejorar.

En cuanto a la simulación con el Programa Calener GT para la obtención de la calificación energética del edificio, el resultado obtenido es la C. Realmente esta nota de calificación es muy positiva, porque está en 3º posición en la escala. El resultado es una media entre los indicadores energéticos frente a un edificio de referencia. Se ha obtenido en la Demanda de Calefacción E; Demanda de Refrigeración C; Energía Primaria C, Emisiones Climatización D, Emisiones ACS D, Emisiones de Iluminación B; Emisiones totales C. Por tanto, la etiqueta de valor se encuentra entre 0.65 – 1.00 → C. El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio entre otros.

Respecto al Análisis de Ciclo de Vida del edificio, queda por tanto la introducción de datos en el programa elegido.

El análisis de ciclo de vida de un edificio entero es esencial para identificar y evaluar la clave de los parámetros de diseño y lo que influyen en el cambio medioambiental. En la etapa de interpretación del ACV es donde determinamos cuales son las fases del ciclo de vida del edificio que generan importantes cargas ambientales, y por tanto serán los puntos que deben mejorarse. Y una vez modificado, ver cual presenta mejor comportamiento ambiental

[20] Se ha demostrado que el uso de ACV para evaluar los materiales de construcción y el proceso de construcción, no es nueva, ni el uso de los costos y el análisis de sensibilidad. Sin embargo la mayoría de estudios de ACV se centran en la evaluación y el uso de indicadores de sostenibilidad. Para el desarrollo constructivo, el ACV representa una metodología innovadora que mejora la sostenibilidad en todas las etapas del ciclo de vida. Además se observó que el 90-95% de los casos de estudio de ACV se centraron en la evaluación de los impactos ambientales en la toma de decisiones. En estos estudios, las categorías de impacto se realizaron entre las cargas comúnmente analizadas. Las cargas ambientales identificadas eran con gran potencial de calentamiento atmosférico PCA, acidificación y consumo de energía. Además otros problemas ambientales se evaluaron, como el uso ineficiente de la tierra, la escasez de agua, la contaminación atmosférica, la congestión del tráfico, el deterioro de sistemas ecológicos, el alto consumo de energía y los residuos gestión. Sin embargo, el Green Building Challenge Estocolmo declaró que los aspectos como el potencial de calentamiento global (GWP) , el



uso del suelo, la acidificación, eutrofización, el agotamiento del ozono estratosférico, los recursos y la toxicidad humana son más impactos identificados dentro del sector de la construcción. La principal influencia del cambio climático eran las emisiones de gases de efecto invernadero, con respecto a la selección de las categorías de impacto, clasifica las emisiones de efecto invernadero más importantes como es el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), perfluorocarbonos (PFCs). Además se ha visto que el calentamiento global ha aumentado debido al cambio medioambiental por parte de la construcción, debido al periodo en el que se ha establecido la calefacción, ventilación y aire acondicionado en los edificios.

Existe antecedente sobre la energía del ciclo de vida y el cambio ambiental de un nuevo edificio universitario, incluyendo modificaciones de modelado e implicaciones de diseño [33]. Se trata de un edificio de la Universidad de Michigan, de 7300 m² (casi el triple de que el edificio objeto), con características distintas, pero las conclusiones nos sirven como referencia para la futura investigación. Tras el ACV de dicho edificio, se cuenta que la Energía Primaria Total (EPT) generada en el edificio se aproxima a 2.3×10^6 GJ, o 316 GJ/m², de los cuales:

- Producción de materiales, transporte y construcción: 2.2% consumo EPT
- Calefacción, Ventilación, Refrigeración y electricidad: 94.4% consumo EPT
- Consumos de agua: 3.3% EPT
- Demolición de edificio y transporte de desechos: 0.2% EPT

El edificio objeto de esta investigación está diseñado bajo otros criterios arquitectónicos, y por tanto esto no sirve de precedente sobre futuros resultados, pero sí comparativa y conocer que la etapa de uso del edificio, que es cuando se necesitan los sistemas de climatización, es la etapa de mayor impacto ambiental. Sin embargo, considero que la etapa de producción de materiales y transporte, podría reducirse dependiendo de algunos parámetros (materiales locales, naturales, reciclables...); la etapa de uso, si se prevé un diseño bioclimático que genere muy poca demanda de calefacción y refrigeración, el porcentaje tan alto para la climatización del edificio disminuirá significativamente, y por tanto, no habrá tanta diferencia entre etapas. El consumo de agua también puede disminuirse con el reciclaje de aguas; e incluso la etapa de demolición y desechos, al utilizar materiales reciclables deja menos huella en el planeta.



5

PROPUESTAS DE MEJORA Y ANÁLISIS DE LAS MISMAS

5.1. LINEAS GENERALES

Se proponen modelos destinados a reducir el impacto, como modelos destinados a reducir el consumo de energía, utilizando, en gran parte de las medidas, el uso de la madera como material positivo ambientalmente, en forma de ecodiseños.

En la etapa de interpretación del ACV es donde determinamos cuales son las fases del ciclo de vida del edificio que generan importantes cargas ambientales, y por tanto se conocerán los puntos clave que deben mejorarse. Sin embargo, como aún no se ha realizado el estudio de ACV, se proponen unas propuestas en base a lecturas y artículos como hipótesis que posteriormente se podrán verificar. Una vez evaluado el edificio con sus mejoras, compararemos sistemas y comportamientos ambientales.

En líneas generales, los factores que afectan a los consumos energéticos de un edificio durante su uso son:

- El factor de la forma y la orientación del edificio sobre las cargas de calefacción y de refrigeración.
- El papel de la envolvente del edificio y la luz solar, la ganancia de energía del sol y la ventilación natural.
- La eficiencia energética de los equipos de climatización, iluminación y la producción de agua caliente sanitaria.
- El papel de los ocupantes en la estrategia de operación para el control climático del edificio.

5.2. PROPUESTAS DE MEJORA Y ECODISEÑOS

1. ORIENTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS SOLARES

El edificio se encuentra en un espacio amplio, con posibilidad de aprovechar el recurso solar y ventilación. Las fachadas no deben ser igualen en todas las orientaciones, sino adecuarse a cada orientación para optimizar la captación solar y permitir corrientes y ventilaciones. Además, incluir parasoles que frenen la radiación solar en verano y la permitan en invierno, calculándolo con la trayectoria solar.



2. ENVOLVENTE TÉRMICA

- Sistema estructural: Tanto la cimentación como la estructura de este edificio está realizado por hormigón armado, y al ser un edificio terciario de gran envergadura el sistema adoptado está correcto, con pocas posibilidades de mejora, salvo el uso en materiales locales.

- Sistema envolvente: Tecnologías de madera de origen forestal mediante técnicas de construcción "en seco" o "mixtas" frente a la construcción tradicional mediante técnicas convencionales de mampuestos [34] sostiene que representa una alternativa constructiva más eficiente, económica y benigna desde el punto de vista energético y ambiental con respecto a la construcción mediante la técnica tradicional.

- **Planta Baja**: Está diseñada con fachada tradicional, doble hoja con cámara de aire intermedia. Aislantes artificiales. La propuesta va dirigida a la sustitución de aislante por aislantes naturales, y revestimiento interior de panelería de madera que proporciona calidez al interior.
- **Plantas superiores**: Están diseñadas como fachada ventilada. De por sí es un sistema que ahorra energía, por su disposición de capas. La última capa es una placa de porcelanato rectificado, con interiores de aislantes artificiales. Se propone que la última capa exterior sea reciclable, aislante interior natural, y revestimiento interior con panelado de madera.

Al remplazar los muros de mampostería tradicional por panelería de madera, el índice anual de consumo energético para mantener el confort por unidad de superficie se redujo casi un 21% con respecto a la situación original. Si este índice anual de ahorro se multiplica por el periodo de vida útil para el que las viviendas son proyectadas, que se fijó en cuarenta años, se tiene un ahorro de energía eléctrica para mantener el confort de ese 21% [34]. También se puede minimizar el impacto ambiental en la ejecución de fachadas mediante el empleo de materiales reciclados [35].

3. HUECOS

La sustitución de ventanas de aluminio por ventanas de madera, es una apuesta positiva que viene refundada por varios artículos que han realizado dicha comparativa según el estudio de ACV, y proporciona numerosos beneficios. Existen dos maneras de reducir el CO₂ de la atmósfera: reducir las "fuentes de carbono" y aumentando "los sumideros de carbono" y la madera tiene la capacidad única de hacer ambas cosas. [28]. Por tanto, la propuesta va enfocada al cambio de las carpinterías actuales de aluminio, por carpinterías de madera. Ya que se sabe que la madera actúa como almacén de CO₂ por lo que siempre emitirá menos cantidad de CO₂ para la fabricación de cualquier producto. Se sabe que los mayores impactos de una ventana de madera se producen en la fase de vertedero si se considera que se recicla un 40% de la cantidad total de la madera, pero si se recicla el 100%, los residuos disminuirían en un 365% y como consecuencia esa proporción disminuiría el impacto del proceso de vertedero para los factores ambientales.



4. CUBIERTA ALJIBE Y CUBIERTA VEGETAL COMO MEDIDA TÉRMICA Y APROVECHAMIENTO DE AGUA

La cubierta aljibe, es una medida que mejora las condiciones climáticas interiores, por la inercia térmica del agua, y además sirve como medida de aprovechamiento del agua pluvial para abastecer, tras una depuración, para inodoros y jardines. Además, según un artículo [36], el ecodiseño del diseño Intemper para cubierta vegetal, es una de las estrategias empleadas para aumentar la eficiencia energética, ya que favorece las condiciones energéticas del edificio, y reduce eficazmente las cargas ambientales, aunque hay que tener en cuenta la importancia del soporte estructural y la elevada contribución de impermeabilizante.

Un factor clave que se debe adoptar es el uso de recursos locales, a que reduce el consumo energético de las construcciones. [12]. Así como adoptar sistemas pasivos de ventilación, sistemas y recursos energéticos ecológicos como energía solar y eólica, que son requerimientos derivados de la necesidad de reducción de la energía incorporada y de los costos de construcción y mantenimiento, así como las exigencias de las personas en cuanto habitabilidad y confort. Además de los cerramientos exteriores, cubiertas y ventaneas, compatibles con las condiciones geo-ambientales locales, a fin de reducir el consumo de energía y garantizar el confort a los usuarios, ya que uno de los fallos generalizados en el diseño de las construcciones, es la adopción de soluciones comerciales internacionales, menospreciando consideraciones fundamentales acerca del comportamiento ambiental de la envolvente térmica a las condiciones climáticas locales, algo como el uso de aleros y de protección solar. Tocar la ecoeficiencia en el diseño mediante elementos pasivos.

Un factor que ayuda a la reducción energética es el diseño bajo el concepto de alta densidad con baja altura, utilizando edificaciones sin ascensores (cuando sea posible). Selección de sistemas constructivos o estructurales bajo el concepto de sincretismo tecnológico para garantizar una apropiada combinación de materiales y componentes de bajo consumo energético de producción local y de componentes industrializados imprescindibles de mayor energía incorporada.

Además considero importante el concepto de diseñar bajo la premisa: cero desperdicios. Lo cual implica: prevención, valorización, recuperación de los residuos como elementos reutilizados y eliminación ambientalmente compatible (vertido e incineración).

Se presentaron 6 estrategias específicas para la sostenibilidad de la construcción y edificaciones [12]. Tomando en cuenta que cualquier sistema innovador debe evaluar el posible impacto ambiental de su aplicación, en cuanto a la extracción de recursos y energía, así como la contaminación y generación de residuos. Las siguientes estrategias, las cuales considero imprescindibles son:

1. Reducción del consumo de recursos
2. Eficiencia y racionalidad energética
3. Reducción de la contaminación y toxicidad



4. Construir bien desde el inicio
5. Cero desperdicio
6. Producción local y flexible

Cada una de estas estrategias van enfocadas a la reducción del impacto ambiental, y disminución del consumo, aprovechar la reutilización de desechos y por tanto reducir el consumo de materiales así como el deterioro del planeta.

En un artículo [37], publicado recientemente sobre el estudio de ACV de tres viviendas unifamiliares en 2010, con distintas características:

1. Vivienda en un edificio de viviendas multifamiliar. Estructura convencional de hormigón y calidades estándar_ 90.88 m². (EPT: 10.987 kW/h)
2. Vivienda de madera-chalet en el campo_158.16 m² (EPT: 35.979 kW/h)
3. Vivienda unifamiliar de mampostería tradicional en la ciudad_158.16m² (EPT 140.864 kW/h)

Tras el análisis de ACV se concluyó que la vivienda que menor impacto generaba era la 1, ya que al estar en un bloque de viviendas, genera un ahorro, pero también es porque es la de menor superficie. La 3, es la que tiene mayor impacto ambiental y genera más contaminación en su construcción y uso. Sin embargo, desde el punto de vista de la optimización de recursos, la 2 es la peor por el gran uso de madera utilizada, pero es la que genera mejores resultados en cuanto a categorías de impacto medioambiental por superficie, y reduce considerablemente el impacto ambiental. Por tanto, y una vez más, el uso de la madera en la construcción de edificios genera beneficios energéticos.

Los factores más importantes en el uso de la energía es el transporte, materiales de construcción, electricidad, HVAC, mantenimiento, agua, demolición, y reciclaje.

Si se tiene en cuenta la energía requerida para fabricar los materiales y componentes con los que se construyen los edificios, considerando toda la cantidad de materiales involucrados, resulta que para disminuir la energía requerida por los edificios puede ser tan eficaz diseñar para reducir los consumos energéticos durante el uso, como para disminuir la energía incorporada en sus materiales. La relación entre energía consumida y energía incorporada en el edificio es variable según el clima, uso, y es usual que las estrategias que van dirigidas disminuir la primera se logre a expensas de una mayor inversión energética en materiales y componentes, lo que obliga a realizar una evaluación compresiva de todas las etapas del ciclo de vida del edificio a fin de determinar la bondad de las estrategias adoptadas.



6

CONCLUSIONES E INVESTIGACIÓN FUTURA

Se demuestra la importancia que tiene la **etapa de diseño** del proyecto para el análisis y determinación de los niveles de sostenibilidad del edificio, basándonos en la metodología del ACV, que es una metodología con mayor alcance respecto a otras metodologías de impacto ambiental.

Clara la importancia fundamental que tiene el diseño bioclimático en el edificio para el ahorro energético, y de ahí la importancia de cualquier técnica constructiva que facilite ese diseño. El uso de la madera como material sostenible ofrece una mejora en la eficiencia energética sin aumento del coste de fabricación, no como el uso de "materiales verdes" que requieren altas energías de fabricación y lo que más ofrecen es aumentos en la eficiencia, pero considero que eso no es el camino hacia la disminución de impacto en el medio ambiente. Además, la mejora en la eficiencia de los sistemas energéticos, obtenida sin el menor esfuerzo en el diseño geométrico no ayuda a que estandarice el diseño bioclimático.

Futuro: ¿Un edificio cero emisiones? Un nuevo edificio NUNCA ahorra energía, sino que genera nuevas necesidades energéticas, sin contar la urbanización del suelo, que sería una actividad antiecológica. No podemos lanzar los materiales a la velocidad suficiente como para convertirlos en energía que se aproveche en nuestros edificios y conseguir así que sean cero emisiones.

Si las materias primas se procesan cerca del lugar de extracción, su transporte representaría un coste insignificante, incluso si las leyes de los yacimientos son bajas. Incluso en los casos más extremos, la energía del transporte no parece que pueda superar nunca a la energía de transformación in situ. Cualquier escenario futuro para una construcción sostenible deberá contemplar el uso de materiales locales.

Realmente es ahora cuando se empieza a tener un conocimiento más profundo de todo esto y de lo que significa algunos conceptos como la sostenibilidad, la eficiencia energética... y más cuando nos empeñamos en aplicarlo, en practicar con ello, en calcularlo, en ponerle unidades... hasta el punto en que, llevado al extremo, dudamos de la cantidad de energía que conlleva cualquier hecho o fabricar cualquier cosa.

La sostenibilidad... ¿nace o se hace?

¿Existe un material sostenible o existe un uso sostenible del material?



¿Un mismo objeto puede ser sostenible según un uso y no sostenible si se emplea de otra forma? O mejor dicho... ¿podemos convertir cualquier objeto en sostenible usándolo de forma adecuada?

¿Se puede llamar un producto ecológico o sostenible cuando se gasta más energía en fabricarlo que lo que nos va a reportar?

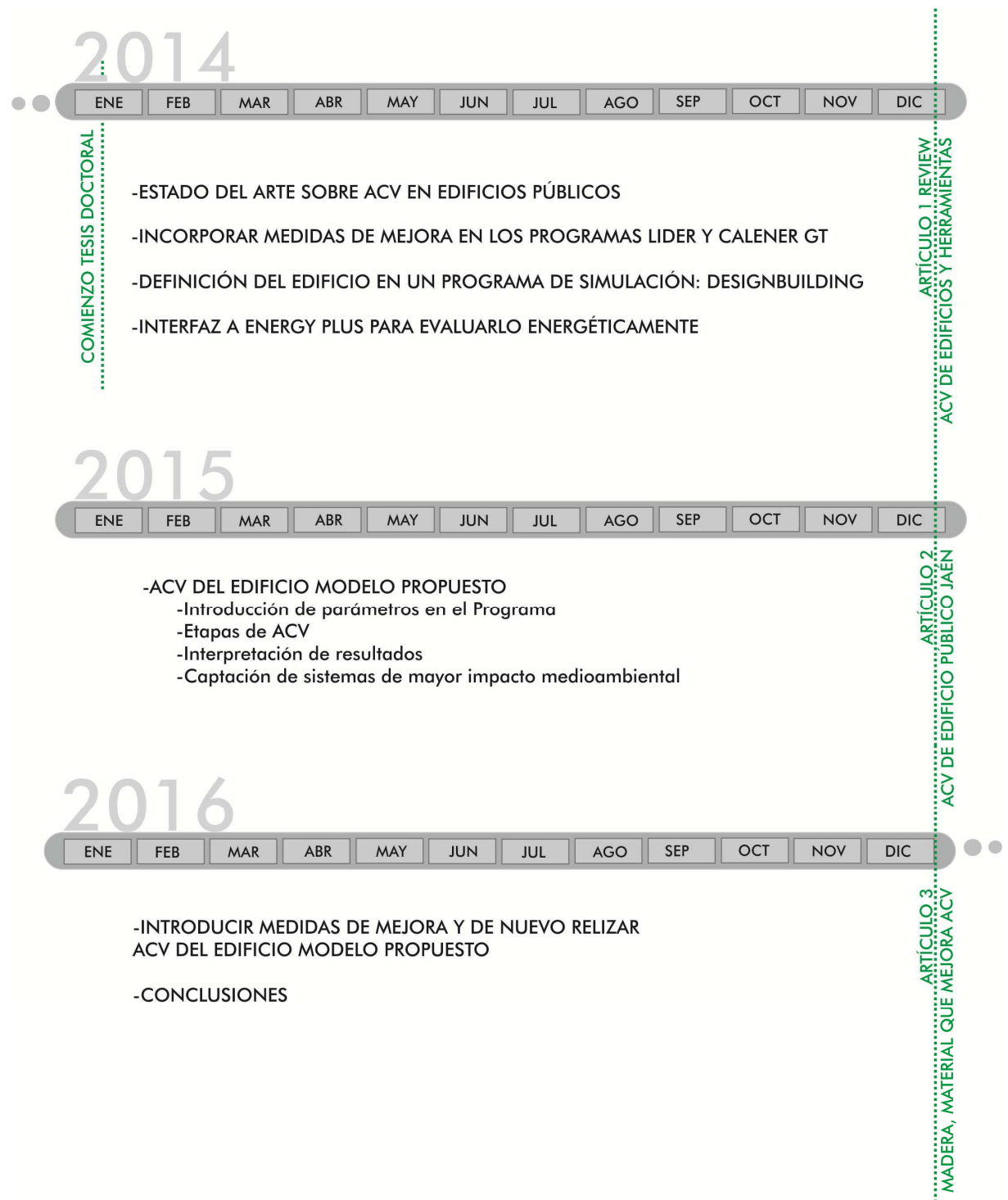
Aunque el mayor peso de la preocupación ambiental recae sobre la energía, no debe olvidarse que los límites del planeta en cuestión de materiales son mucho más estrictos que los energéticos. En el futuro, la escasez de recursos para todos los procesos liderados por la termodinámica pueden aflorar con más fuerza que la que han manifestado hasta ahora los límites energéticos. Realmente, estamos en "stock" limitados, hablando de recursos materiales en la tierra frente al flujo continuo cargado de energía que proviene diariamente del sol.

¿La sostenibilidad, una moda o una necesidad?



TRABAJO FUTURO

El presente trabajo es una introducción a la futura tesis doctoral sobre el ACV de un edificio universitario y su evaluación con ecodiseños incorporados. Este trabajo contará con todas las etapas aquí descritas desarrolladas con más profundidad, además del Coste de ciclo de vida (LCC) y gestión de ciclo de vida (LCM). La cronología establecida es la siguiente:





7

BIBLIOGRAFIA

- [1] Martí, I., Rague, X. (2010) Edificación Sostenible, *X Congreso nacional de medioambiente CONAMA*. Madrid.
- [2] UNE 150301 (2003). Gestión ambiental del proceso de diseño y desarrollo, Ecodiseño. *AENOR*, Madrid.
- [3] Parellada, Á. M. (2008) Eficiencia energética. Lámina 1. *Relación entre Directivas Europeas e iniciativas de la Administración Española*.
- [4] World Business Council for Sustainable Development (1992). *Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment*". Congreso internacional de Río de Janeiro.
- [5] Riezmiak, N., Hernandez, A. (2005) Análisis de Ciclo de Vida. *Biblioteca Ciudades para un Futuro más sostenible*.
- [6] Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E., & Serra, J. (1997). La construcción sostenible: el estado de la cuestión. *Informes de la Construcción*, 49(451), 41- 47
- [7] Huedo, P., & López-Mesa, B. (2013). Revisión de herramientas de asistencia en la selección de soluciones constructivas sostenibles de edificación. *Informes de la Construcción*, 65(529), 77-88.
- [8] Sharma, A., Saxena, A., Sethi, M., & Shree, V. (2011). Life cycle assessment of buildings: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 871-875.
- [9] WWF (2013) Informe de emisiones de Gases de Efecto invernadero en España 1990-2012. Recuperado de: http://awsassets.wwf.es/downloads/informe_de_emisiones_de_gei_en_españa_1990_2012.pdf
- [10] Vázquez, M (2001). Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. *Tecnología y Construcción*, 21(3).
- [11] ISO/DIS 15392 (2008) Sostenibilidad en la construcción de edificios – Principios generales. Organización Internacional.
- [12] Acosta, D., & Cilento, A. (2012). Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. *Tecnología y Construcción*, 21(1).
- [13] Neila, F. J. (2004). Arquitectura bioclimática: en un entorno sostenible. Madrid: Munillalería.



- [14] Chiminelli, A. (2009) Ecodiseño en el contexto del desarrollo de productos. Centro de simulación computacional. Instituto tecnológico de Aragón.
- [15] Arana-Landín, G., Cilleruelo-Carrasco, E., & Aldasoro-Alustiza, J. C. (2012). ISO 14006. Experiencias previas de estudios de arquitectura que han adoptado el estándar de ecodiseño UNE 150301: 2003. *Informes de la Construcción*, 64(527), 319-330
- [16] Marín, T. (2013) Etiquetas ecológicas. *Ecohabitar: Bioconstrucción, permacultura y transición*. Recuperado de: <http://www.ecohabitar.org/etiquetas-ecologicas/>
- [17] Lucas, I. B. (2008). Aportes de la Arquitectura Sustentable en el sector residencial sobre el balance energético-ambiental argentino. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12, 07-17.
- [18] ISO 50001 (2011). Sistema de Gestión energética. Organización internacional.
- [19] IDAE (2011) 2º Plan nacional de ahorro y eficiencia energética 2011-2020.
- [20] Ortiz, O., Castells, F., & Sonnemann, G. (2009). Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. *Construction and Building Materials*, 23(1), 28-39.
- [21] Udela, R. (2009). Análisis del ciclo de vida de los edificios. *Taller de Construcción III*. Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos88/analisis-del-ciclo-vida-edificios/analisis-del-ciclo-vida-edificios.shtml#ixzz2iAFC5g2A>
- [22] Zabalza Bribián, I., Aranda Usón, A., & Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Building and Environment*, 44(12), 2510-2520.
- [23] Hu, S. C., Shive, A., Chuang, H. C., & Xu, T. (2012). Life cycle assessment of high-technology buildings: Energy consumption and associated environmental impacts of wafer fabrication plants. *Energy and Buildings*.
- [24] Basterra, L. A. (2009). Construcción de estructuras de madera. *Universidad de Valladolid*. Valladolid.
- [25] CTE DB SE-M (2011). España.
- [26] Villasuso, B. M. (1997). *La Madera en la Arquitectura*. Argentina: El Ateneo.
- [27] Confederación Española de Empresarios de la Madera; Centro tecnológico de la Madera; Ministerio de Fomento (2011). *La madera en construcción y Análisis de ciclo de vida*.
- [28] Llorente, I., Vignote, S. & Martínez Rojas, I. (2009). *Análisis del ciclo de vida de la madera como material alternativo*. Madera y cambio climático. Gobierno Vasco. San Sebastian 128p. ISBN: 978-84-457-2879-5.
- [29] Contreras, W., Cloquell, V. & Owen, ME. (2007). Alcances y limitaciones del uso del método de Análisis de ciclo de vida para la evaluación de impactos medioambientales en la industria forestal. *Boletín de información técnica n° 249*, 74-48.



[30] Normativa ACV:

- ISO 14040:1997 - *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principio y Marco de Referencia*
- ISO 14041:1998 *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Objetivo y alcance del estudio. Análisis del Inventario de Ciclo de Vida*
- ISO 14042:2000 *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Evaluación del impacto del ciclo de vida.*
- ISO 14043:2000 *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Interpretación de ciclo de vida.*
- ISO 14044:2006 *Gestión ambiental- Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.*
- ISO/TR 14047: *Gestión ambiental - Evaluación del impacto del ciclo de vida. Ejemplos de aplicación de ISO 14042.*
- ISO/TS 14048 *Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida. Formato de documentación de datos.*
- ISO/TR 14049 *Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida. Ejemplos de la aplicación de ISO 14041 a la definición de objetivo y alcance y análisis de inventario.*

[31] Ecotech Sudoe. Rescatado de: <http://www.ecotechsudoe.eu/es>

[32] PRÉ CONSULTANTS (2007): *Introduction to LCA with SimaPro*. Amersfoort, 2007.

[33] Scheuer, C., Keoleian, G. A., & Reppe, P. (2003). Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications. *Energy and buildings*, 35(10), 1049-1064.

[34] Alías, H. M. (2003). *Estudio de la eficiencia ambiental del uso de madera en la construcción de viviendas en el NEA en base al análisis energético y de Ciclo de Vida* (Doctoral dissertation, Tesis Maestría en Gestión Ambiental. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia, Chaco, Argentina).

[35] Marrero, M., Martínez-Escobar, L., Mercader, M. P., & Leiva, C. (2013). Minimización del impacto ambiental en la ejecución de fachadas mediante el empleo de materiales reciclados. *Informes de la Construcción*, 65(529), 89-97.

[36] Rivela, B., Cuerda, I., Olivieri, F., Bedoya, C., & Neila, J. (2012). Análisis de Ciclo de Vida para el ecodiseño del sistema Intemper TF de cubierta ecológica aljibe. *Materiales de Construcción*, 60.

[37] Martínez, A. G., & Casas, J. N. (2012). life cycle assesments of three dwellings in andalusia (sPain): the significance of the regional conteXt. *Science–Future of Lithuania/Mokslas–Lietuvos Ateitis*, 4(2), 106-112.



Apéndices

Anexos de cálculos, planos, esquemas, imágenes, se encuentran en el CD.

El medio ambiente es cosa de todos.