

Capítol 7. MATERIALS I MÈTODES

7.1 PROCEDIMENT DE TREBALL

Per tal d'estudiar la viabilitat tècnica de la utilització com a CDR de dos tipus de fraccions d'origen municipal, com són el Rebuig de la Resta i els Residus Voluminosos, es procedeix de la següent manera:

- En primer lloc, es caracteritzen els dos residus a utilitzar per tal d'obtenir informació encertada sobre la seva composició. S'encomana a laboratori extern la mesura del poder calorífic i altres analítiques com per exemple, el contingut en metalls.

Els mètodes de caracterització van en funció del tipus de residu i inclouen els tractaments de separació i triatge necessaris per tal d'obtenir la fracció a valoritzar energèticament.

- En segon lloc, es comparen els paràmetres analitzats amb els requeriments d'acceptació de residus com combustible establerts pel sector del ciment, atès que és el principal consumidor de CDR a Espanya i la estandardització d'aquests continua en procés.
- A continuació, es realitza l'Anàlisi del Cicle de Vida dels residus estudiats per tal d'identificar els possibles impactes derivats de la utilització d'aquests com combustible de substitució.
- Per finalitzar, es comparen els resultats obtinguts a l'apartat anterior amb els impactes ambientals derivats de la combustió de carbó.

7.2 CARACTERITZACIÓ DELS RESIDUS A UTILITZAR

7.2.1 Rebuig Resta

El primer tipus de residu a utilitzar es correspon amb Bales de Rebuig de Resta de l'Ecoparc 1 (Barcelona) que han estat apilades en tres nivells en una zona pilot del dipòsit controlat de la Vall d'en Joan (Garraf).

Després d'un període temps de permanència en el vas pilot de dos anys s'ha extret una bala per tal de realitzar una caracterització dels residus en quant a la valorització energètica.



Figura 7.1- Bala de Rebuig Resta desfeta i escampada.

Amb l'objectiu de comprovar el grau de separació entre les diferents fraccions després d'un període de maduració a l'interior de la bala plastificada es fa passar el residu per un trommel de 60x60 mm.

A la figura següent es pot observar l'interior d'un trommel en funcionament:



Figura 7.2- Interior d'un trommel en funcionament.

Després del pas del residu pel dispositiu esmentat, s'obtenen dues fraccions diferenciades, una composta pels materials fins que s'han enfonsat pels forats i una altra formada pels materials més gruixuts.

A la figura següent es mostren les dues fraccions obtingudes:

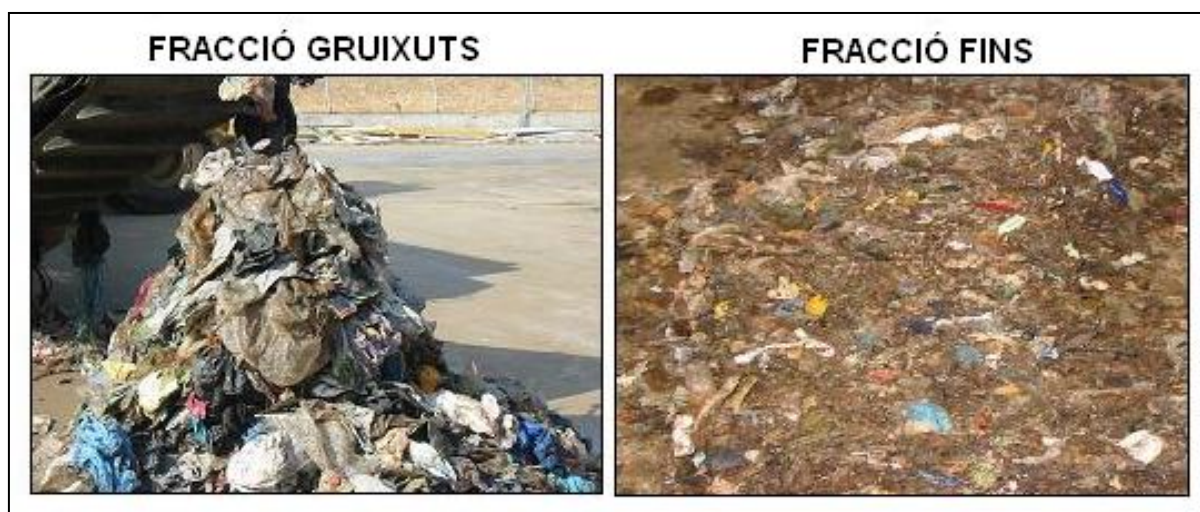


Figura 7.3- Fraccions resultants de la separació amb trommel.

A continuació es descriu breument tot el procés de caracterització:

- Es realitza el quarteig de la bala desfeta i escampada, pesada prèviament, i es separa una part per passar-la pel trommel. El pes convenient serien uns 500 kg de material.
- S'obtenen dos fraccions (fins i gruixuts) que s'han caracteritzar per separat.
- Es pesa la fracció a caracteritzar i a continuació es separen els diferents components o fraccions:
 - Es comença separant el material més voluminós: plàstic per un costat; paper, brics, tèxtil i fusta per un altre.
 - Després es separen els inerts: pedra, vidre, ceràmica i metalls.
- Primer es van agafant els materials escampats pel terra i es van posant en diferents contenidors depenent del tipus. Un cop plens els contenidors es pesen. Quan s'han separat els materials més grans, el que queda s'agafa a palades i es posa sobre una taula on s'acaben de caracteritzar els materials més petits. Al final queden els fins de difícil caracterització.
- Quan tenim el pes net de les diferents fraccions es realitzen els càlculs del % de cada fracció per tal d'agafar una mostra representativa per al posterior anàlisi al laboratori.
- S'agafa la mostra, s'etiqueta i s'envia al laboratori per tal de mesurar el PCI i realitzar les analítiques adients.

Algunes de les fraccions separades en la caracterització dels gruixuts es poden visualitzar a la figura següent:



Figura 7.4- Diferents fraccions separades en la caracterització del Rebuig Resta.

A partir de les composicions i del poder calorífic tabulat dels diferents materials es calcula el PCI teòric per tal de realitzar una comparació amb el resultat experimental obtingut.

Per a la realització dels càlculs i comprovacions posteriors el PCI utilitzat és sempre l'experimental.

Respecte als resultats del laboratori, només es presenten les dades de les analítiques necessàries per tal de comparar els resultats amb els requeriments de les cimenteres i es mostraran a l'apartat corresponent directament classificats.

7.2.2 Voluminosos

El segon tipus de residu ha utilitzar es correspon amb els materials voluminosos recollits als municipis del Vallès Occidental.



Figura 7.5- Residus Voluminosos descarregats.

Per tal de determinar les fraccions valoritzables energèticament es realitza la caracterització separant els residus reutilitzables dels valoritzables.

Els residus reutilitzables corresponen a tots aquells residus que en el seu estat, poden tenir un segon ús idèntic a l'inicial, directament, realitzant alguna reparació o utilitzant alguns dels seus elements com peces de recanvi.

Dins dels residus valoritzables trobem els elements amb estructura identificable però que no presenten l'opció de ser reutilitzats. Aquest es separen per fraccions: fusta, mobles, metalls, matalassos, RAEE's, impropis i altres.

A la figura següent es pot observar un exemple dels dos tipus de residus:



Figura 7.6- Exemple d'element reutilitzable i de materials valoritzables.

A continuació es mostra una breu descripció de la metodologia seguida en la caracterització dels residus voluminosos:

- Es descarreguen els residus al terra, o si el vehicle de transport ho permet, es seleccionen directament.
- Es comença el triatge de materials separant els residus reutilitzables dels valoritzables i es van organitzant els residus per palets numerats i identificats amb el residu que hi va:
 - Primer es separen els elements voluminosos amb possibilitat de reutilització.
 - Després es van separant les fraccions valoritzables més voluminoses i fàcilment identificables: matalassos, mobles, metalls i plàstics.
 - Per acabar, es realitza el triatge de la resta de fraccions deixant la fusta fins al final al ser la fracció majoritària.
- Quan tenim tots els materials classificats, es pesen les diferents fraccions i es realitzen els càlculs de les composicions.

A la figura següent es poden observar algunes de les fraccions separades durant el procés de caracterització:



Figura 7.7- Diferents fraccions separades en la caracterització de Voluminosos.

Dels separats com valoritzables s'extreuen els materials que tenen una gestió clara i diferenciada com els RAAE, els neumàtics, els metalls i el vidre pla.

També s'extreuen els matalassos ja que de moment no tenen cap tractament i no és possible el seu reciclatge directe. Pel fet de que el 100% dels seus materials són valoritzables i fàcilment separables en una planta de triatge es podrien recuperar els metalls i aprofitar el potencial calorífic de la resta de materials que conformen els matalassos.

Així doncs, s'analitzen dos situacions possibles:

- Sense considerar els matalassos.
- Considerant els matalassos.

Després de tot el procés de selecció, triatge i extracció de materials, el que ens queda és la fracció a valoritzar energèticament.

Per tal d'obtenir un producte homogeni, de baix contingut en clor i metalls es planteja realitzar a la fracció resultant del procés anterior, el següent tractament mecànic:

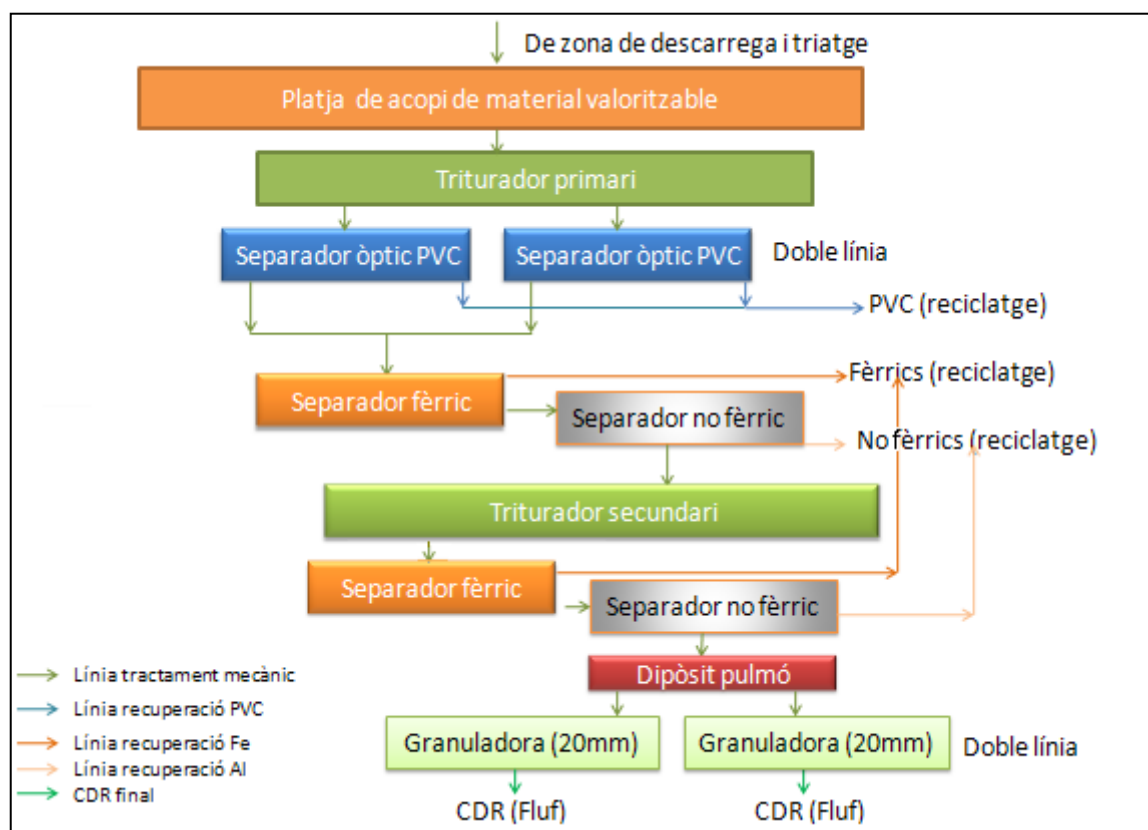


Figura 7.8- Esquema de tractament del material valoritzable dels residus Voluminosos.

En aquest cas no es disposen de dades experimentals sobre el PCI del residu, per tant, es calcula directament el teòric a partir de les composicions obtingudes amb la caracterització i del poder calorífic inferior tabulat dels diferents materials.

Així doncs, s'utilitza en tot moment el PCI teòric al realitzar els càlculs posteriors i les comprovacions necessàries durant l'estudi.

A l'igual que pel Rebuig Resta, es presentaran els resultats de les analítiques directament classificats a la taula de comparació amb els requeriments d'acceptació de residu com combustible establerts per les cimenteres.

7.3 COMPARACIÓ AMB REQUERIMENTS D'ACCEPTACIÓ CIMENTERES

Les plantes cimenteres accepten residus seleccionats com combustibles de substitució sempre que compleixin determinades característiques, així doncs, s'han de realitzar controls de recepció per tal de mantenir els nivells de qualitat, seguretat i medi ambient.

A continuació es mostren els requeriments d'acceptació del residu com combustible addicional establerts per l'empresa CEMEX, S.A.:

Taula 7.1- Requeriments d'acceptació del residu de la empresa CEMEX.

Paràmetres	Conc. màx
Halògens (% Cl)	0,8
Fluor (% F)	0,2
Sofre (% S)	3
Cd+Tl+Hg (ppm)	100
Cd (ppm)	100
Tl (ppm)	100
Hg (ppm)	100
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V+Sn (%)	0,5
PCB (ppm)	10
PCI mín (kcal/kg)	1.500

Es comparen aquests valors amb els experimentals, per als diferents residus estudiats, per tal de comprovar si compleixen les condicions inicials per a ser acceptats com combustible alternatiu en aquest tipus d'instal·lacions.

7.4 ASPECTES AMBIENTALS: ANÀLISI DEL CICLE DE VIDA

7.4.1 Definició del procés d'ACV

En la coïncineració de residus s'emeten una sèrie de substàncies que interaccionen amb l'entorn, com són els gasos, les cendres o les escòries que es generen durant el procés de combustió.

Per tal d'avaluar els impactes ambientals potencials derivats de la combustió dels residus estudiats, Rebuig Resta i Voluminosos, i comparar-los amb la combustió de combustibles fòssils, s'utilitza la metodologia d'Anàlisi del Cicle de Vida.

L'Anàlisi del Cicle de Vida (ACV), d'acord amb la Norma ISO 14040, és una tècnica per a determinar els aspectes ambientals i impactes potencials associats amb un producte: compilant un inventari de les entrades i sortides rellevants del sistema; avaluant els impactes ambientals potencials associats a aquestes entrades i sortides, i interpretant els resultats de les fases d'inventari i impacte en relació amb els objectius de l'estudi.

És una eina acceptada tant per la comunitat científica internacional, com per les administracions públiques, els sectors industrials i els grups ecologistes.

Generalment l'ACV no considera els assumptes econòmics o socials de un producte, però l'enfocament del cicle de vida i les metodologies descrites a la norma internacional esmentada es poden aplicar a aquests altres aspectes.

En el procés d'ACV es reconeixen les següents fases, que estan interrelacionades entre sí, tal com s'indica a la Figura 7.9:

- Definició d'objectius i abast.
- Anàlisi de l'inventari.
- Avaluació de l'impacte.
- Interpretació.

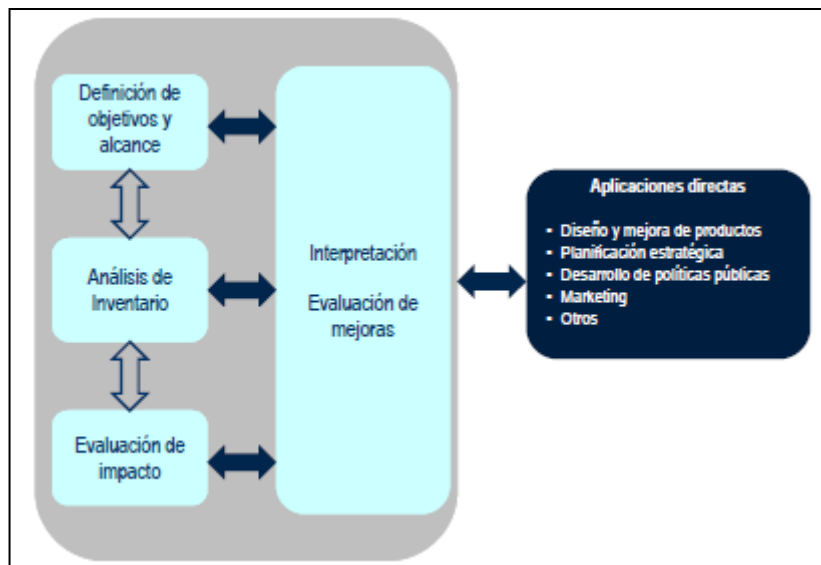


Figura 7.9- Metodología de l'ACV. Font: ISO 14040.

Durant el procés d'ACV, sobretot a la fase d'Avaluació de l'impacte, s'utilitza un programa informàtic comercial anomenat SimaPro 7.

SimaPro, és una eina desenvolupada per Pré Consultants per a l'Anàlisi de Cicle de Vida que analitza i compara els aspectes mediambientals d'un producte d'una manera sistemàtica i consistent seguint les recomanacions de les normes ISO sèrie 14040.

La primera versió de SimaPro data del 1990 i des d'aleshores ha estat utilitzat per empreses, consultores, universitats i centres de recerca en multitud d'estudis, la qual cosa avala la seva capacitat i el seu potencial en aquest tipus d'anàlisi.

7.4.2 Definició d'objectius i abast

Objectiu

L'objectiu d'un ACV és la reducció dels impactes ambientals associats al producte, procés o activitat en qüestió, reduint alhora el consum de matèries primeres, energia i emissions al medi mitjançant procediments de millora.

Sistema d'estudi

Coneixement global del procés i de les operacions unitàries que conformen el sistema d'estudi.

Selecció de la unitat funcional

L'ACV s'estructura al voltant d'una unitat funcional que defineix el que s'està estudiant. El propòsit fonamental de la qual és proporcionar una referència a la que es relacionen les entrades i sortides del sistema d'estudi. Aquesta referència és necessària per assegurar que la comparació dels sistemes es realitza sobre la mateixa base.

Establiment dels límits del sistema

En aquest apartat es decideixen els processos i etapes del sistema que van a considerar-se en l'estudi. Per establir aquests límits s'ha de definir el sistema d'estudi i els paràmetres que el caracteritzen, com són les matèries primeres consumides, el consum energètic, els residus o les emissions al aire, per exemple.

Aquests paràmetres són els que s'han de quantificar en l'anàlisi d'inventari.

Assignació de càrregues

Només serà necessari quan un sistema o subsistema condueixi a diferents productes i no tots estiguin dins dels límits de l'estudi.

7.4.3 Anàlisi de l'inventari

És un inventari de les dades de entrada i sortida en relació amb el sistema d'estudi. Implica la recopilació de les dades necessàries per complir els objectius de l'estudi definit.

Per a la realització de l'anàlisi d'inventari s'han calculat les diferents entrades i sortides al sistema, a partir de les dades experimentals de les que es disposen i de les consultades a bibliografia i a la base de dades del SimaPro 7. A la Figura 7.10 es mostra la pantalla de la introducció de l'inventari al programa.

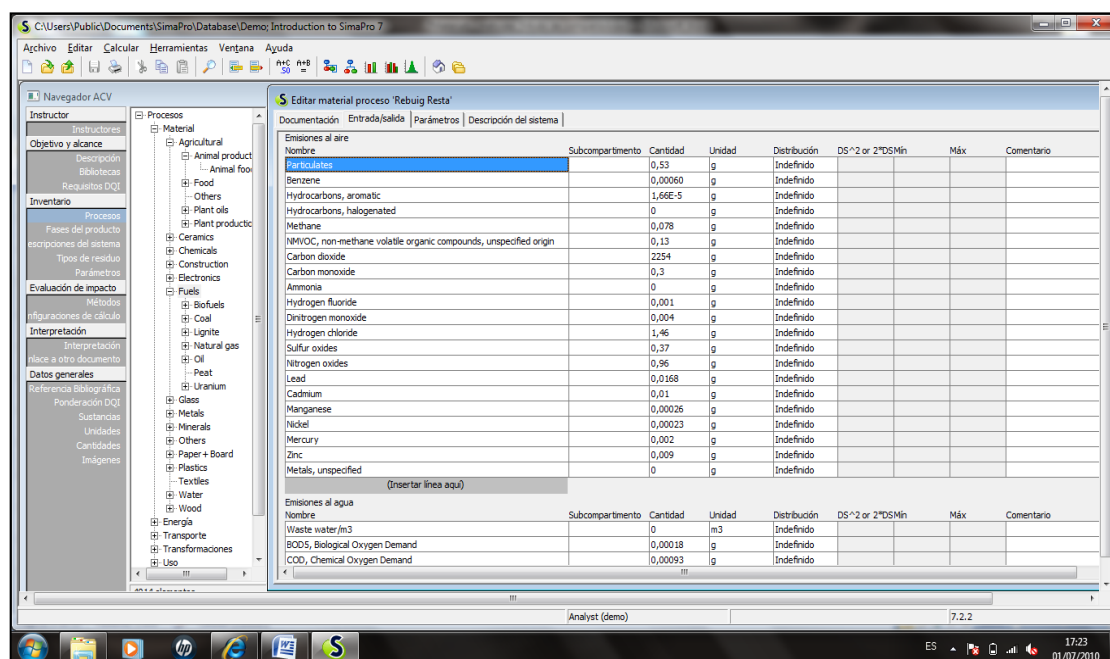


Figura 7.10- Anàlisi de l'inventari.

Totes les entrades i sortides de l'inventari es relacionen amb la unitat funcional definida anteriorment.

7.4.4 Avaluació de l'impacte

La fase d'Avaluació de l'impacte d'un ACV té com a propòsit avaluar com de significatius són els impactes ambientals potencials utilitzant els resultats de l'inventari per tal de comprendre millor la seva importància ambiental.

L'Avaluació de l'impacte s'estructura en les següents etapes:

- Classificació.
- Caracterització.
- Normalització.
- Valoració.

Per a la realització d'aquesta fase s'utilitza el SimaPro i dels diferents mètodes d'avaluació de l'impacte dels que disposa el programa s'ha triat l'Eco-indicator 99.

L'Eco-indicator 99 està basat en mètodes científics considerant els actuals nivells de contaminació i la legislació vigent.

A continuació es desenvolupen les diferents etapes de la fase d'Avaluació de l'impacte.

Classificació

En aquesta etapa s'assignen les dades procedents de l'inventari a cada categoria d'impacte segons el tipus d'efecte ambiental esperat. Una categoria d'impacte és una classe que representa les conseqüències ambientals generades pels processos o sistemes de productes.

El programa SimaPro fa automàticament l'etapa de classificació i assigna a cada substància o procés l'impacte o impactes corresponents segons el mètode d'avaluació de l'impacte triat.

En el cas d'estudi com que s'ha utilitzat l'*Eco-indicator 99*, les categories d'impacte són les següents:

- Agents cancerígens (*Carcinogens*)
- Agents respiratoris orgànics (*Respiratory organics*)
- Agents respiratoris inorgànics (*Respiratory inorganics*)
- Canvi climàtic (*Climate change*)
- Radiació (*Radiation*)
- Destrucció de la capa d'ozó (*Ozone layer*)
- Ecotoxicitat (*Ecotoxicity*)
- Acidificació/eutrofització (*Acidification / eutrophication*)
- Ús de la terra (*Land use*)
- Minerals (*Minerals*)
- Combustibles fòssils (*Fossils fuels*)

Caracterització

Aquesta etapa consisteix en la modelització, mitjançant uns factors de caracterització, de les dades de l'inventari, per a cada una de les categories d'impacte.

Cada categoria d'impacte necessita una representació quantitativa anomenada indicador de la categoria. Mitjançant els factors de caracterització, també anomenats factors equivalents, les diferents intervencions ambientals es converteixen a unitats de l'indicador. És necessari l'ús de models per obtenir aquests factors de caracterització.

El SimaPro utilitza les següents unitats per cada categoria d'impacte en funció de la categoria per tipus de dany, fixada també pel mètode d'avaluació de l'impacte, l'Eco-indicator 99:

Taula 7.2- Unitats de les categories d'impacte segons el tipus de dany.

Categoria d'impacte	Categoria per tipus de dany	Unitat
Carcinogens	Human Health	DALY
Respiratory organics		
Respiratory inorganics		
Climate change		
Radiation		
Ozone layer	Ecosystem Quality	Pdf*m2yr
Ecotoxicity		
Acidification/Eutrophication		
Land use		
Minerals	Resources	MJ surplus
Fossils fuels		

Per a les categories d'impacte que contribueixen al deteriorament de la salut humana (*Human Health*) s'utilitza el *DALY* (anys de vida regulats d'incapacitat). Són unes unitats utilitzades per l'OMS i el banc mundial per avaluar estadístiques de la salut.

Per a les categories d'impacte que incideixen sobre el deteriorament de la qualitat de l'ecosistema (*Ecosystem Quality*) s'utilitza el *PDF*m2*yr* (percentatge d'espècies desaparegudes en una àrea concreta a causa de la càrrega mediambiental, multiplicat per l'àrea i el període de temps que triga en manifestar-se el dany).

Per a les categories d'impacte relacionades amb els recursos (*Resources*) s'utilitzen *MJ surplus* (MJ d'excedent d'energia).

En la caracterització no es pot saber que material o procés té un major efecte ja que tot està escalat a 100%. És una escala amb poc sentit pràctic.

Normalització

En aquesta etapa es contrasten els resultats obtinguts en la etapa de caracterització respecte a un valor de referència per extreure l'importància i tenir una visió més clara dels diferents impactes segons la zona geogràfica d'afectació.

En el cas d'estudi, l'*Eco-indicator 99* normalitza els resultats utilitzant un paràmetre anomenat *habitant equivalent* que compara els resultats de la caracterització amb els efectes mediambientals que causaria en un any un ciutadà europeu.

Segons la categoria per tipus de dany, s'apliquen els valors següents:

Taula 7.3- Normalització de les categories d'impacte segons el tipus de dany.

Categoria per tipus de dany	Normalització
Human Health	64,7
Ecosystem Quality	1,95E-04
Resources	1,68E-04

Valoració

És l'etapa en que les dades de les diferents categories d'impacte es ponderen amb l'intenció d'obtenir un resultat únic. L'objectiu es obtenir un gradient d'importància dels impactes considerats en la caracterització.

Aquesta etapa es necessària per obtenir resultats més definits sobretot si s'han de comparar dos o més sistemes.

En el SimaPro, els valors estàndard dels eco-indicadors es poden considerar xifres sense dimensió. Com base de càlcul utilitzen el *Eco-indicator Point* (Pt). El valor absolut dels Pt no és massa rellevant atès que l'objectiu principal és el de comparar les diferències relatives entre productes i components.

L'escala s'ha triat de tal manera que el valor d'1 Pt representa una centèsima part de la càrrega ambiental anual d'un ciutadà europeu mitjà.

Taula 7.4- Ponderació de les diferents categories d'impacte segons el tipus de dany.

Categoria per tipus de dany	Normalització
Human Health	400
Ecosystem Quality	400
Resources	200

El programa realitza dos tipus de gràfiques a partir dels resultats de la valoració donant els resultats en *Eco-indicator Point* (Pt):

- Avaluant cada categoria d'impacte per separat.
- Avaluant les categories d'impacte agrupades segons el dany.

7.4.5 Interpretació

És la fase final del procediment d'ACV en la que es resumeixen i es discuteixen els resultats com a base per a les conclusions, recomanacions i presa de decisions d'acord amb l'objectiu i l'abast definits combinant la informació obtinguda en l'inventari i en l'avaluació d'impactes.