

ACV DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE UN VEHÍCULO.

Proyecto de fin de master MPIGMA 2011

Luis Carlos González Valencia



Sevilla, marzo de 2012

INDICE

INDICE	2
1 ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA	4
1.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO	5
2 SIMULACION VIRTUAL DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE CIMA TIZACION	7
2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCTO:	7
2.2 DEFINICIÓN DEL ACV.	13
2.2.1 <i>Objetivos y alcance del estudio</i>	13
2.2.2 <i>Escenario de Uso y Unidad Funcional:</i>	13
2.2.3 <i>Límites del sistema:</i>	14
2.2.4 <i>Análisis del inventario</i>	16
2.2.5 <i>Diagrama de flujo con sus respectivas entradas y salidas</i>	16
2.3 RECOGIDA DE DATOS: TABLAS DEL INVENTARIO.....	31
2.3.1 <i>Calidad de los datos</i>	43
2.4 CÁLCULO DE LOS RESULTADOS	46
2.4.1 <i>Categoría CML 2001 dec 07 experts ikp / southern (caracterización)</i>	46
2.4.2 <i>Calculo de los resultados de los indicadores de categoría CML 2000 baseline (Normalización)</i>	51
2.4.3 <i>Interpretación</i>	52
2.4.4 <i>Estrategias de Ecodiseño</i>	54
2.4.5 <i>Conclusiones</i>	55
3 FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA	57
4 ACTA DE VALORACIÓN	60

PROYECTO DE FIN DE MASTER

MPIGMA 2011

**ACV SISTEMA DE
CLIMATIZACIÓN DE
VEHÍCULO**

Luis Carlos González Valencia

1 ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA

Para estudiar el sistema de climatización de vehículos convencionales con motor de explosión se han analizado varias alternativas de vehículos. Este estudio pretende que el análisis sea representativo de la mayoría de vehículos que circulan en la actualidad, por lo que dichas alternativas deben representar con fidelidad a la flota de vehículos que circulan por España.

La última edición 2011/2012 de la Lista de los Coches más respetuosos con el Medio Ambiente (Environmental Car List) publicada por el Club de Tráfico de Alemania, Verkehrsclub Deutschland (VCD), ha concedido los 2 primeros puestos los vehículos híbridos de Toyota y Lexus. Han destacado entre los coches más ecológicos y sostenibles del mercado. Aunque no son coches eléctricos, sus sistemas de climatización han sido base para otros diseños totalmente eléctricos.

El Lexus CT 200h se ha clasificado en el puesto número uno con una puntuación de 7,83, seguido por el Toyota Prius (7.53), Toyota iQ 1.0 VVT-i (7,43), y el Toyota Auris Híbrido HSD (7.33). Aunque el Prius figura en segundo lugar es un modelo mucho más extendido que el Lexus, por ello se cree más conveniente su evaluación. Hasta 2011 Toyota ha vendido más de 2 millones de unidades en las diferentes versiones del Prius.

Ambos modelos representan la nueva tendencia de los constructores de vehículos hacia la sostenibilidad y el respeto medio ambiental, pero no son modelos de producción masiva, o al menos existen otros modelos mucho más extendidos en los mercados internacionales, que representan mejor a la mayoría de vehículos.

Uno de ellos es el Nissan Almera, que finalmente es el elegido como modelo base para este análisis de ciclo de vida. La marca es una referencia internacional, y el modelo está suficientemente extendido y es representativo dentro de la flota de turismos. Por ello se presupone que no será especialmente complicado encontrar

información para la fase de inventario de este trabajo. A continuación se describe la metodología empleada para llevar a cabo este análisis de ciclo de vida.

1.1 Metodología de trabajo

La metodología empleada para la realización de este análisis de ciclo de vida responde a las siguientes fases:

- **Definición de objetivos del estudio;**Aplicaciones previstas, razones para realizar el estudio. **Definición del alcance del estudio;** Funciones del producto, la unidad funcional, una descripción del producto, la descripción de escenarios. Escenarios relativos a la fase de producción, relativos a la fase de montaje del sistema de aire, relativos a la fase de uso del sistema de aire acondicionado y relativos a la fase de fin de vida.
- **Inventario de Análisis de Ciclo de Vida.** En base a la especificación del objeto a analizar y a los escenarios relativos al ciclo de vida del sistema de aire acondicionado, se desarrollará un inventario con las entradas y salidas del sistema. Los datos a incluir en el inventario deben recopilarse para cada proceso unitario incluido dentro de los límites del sistema
- **Impactos e indicadores ambientales.** Establecer el método de evaluación de impacto y los indicadores ambientales.

Esta metodología se muestra en forma de diagrama en la siguiente página, figura 0.

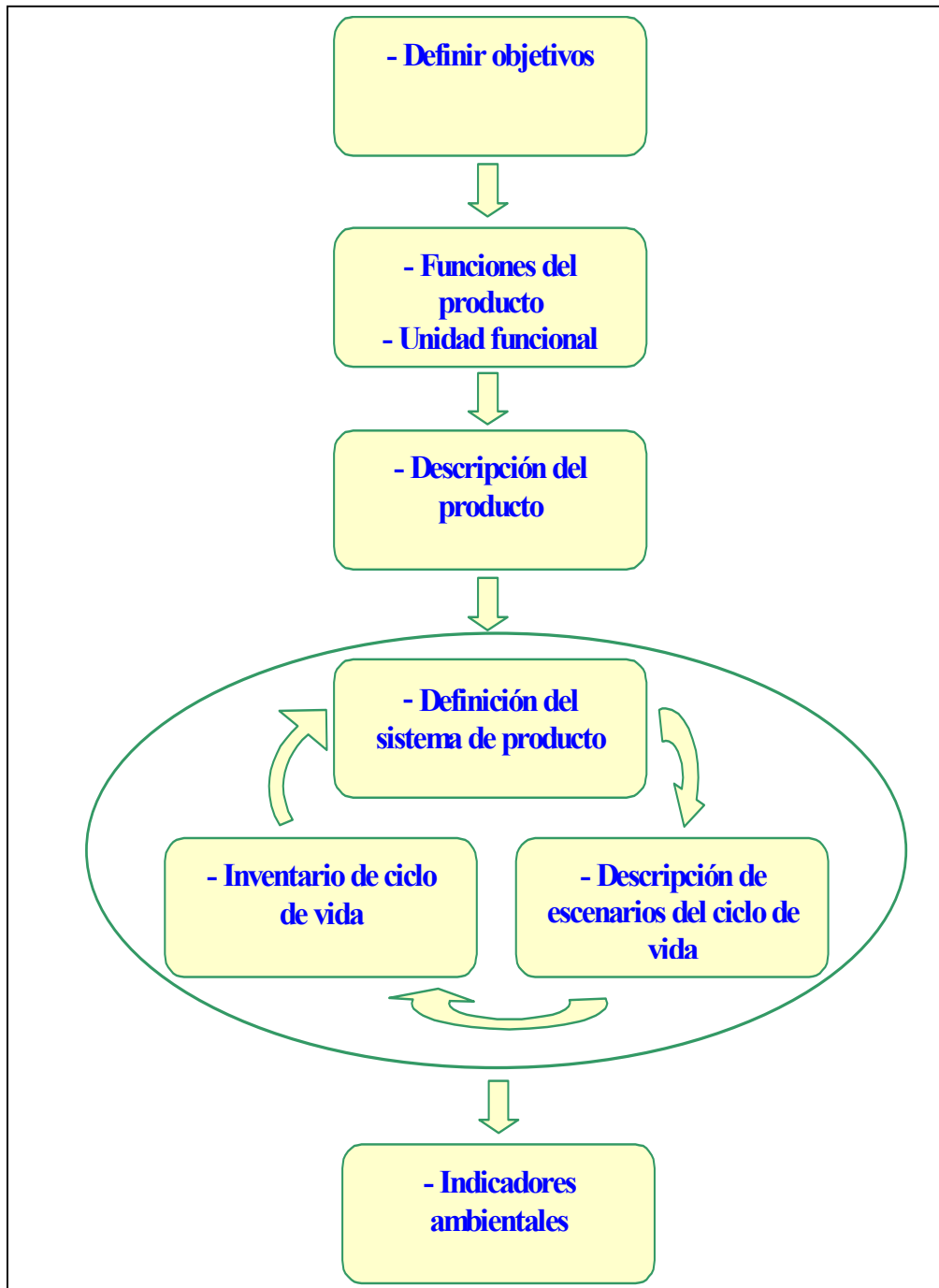


Figura 0. Metodología ACV

2 SIMULACION VIRTUAL DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE CLIMATIZACION

2.1 Descripción del sistema de producto:

La **función principal** del producto es conseguir y mantener una temperatura de confort dentro de la cabina del vehículo. Para desempeñar esta función el sistema objeto del ACV se compone de los siguientes subsistemas:

- Se incluye en el ACV el sistema generador de frío, utilizando un compresor de fluido tipo scroll.
- No se incluye en el ACV el sistema generador de calor.

Quedando por lo tanto el sistema-producto analizado solo en la parte de generación de frío.

Se ha elegido como referencia para el estudio el vehículo Nissan Almera ya que es un vehículo de fabricación seriada y representativo de la flota. Además no es un modelo de reciente fabricación por lo que debe ser menos complicado disponer de información del mismo.

Los componentes principales del sistema de refrigeración o de generación de frío son:

- Compresor.
- Condensador y Filtro deshidratador (depósito acumulador) y ventilador.
- Presostato (válvula trinaria).
- Válvula de expansión.
- Sonda de la válvula de expansión.
- Evaporador.
- Ventilador del evaporador.
- Difusores y conducciones de aire.

- Sistema de tuberías y componentes (mangos, codos, adaptadores, etc.).
- Conexiones de seguridad de alta presión y de baja presión.
- Agente frigorífico (gas refrigerante).
- Aceite del refrigerante.
- Carcasa de la unidad HVAC.
- Filtro de aire.

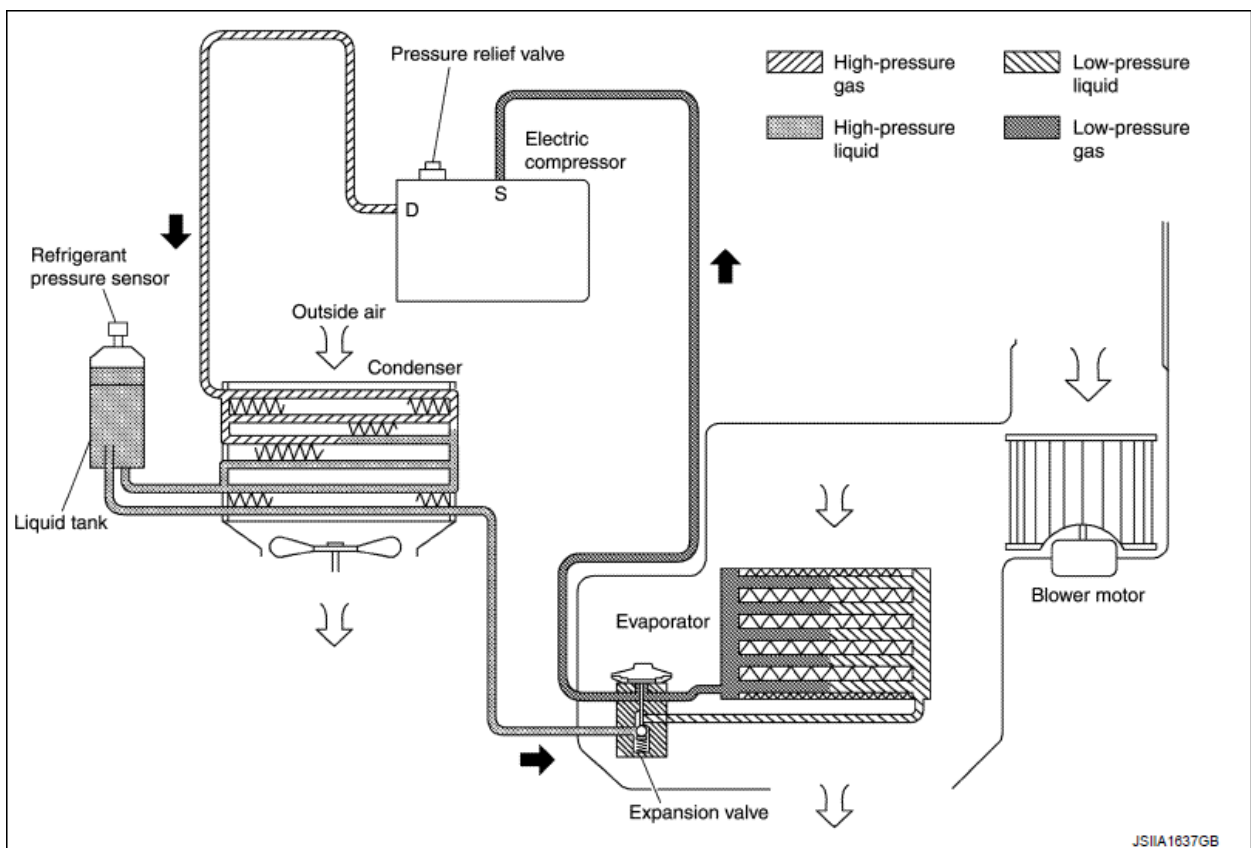


Figura 1. Componentes principales del sistema de refrigeración

Además se incluye el componente “unidad HVAC”, y todos los conductos, el impulsor de aire (*blower*) o los difusores. Estos componentes además participan en el sistema de generación de calor (que no está dentro de los límites de producto analizado), pero

se incluyen como elementos en el ACV del sistema de generación de frío, como si sirvieran en su totalidad solo este sistema.

A continuación se describen los materiales, pesos y funciones de los componentes del sistema de refrigeración:

- Condensador, filtro deshidratador y la válvula trinaria. El condensador enfría el gas refrigerante previamente calentado por el compresor. Los materiales principales son aluminio y acero. Junto al condensador se encuentra el filtro deshidratador y la válvula trinaria que controla la presión del circuito. Los materiales preponderantes son el aluminio y el acero. El peso del conjunto embalado es de 4.5 Kg.

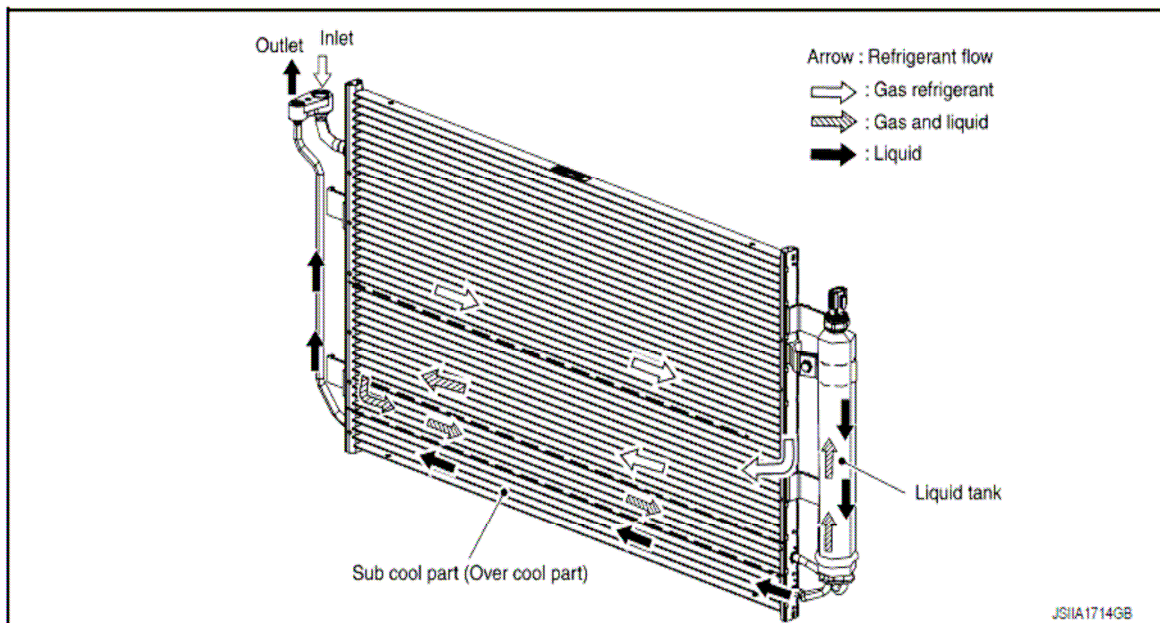


Figura 2. Condensador

- Ventilador del condensador: fuerza el paso del aire por el condensador para refrigerarlo y evitar que se produzca una sobre presión. Los materiales son polipropileno y aluminio y el peso es de 240gr. Puede ser estampado o moldeado en plástico por inyección.

- Compresor. Impulsa y comprime el gas refrigerante mediante la tecnología de desplazamiento. El material principal es acero. El peso del conjunto embalado de 7.6 Kg. Contiene un separador de aceite integrado que ayuda a separar el aceite mezclado con el refrigerante que circula por el sistema, reduciendo así la fricción en el compresor. En este compresor se requiere el uso del aceite ND - 11, un éster especial con elevadas propiedades dieléctricas. En la figura 3 se observa una imagen de un compresor de la marca DENSO y otras del modelo Panasocic que se monta el fabricante Nissan.
- Evaporador y válvula de expansión. En estos componentes el gas pierde presión, se enfría y al atravesar el evaporador cede su frío al aire que lo transmite por toda la cabina. Los materiales principales son aluminio y acero. El peso del conjunto embalado es de 3Kg.

Una tecnología innovadora es la desarrollada por DENSO, ya que no tiene válvula de expansión y en su lugar dispone de un dispositivo de expulsión de refrigerante que contiene además un eyector que recupera la energía perdida en la expansión del gas y lo convierte en energía de presión a la salida, lo que hace que el compresor ahorre trabajo de compresión (hasta un 25%), consumiendo bastante menos energía. El evaporador en sí es convencional, de tamaño normal.

En este nuevo sistema, el eyector está integrado en el tanque evaporador, eliminando la necesidad de que tener una estructura más gruesa para soportar la presión externa. Además con este diseño también se eliminan partes de tuberías de conexión necesarias para conectar el eyector con el evaporador, lo que ayuda a reducir el tamaño de la expulsión. Figura 5d.

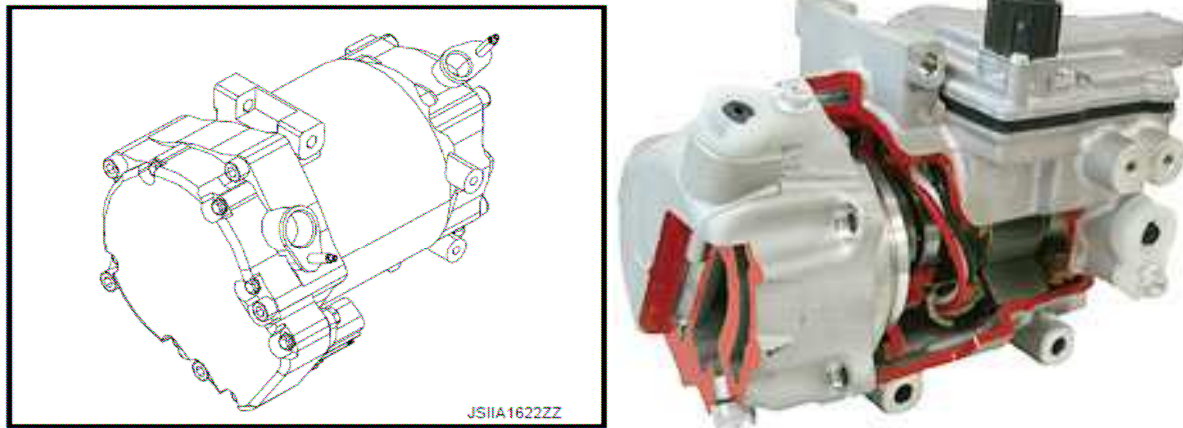


Figura 3.Compresor . A la izquierda Panasonic, montado en Nissan Almera, a la derecha Toyota tipo scroll.

- Unidad HVAC. Es la carcasa ubicada tras el salpicadero que dispone de las tomas de aire, los soporte del evaporador y radiador, los conductos de difusión, la unidad de bombeo de aire y los accionamientos (motor eléctrico) para la circulación del aire. El material principal es polipropileno fabricado mediante moldeo por inyección de plástico. Pesa 9.45Kg embalada.

Este componente es uno de los componentes compartidos por los sistemas de frío y calor. Para este estudio se considerará que el componente se usa única y exclusivamente por el sistema de generación de frío del vehículo, para no tener que hacer una asignación de carga.

- Tuberías y conexiones. Las hay de dos tipos, las metálicas o rígidas que son de aluminio y las flexibles que son de caucho. El peso total es de 580gr.
- Gas refrigerante. El fluido refrigerante que utiliza Nissan es el HFC-134^a. Pesa 450gr.
- Lubricante. Se emplea el ND OIL 11, aceite de éster de alto rendimiento especial para compresores eléctricos. Pesa 200gr.

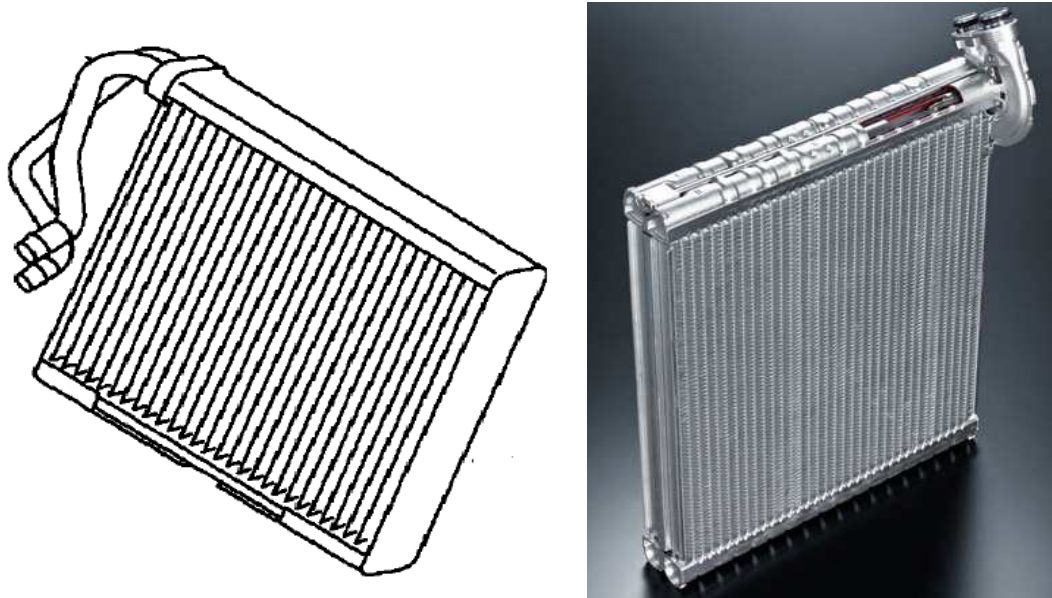


Figura 4 y 5d. A la derecha evaporador ECS DENSO (Prius III) con eyector

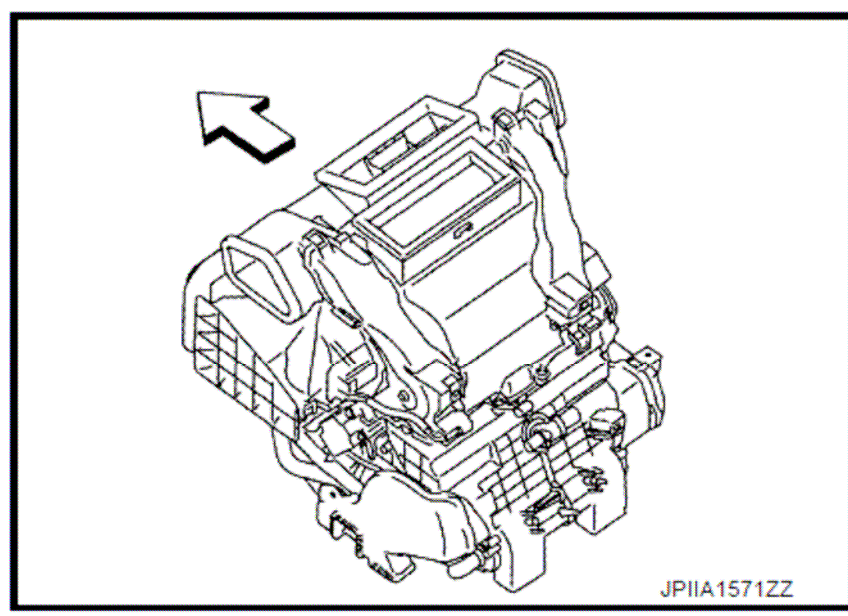


Figura 5. Conjunto de cabina

2.2 Definición del ACV.

2.2.1 *Objetivos y alcance del estudio*

El objetivo del trabajo es analizar un sistema de climatización y obtener su impacto medioambiental. Para ello se analiza el impacto que produce a lo largo del ciclo de vida, (cuyas fases se describen más adelante) el sistema de climatización del vehículo de fabricación seriada mediante metodología ACV. Una vez que se conozca este resultado se identificarán algunas técnicas de Ecodiseño susceptibles de aplicar a dicho sistema de climatización y obtener uno nuevo mejorado medioambientalmente. Este estudio no alcanza a la certificación de estas mejoras, para lo cual habría que realizar un nuevo ACV del sistema de climatización mejorado y compararlo con el resultado del ACV inicial.

2.2.2 *Escenario de Uso y Unidad Funcional:*

En primer lugar, es preciso definir el escenario de uso del vehículo, para lo cual se establecen los siguientes parámetros:

- Topología: recorrido de 100.000km en un entorno relativamente llano, 1 solo pasajero de 70 kg, masa del vehículo de 1200 kg, autonomía de 140 km, velocidad máxima de 120 km/h, velocidad media de 35 km/h y vida útil del vehículo de 10 años.
- Las condiciones climatológicas habituales en el escenario de uso, el número de veces que se usa el A/C en modo frío. En el apartado "límites del sistema" se definirán los escenarios climatológicos de uso.

La unidad funcional se ha definido de la siguiente manera: **Capacidad de climatización del sistema**, entendiendo por ésta la adecuación de las condiciones del

aire y otros componentes de la cabina del vehículo, a las condiciones de temperatura necesarias para el bienestar de las personas, medida en términos de producción de frío, en el marco de utilización del vehículo descrito anteriormente. Para ello se tomará como unidad de medida de calor la referida en el Sistema Internacional de Unidades, que es la misma que la de la energía y la de trabajo: la Kcal.

2.2.3 Límites del sistema:

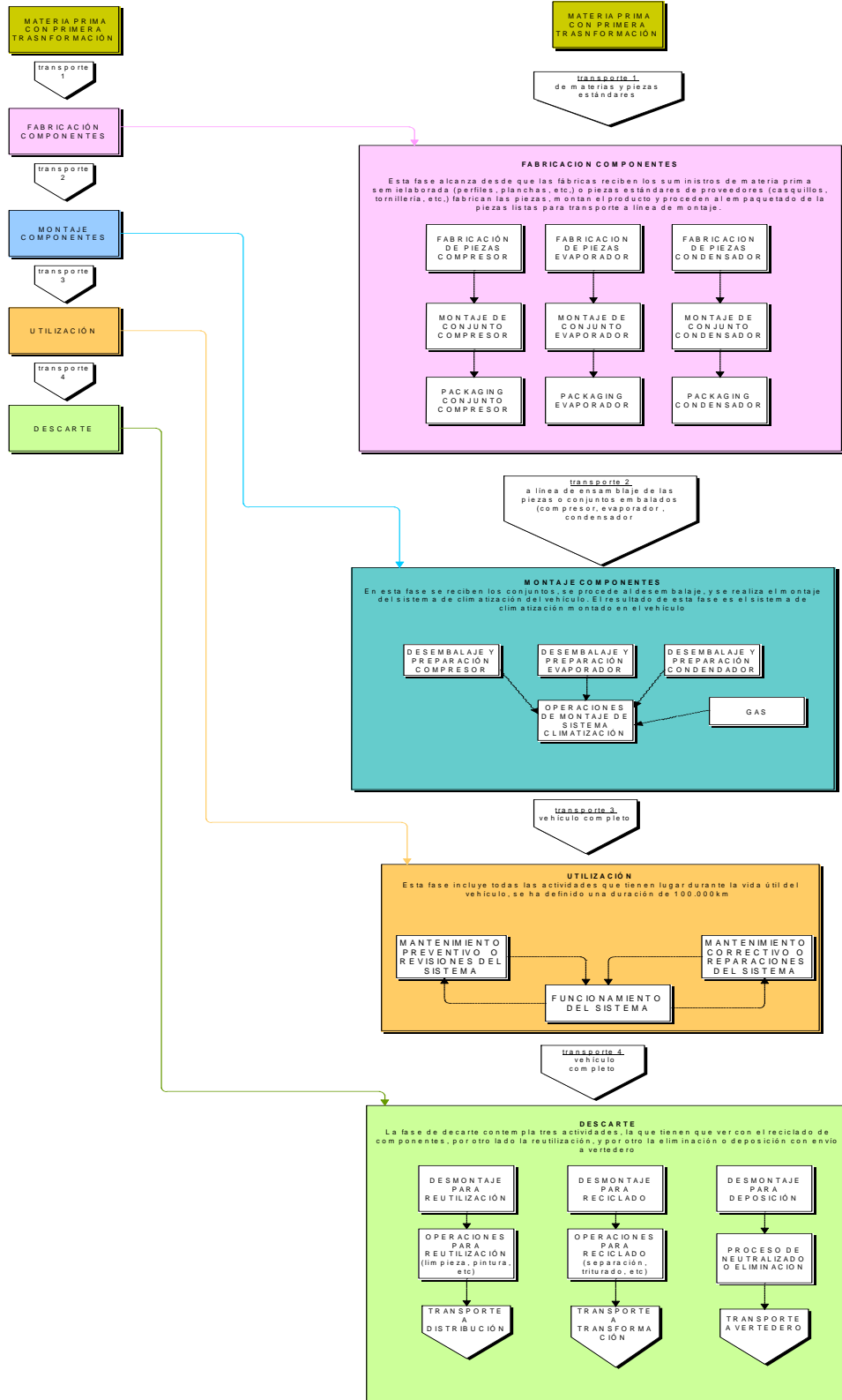
Los límites del sistema se definen primeramente indicando los componentes del sistema de climatización que formarán parte del estudio. Estos componentes son los que se exponen en el apartado 2.1 de la descripción del producto, a los que se le sumarán los elementos de unión como; tornillos, tuercas, arandelas, grapas, etc.

Una vez definidos los componentes, el límite del sistema contempla la adquisición de materiales y piezas necesarias para la fabricación de dichos componentes y sus proceso de fabricación asociados. Desde las plantas de fabricación de cada componente se define el transporte de estas piezas, hasta la planta de montaje del sistema de climatización, el consumo energético durante la fase de uso y por último, el transporte de los productos y subproductos generados a los distintos gestores autorizados y su posterior tratamiento.

Es importante remarcar que, **se excluyen del ACV:**

- la etapa de extracción de materia prima, su primera transformación y el transporte de la misma hasta los fabricantes de los componentes identificados. Se excluyen también:
- los transportes entre las fases de montaje y utilización y entre la de utilización y la de descarte. Estas fases se excluyen por la imposibilidad de obtener información sobre ellas para modelar el sistema en la aplicación GABI v5.

En la siguiente página se muestra la Figura 6, un esquema con los límites del sistema.



2.2.4 Análisis del inventario

Para realizar un ACV los datos de entradas (consumos materiales y energéticos) y salidas (emisiones, vertidos y deshechos) son necesarios, de la calidad de estos datos dependen en gran medida los resultados.

En este apartado se tratara toda la información relativa a las entradas y salidas del ciclo de vida del sistema de climatización.

2.2.5 Diagrama de flujo con sus respectivas entradas y salidas

En la siguiente imagen (*Figura 7*) se pueden ver todas las entradas y salidas correspondientes a cada una de las etapas del ciclo de vida del sistema de refrigeración del vehículo.

El peso del sistema de climatización, compuesto por todos los componentes principales descritos en 2.1, más los elementos de unión, las conexiones y tuberías, los fluidos refrigerantes y lubricantes, y descartando los embalajes, suma un total de 40,71Kg.

Si se tuvieran en cuenta los elementos que se han dejado fuera del ACV, el peso total estimado sería de unos 42,5Kg, lo que quiere decir que el análisis alcanza al 95.78% del peso total del sistema.

Como entrada, se han definido todos aquellos componentes que conforman el sistema de climatización y que se definían en el apartado de descripción del sistema.

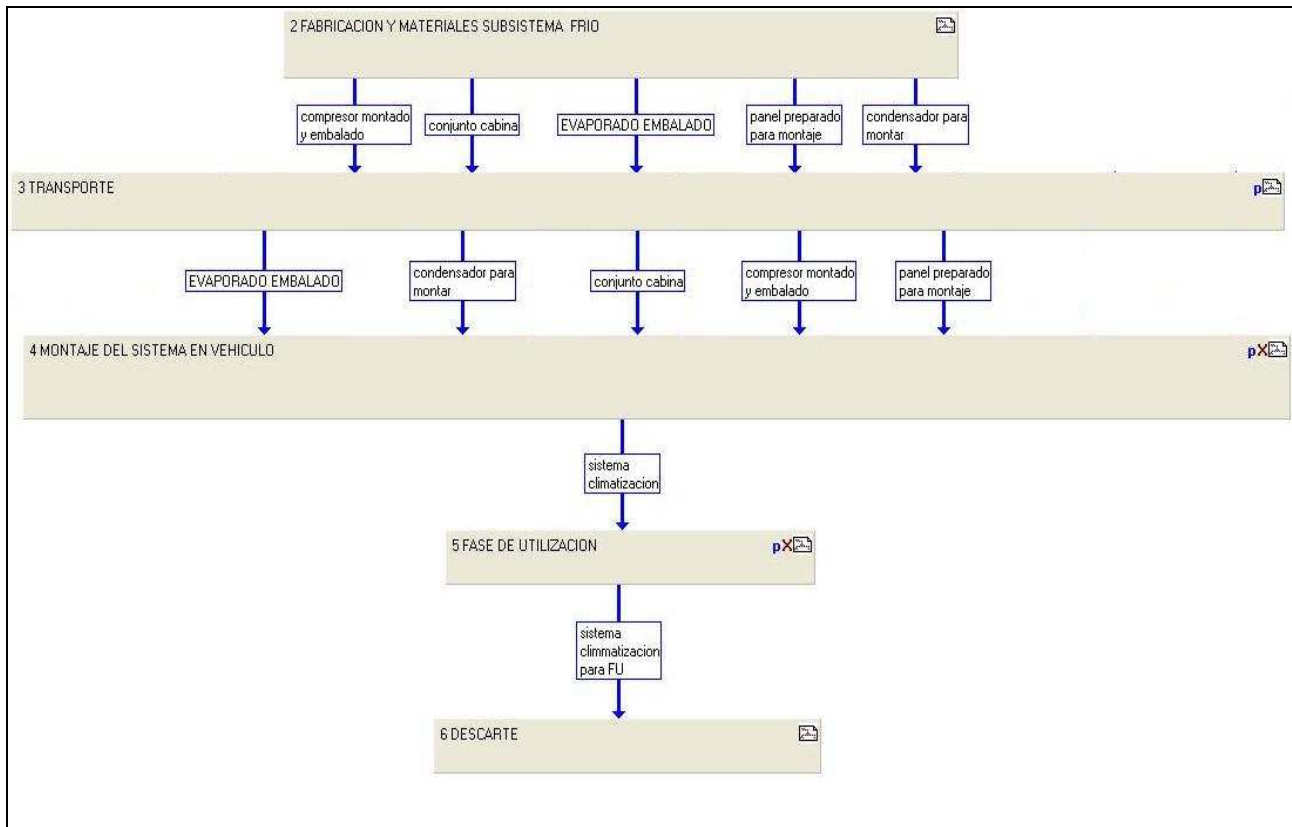


Figura 7: Entradas y salidas fases del ciclo de vida del sistema de climatización

También se han definido como entrada todas aquellas piezas que se necesitan para el montaje de cada componentes, como la carcasa, los soportes, los elementos de unión (tornillería, tuercas arandelas, grapas, etc) para el montaje de cada componente y los elementos auxiliares como agua, aire comprimido, lubricantes, energía térmica y eléctrica. Por último materiales para el empaquetado, como el film para envolver, cartón, grapas por supuesto el fuel necesario para el transporte y la electricidad.

Como salida se han determinado el propio producto que resulta (sistema de climatización), las emisiones CO₂, pérdidas de gas refrigerante R134a desde el sistema, virutas de metal, retales, aguas contaminadas, residuos de aceites o

lubricantes, residuos de los materiales de *packaging* generadas durante el proceso de producción.

Materiales y fabricación de los componentes:

En esta fase se han introducido todas las piezas que componen el subsistema de frío; los materiales que se necesitan para su fabricación y los procesos de producción asociados. En la figura 8 se muestran los flujos generales de componentes del sistema de frío.

Es importante indicar que las entradas y salidas referentes a los materiales y procesos de fabricación de las tuberías, las conexiones entre componentes y elementos de unión del sistema de climatización y todos los fluidos, se modelan en la fase de montaje.

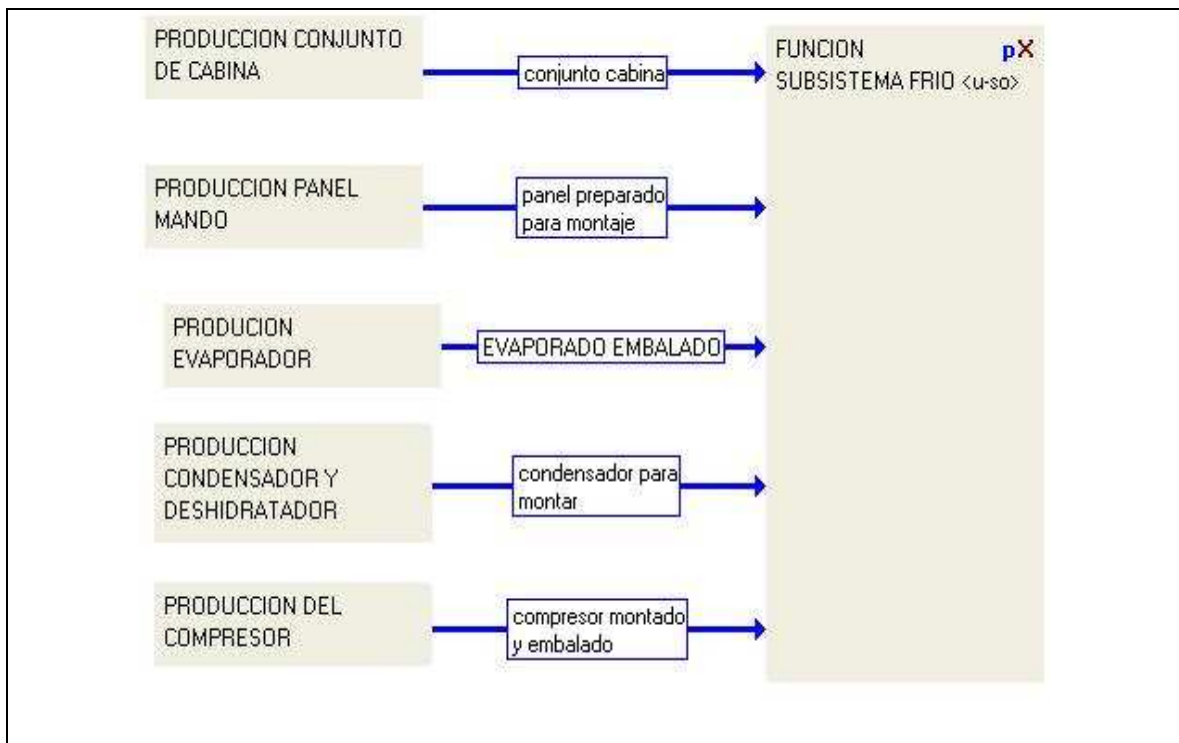
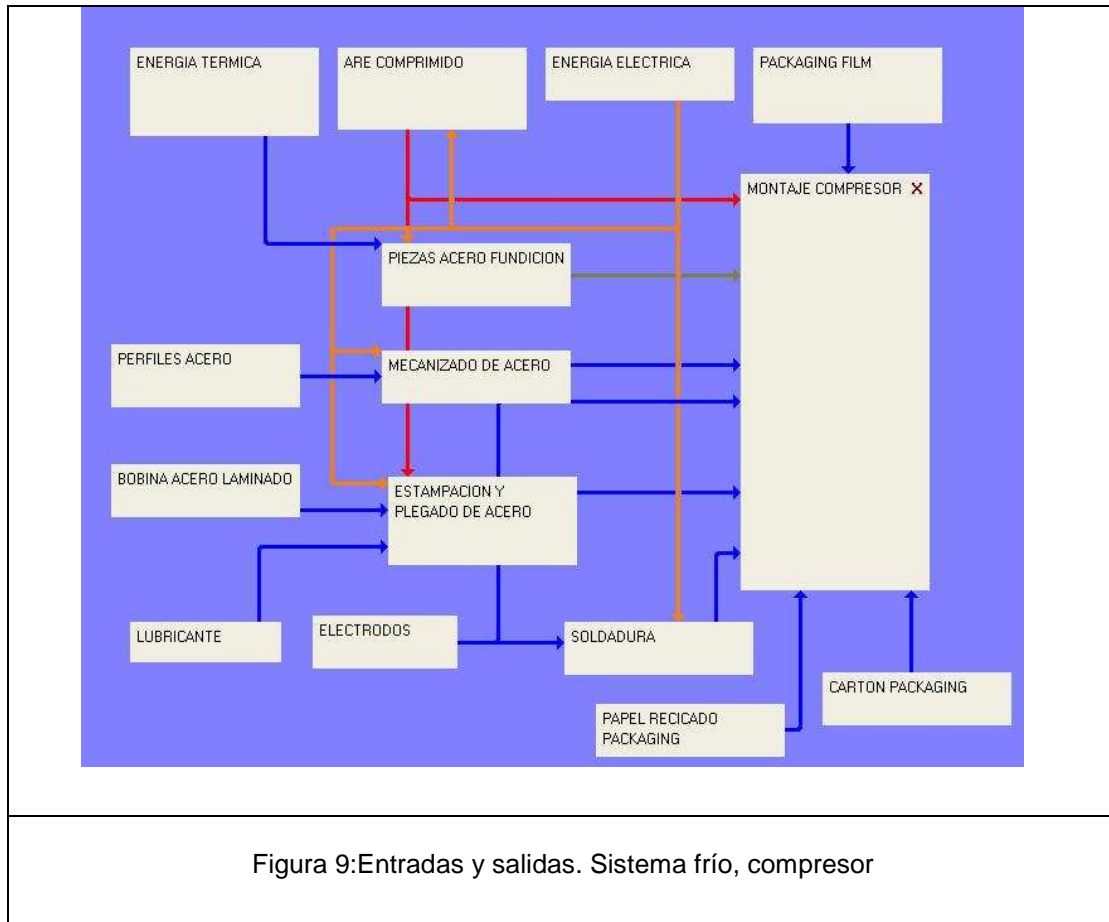


Figura 8: Entradas y salidas fase materiales. Sistema frío

En la figura 9 se muestra las entradas y salidas de **materiales para la fabricación del compresor**. Se ha modelado teniendo en cuenta las entradas de material (incluso el embalado) y energía necesaria, tanto eléctrica como térmica y material y procesos para el montaje, como es el caso de la soldadura y los electrodos.

El acero de partida para los procesos de transformación no es el mismo, se ha distinguido entre bobinado y perfiles como entradas de los procesos de estampación y mecanizado.

Las salidas están modeladas dentro de los procesos y se refieren al metal sobrante en forma de viruta o retales en los procesos de transformación de acero (estampación y mecanizado), agua vertido de agua impregnada de lubricante (estampación y mecanizado), emisiones derivadas de los procesos de obtención de energía calorífica a partir de eléctrica.



Para modelar el conjunto de cabina, figura10, mayoritariamente formado por plástico moldeado por inyección y con algo de acero, se han tenido en cuenta entradas de material y energía necesarias para el moldeo de plástico por inyección y fundición de metal. Adicionalmente también se definido entradas de material de elastómeros, para las juntas y acoplamientos, y materiales para el packaging.

Se ha tenido en cuenta, también como entradas, aunque es poca cantidad, el cobre del bobinado del ventilador “blower unit” y el de cinco motores pequeños de corriente continua que sirven de accionamiento para el movimiento de los compartimentos de la unidad de cabina

Las salidas son referentes a sobras de material de plástico en los procesos de inyección de plástico (rebabas, canales, conductos, etc) y las mismas del proceso de fundición.

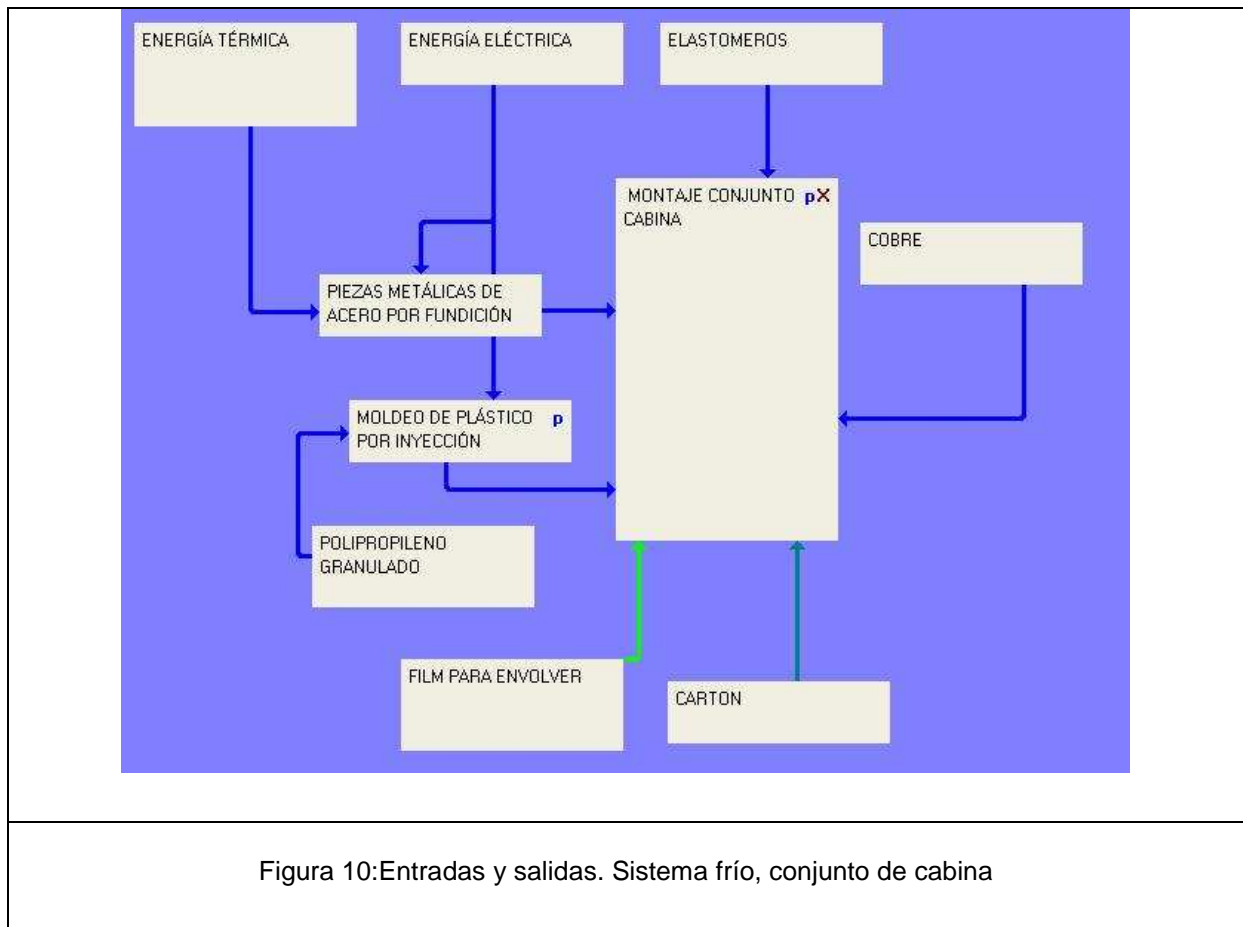


Figura 10: Entradas y salidas. Sistema frío, conjunto de cabina

Otro de los componentes del sistema de climatización, en este caso tanto de frío como de calor, es el panel de mando, figura 11. Este componente está realizado en plástico moldeado por inyección y también dispone de algunos elementos electrónicos (pantalla LCD, placas con componentes electrónicos) que han sido excluidos del ACV utilizando la regla de corte ya que representan el 0,25% del sistema.

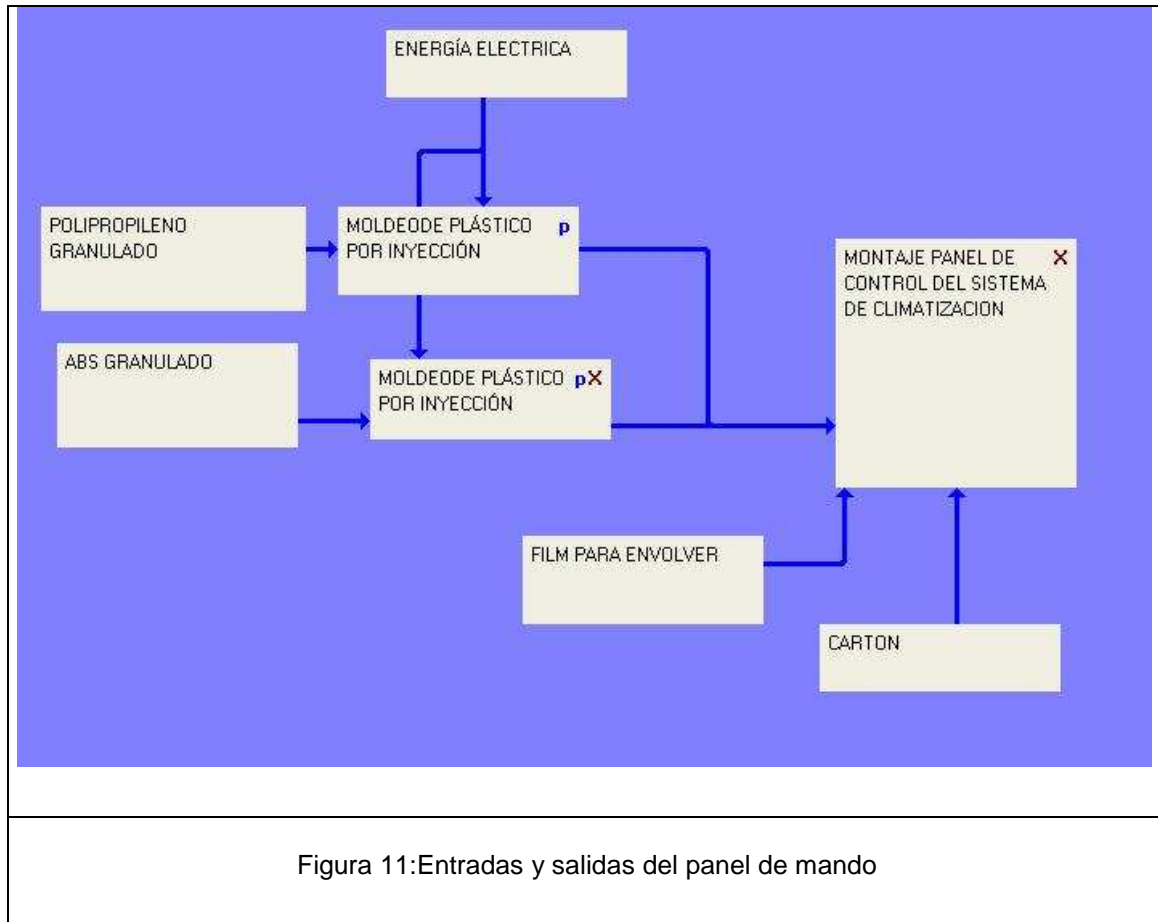


Figura 11: Entradas y salidas del panel de mando

Las entradas y salidas del componente condensador (que realmente agrupa al condensador, la válvula trinaria, el ventilador y su carcasa, el filtro deshidratador y el depósito secador) se muestran en la figura 12.

Para este componente y todos aquellos que se fabrican con material de aluminio, por no disponer de datos de Nissan, y debido al alto impacto de éste, para calcular qué cantidad de aluminio es secundario o reutilizado, se ha tomado datos de varios fabricantes de automóviles (Ford, SEAT y Volkswagen) y se ha promediado sus datos de utilización de aluminio, resultando un valor de 90% de aluminio secundario. Por tanto, la suma de las entradas de este material en los distintos componentes suma un 90 % de secundario y un 10% de primario.

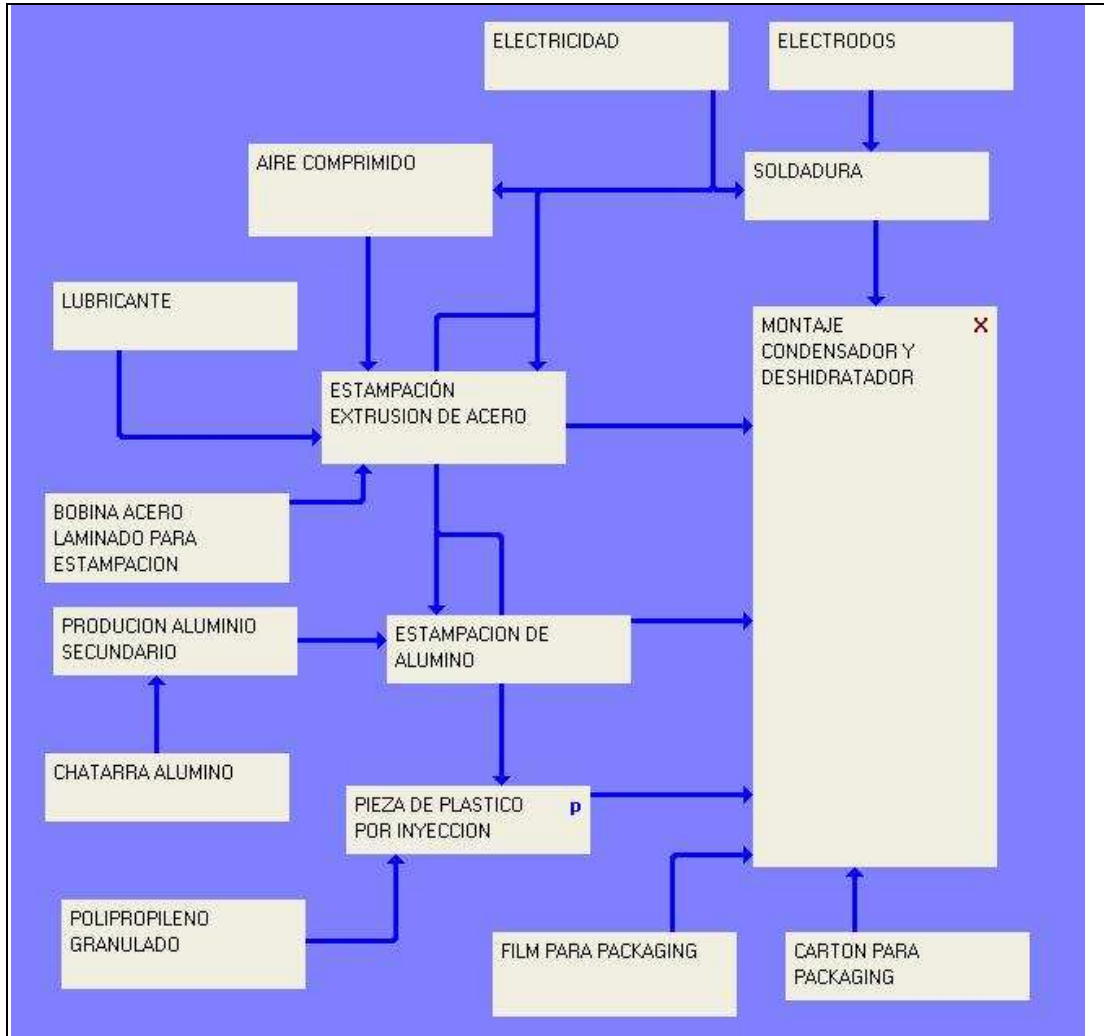


Figura 12: Entradas y salidas. Sistema frío, condensador, válvula, ventilador y filtro deshidratador.

Por último, el evaporador es otro componente de aluminio del sistema de climatización, modelado como se indicó en el condensador. Las entradas y salidas son las que se muestran en la figura 13. Para el evaporador se han empleado procesos de estampación y plegado de aluminio. Para los que se definen entradas de aluminio secundario, energía eléctrica, y tenemos salidas parecidas a las que se definieron en los mismos procesos de fabricación de otros componentes.

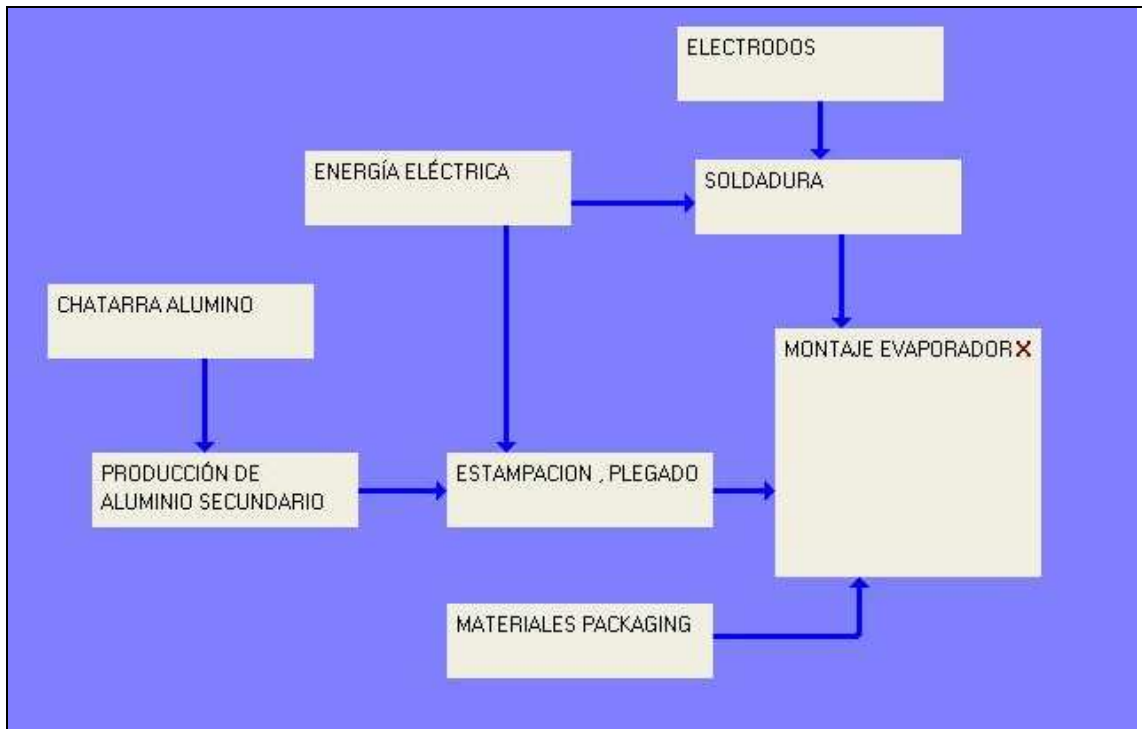


Figura 13: Entradas y salidas. Sistema frío, evaporador

Transporte

El modelado del transporte está presente en todas las fases del ACV, pero donde más peso tiene es en la segunda fase del ACV. Prácticamente todos los componentes se fabrican en China (evaporador, condensador) o Japón (compresor) por lo que se ha modelado un transporte primero en barco desde un puerto principal de Asia (Shanghai) hasta Barcelona y posteriormente en camión desde el puerto de Barcelona hasta Valladolid, ciudad donde se monta el sistema de climatización. Por razones de falta de información no se contemplan los trayectos en camión desde las plantas productoras hasta el puerto de embarque en Shanghai.

Las entradas de la fase de transporte contemplan, por una parte, el fuel para el transporte marítimo, el gasóleo necesario para transportar todo el material desde el puerto de Barcelona hasta la planta de montaje en Valladolid, el gasóleo necesario para el transporte de los residuos generados durante el proceso de fabricación hasta el gestor correspondiente, para el que se ha establecido una media de 50Km.

Las salidas generadas durante esta fase son principalmente las emisiones CO₂.

Montaje del sistema de Climatización

Las entradas que se han contemplado en esta fase son las correspondientes al consumo energético de la maquinaria requerida para el montaje, en especial para la carga de los fluidos en el sistema, gas refrigerante, lubricante y agua. En la figura 14 se muestra un diagrama con las entradas y salidas de esta fase.

Las entradas se corresponden con los componentes a montar más los fluidos que forman parte del sistema, más los elementos de unión (tornillería, soldadura, electrodos), las tuberías y conexiones (tanto rígidas como flexibles) y los procesos de fabricación asociados como el aire comprimido.

Las salidas corresponden a los residuos generados durante esta etapa como, escoria de los procesos de soldadura, materiales procedentes del packaging, lubricantes, agua impregnada de lubricantes, etc. No se contemplan los transportes de estas materias pues no serán significativos al sumarlos a los de la fase de Transporte del ACV.

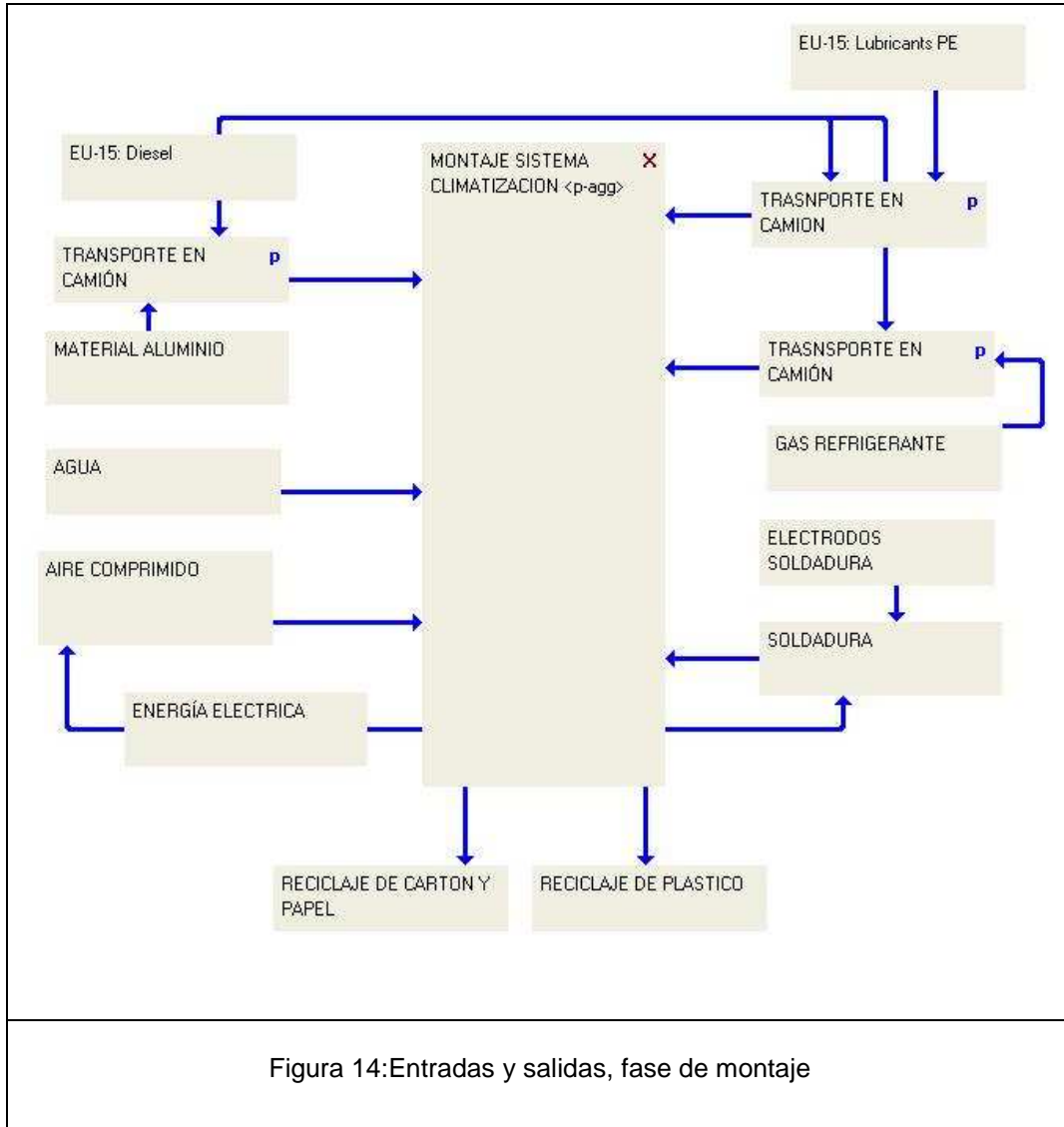


Figura 14: Entradas y salidas, fase de montaje

Uso

La entrada de esta fase está asociada con la reparación del sistema, y con el consumo energético que hace el sistema de climatización funcione a lo largo de esta etapa de uso.

La reparación del sistema consiste en la carga de gas refrigerante. Según datos de Nissan para la *Minnesota Pollution Control Agency*, el Nissan Almera pierde 12,8 gr de

refrigerante por año (2.8% del total), lo que significa que al final de su vida útil habrá perdido el 28,4%. Aunque no hay datos del Nissan Almera debido a su novedad, la pérdida del 2.8% anual, unido a la pérdida de poder del gas, motiva el hecho de que se tenga que realizar una recarga durante la vida del vehículo. Los flujos, de entrada y de salida que provocan esta recarga o reparación, están modelados y se muestran en la figura 15.

Adicionalmente otra de las entradas es el consumo de energía eléctrica. Para ello se han creado tres escenarios de uso respondiendo a tres climatologías distintas; caliente, templada y cálida. Los datos para determinar la temperatura de utilización del sistema de climatización por parte de los usuarios se han apoyado en el trabajo *“Options to integrate the use of mobile airconditioning systems and auxiliary heaters into the emission type approval test and the fuel consumption test for passenger cars (M1 vehicles)”* de R.C. Rijkeboer, Eur.Ing. et al. En 2002.

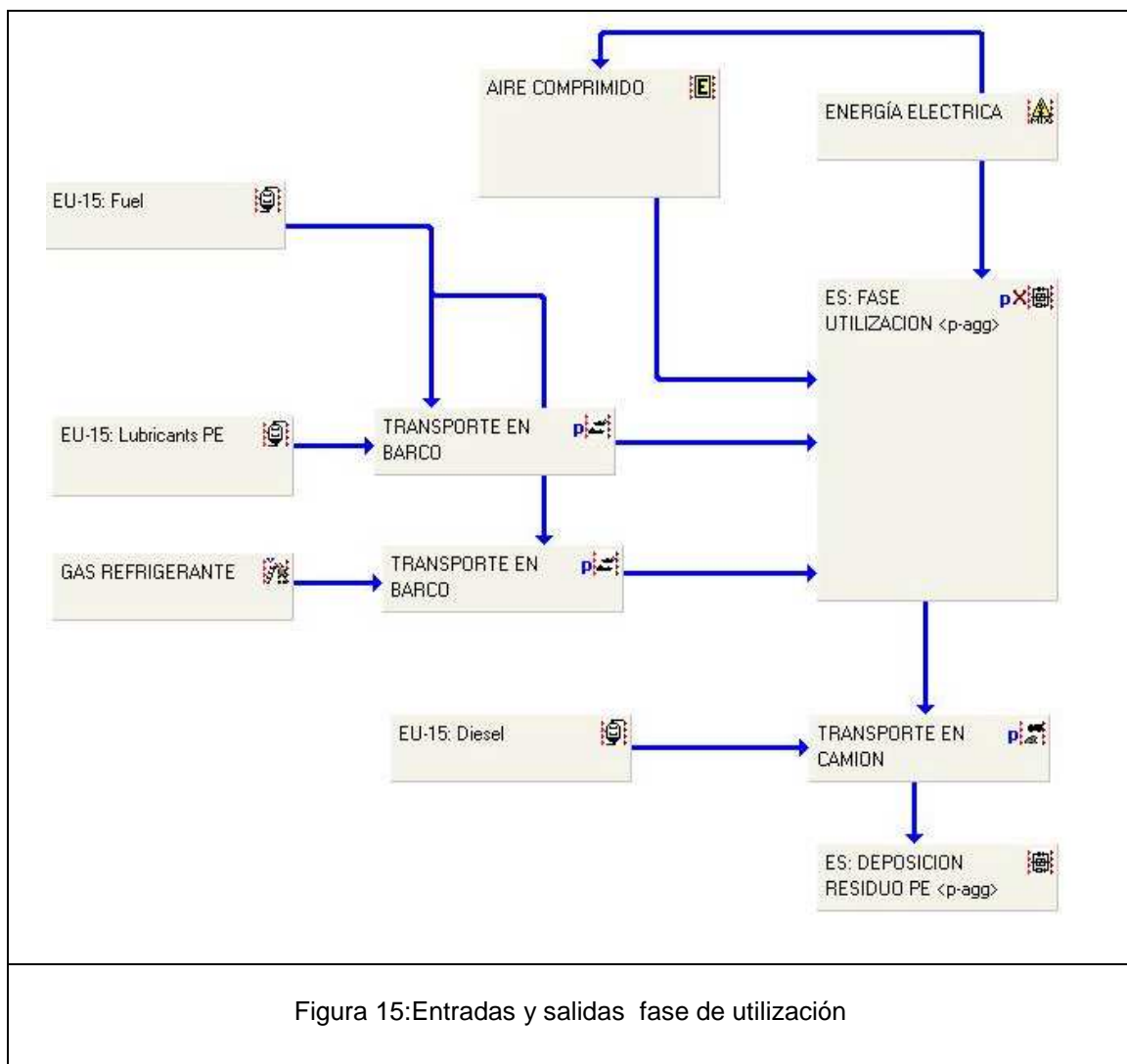
A cada uno de estos tres escenarios se le ha asignado el consumo de electricidad provocado por el funcionamiento del sistema de climatización (compresor, ventilador *blower unit*).

Las salidas, además de las provocadas por dicho consumo energético, como las emisiones CO₂, y todos los flujos de entrada y salida producidos por la pérdida de gas refrigerante R134a a razón de 12.8 gr por año (Datos del fabricante, según la Agencia de control de la contaminación de Minnesotta) y la reparación derivada de dicha pérdida, que necesita de bomba de vacío como instrumento principal para recargar el gas refrigerante.

La cantidad de gas que se recarga es la totalidad del mismo en su estado inicial, 450gr., por lo que otra de las salidas del sistema en la fase de uso es el gas sobrante que se extrae del sistema de climatización, y el transporte en camión hasta las instalaciones (a una distancia de 50km) de un gestor autorizado para el tratamiento del residuo peligroso.

Esta etapa no contempla el transporte desde la fábrica de montaje al concesionario o distribuidor antes del uso del vehículo por el usuario.

Se queda fuera de los límites debido a que es tan solo una parte del sistema completo (vehículo completo) y sería complicado modelar cada sistema por separado y posteriormente calcular los impactos que se produce entre todos.



Fin de vida

La etapa de fin de vida tampoco contempla el transporte del vehículo hasta el punto de retirada. La etapa comienza con el vehículo en el gestor y el proceso de secado de los fluidos peligrosos del sistema de climatización, en este caso gas refrigerante R134a con lubricante y agua con anticongelante al 50%.

Estos fluidos son transportados a una planta de tratamiento, por lo que la fase contempla también gasóleo para el transporte. También se necesita energía eléctrica para el proceso de secado, en concreto para la extracción de gas con la bomba de vacío y para el proceso de trituración.

No se han tenido en cuenta el desmantelamiento de piezas sueltas para comercio de segunda mano de componentes, ya que si fuera así, habría que modelar en la fase de utilización la reparación de dichos componentes, o solo reutilizar aquellos que sirvieran a otros modelos de vehículos, pero no se han encontrado datos para ello.

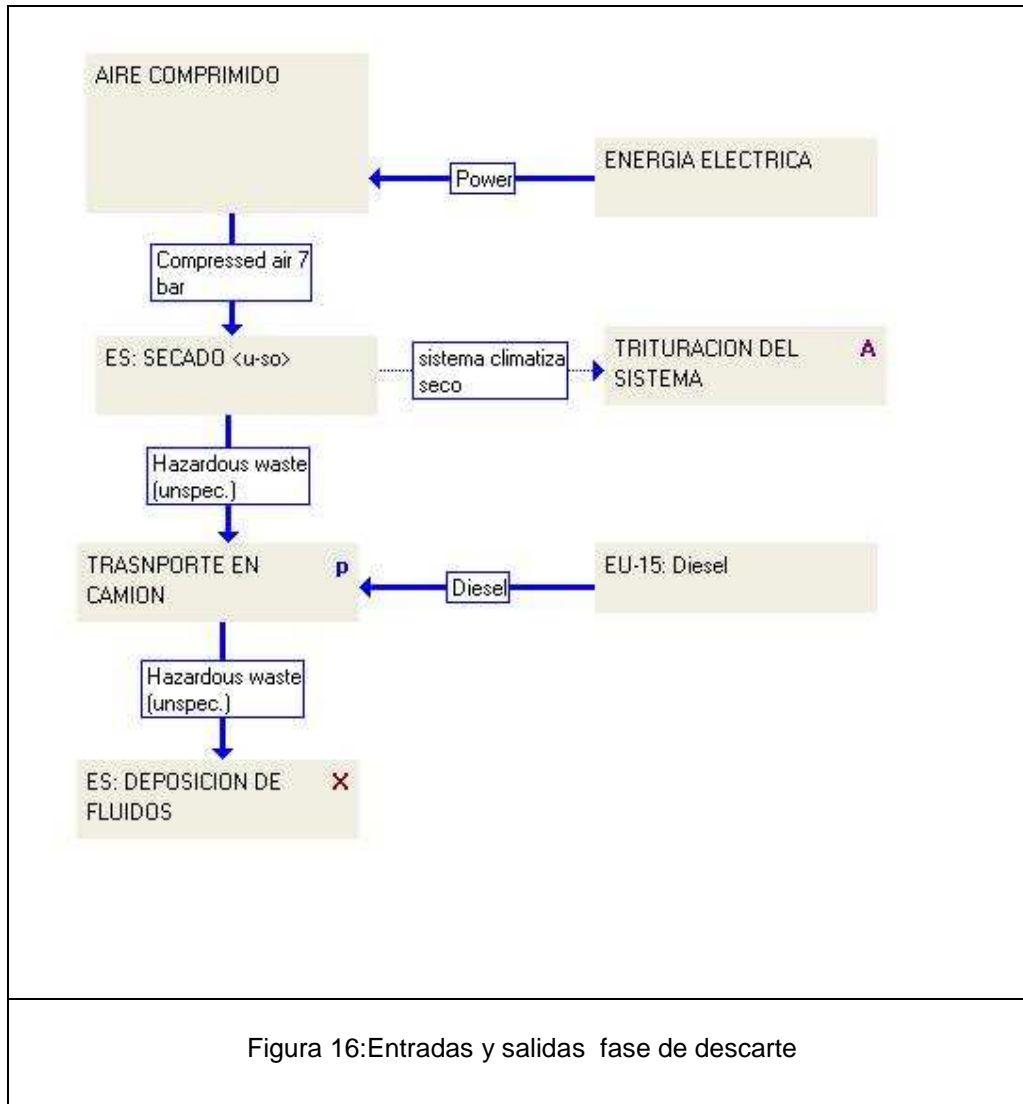


Figura 16: Entradas y salidas fase de descarte

2.3 RECOGIDA DE DATOS: TABLAS DEL INVENTARIO

A continuación se muestra el inventario de datos utilizado para el ACV del sistema de climatización. En las tablas se muestran las entradas (consumo materiales, transporte, consumo eléctrico, consumibles) y salidas (residuos generados, emisiones) de cada fase; materiales y producción de componentes, transporte, montaje del sistema de climatización, uso, y fin de vida.

Respecto de las entradas de material para fabricar los componentes, en algunos casos, cada componente del subsistema además se divide en subcomponentes, para cada uno de ellos se definen el tipo de material, el pesos y el proceso de fabricación por el que ha sido elaborado. En la última columna se indican referencias bibliográficas sobre la obtención de los datos. Además han sido excluidos del ACV utilizando la regla de corte aquellos componentes cuyo peso representa menos del 0,25% del sistema, excepto aquellos cuyo impacto se considera significativo, como el gas refrigerante.

Fase de materiales y componentes

Esta fase comprende la fabricación de los componentes del sistema de climatización partiendo desde las materias primas con una primera transformación como por ejemplo: bobina de laminado de acero, perfil de aluminio, lingotes de acero, chapa de aluminio, plástico granulado, etc.

UD	Entradas	material	peso gr	Base de datos y referencias bibliográficas
	UNIDAD CABINA			
1	carcasa inf. AC ventilación		880	Se han realizado mediciones en sistema AC de distintos vehículos, de las marcas Nissan, Ford y Renaul, para obtener un valor medio, la mayoría los datos de la unidad de cabina son medias ponderadas
	carcasa sup. AC ventilación	Polipropileno PP-TD40	830	
	toma de aire superior	Polipropileno PP-TD40	340	
	toma de aire inferior	Polipropileno PP-TD40	460	
	herrajes varios	Polipropileno PP-TD40	850	
	soporte radiador HTC	Polipropileno PP-TD40	520	
	herrajes	Polipropileno PP-TD40	270	

PROYECTO DE FIN DE MASTER

MPIGMA 2011

ACV SISTEMA DE
CLIMATIZACIÓN DE
VEHÍCULO

Luis Carlos González Valencia

	Soporte Eva	Polipropileno PP-TD40	680	
	5 difusores (est)	Polipropileno PP-TD40	750	
	2 conductos pie	Polipropileno PP-TD40	640	
	conductos	Polipropileno PP-TD40	380	
	soporte blower	polipropileno PP-TD40	390	
	total piezas carcasa		6990	dato de medición, trabajo de campo de
	Pieza de inyección de plástico			
2	Tuberías flexibles	Elastómero (espuma de caucho)	550	dato de medición, trabajo de campo
	total piezas tuberías		550	
	Extrusión de tubo			
3	Bobinas de Motorcitos para accionamientos	cobre	30	dato de medición, trabajo de campo
	producción de alambre por, extrusión o trefilado			
4	carcasa externa motor blower	polipropileno PP-TD40	260	dato de medición, trabajo de campo
	Pieza de inyección de plástico			
5	perfilería de espuma	Elastómero (espuma de caucho)	800	dato de medición, trabajo de campo
	moldeado de elastómeros			
6	carcasa interna motor blower	acero	200	dato de medición, trabajo de campo
	Fundición de metal			
7	bobina núcleo motor blower	cobre	70	dato de medición, trabajo de campo
	extrusión, trefilado			
8	fijaciones, tornillos, tuercas arandelas, grapas	acero	150	dato de medición, trabajo de campo
	estampación, torneado o mecanizado			

UD	Entradas	material	peso gr	Base de datos y referencias bibliográficas
	CONDENSADOR DESHIDRATADOR			
9	Depósito del secador	aluminio	300	dato de medición, trabajo de campo
	estampación o embutición de chapa en frío			
10	Abrazadera del depósito	acero	210	dato de medición, trabajo de campo
	Estampación de chapa en frío y plegado			
11	carcasa abrazadera	polipropileno	25	dato de medición, trabajo de campo

PROYECTO DE FIN DE MASTER

MPIGMA 2011

ACV SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE VEHÍCULO

Luis Carlos González Valencia

	Pieza de inyección de plástico			dato de medición, trabajo de campo
12	válvula del secador varios: moldeo y mecanizado	acero	140	dato de medición, trabajo de campo
13	Cuerpo condensador extrusión de tubería, estampación y plegado	aluminio	2950	dato de medición, trabajo de campo
14	Soporte condensador Estampación de chapa en frío y plegado	acero	450	NISSAN ALMERA SERVICE MANUAL HVAC
15	Ventilador condensador Pieza de inyección de plástico	Polipropileno	75	http://spanish.alibaba.com/products/car-ac-condensor-ce-rohs-75505266877.html
16	carcasa de ventilador y motor Estampación de chapa en frío y plegado	aluminio	150	
COMPRESOR				
17	herrajes soporte tapadera inferior tapadera superior bloque impulsor total acero estampación, plegado y mecanizado	acero	280 1420 5185 6885	dato de medición, trabajo de campo dato de medición, trabajo de campo www.youtube.com/watch?v=iAeeAZmVeyo
18	Elementos fijación tornillos, tuercas arandelas estampación, torneado o mecanizado	acero	310	
19	bobina motor extrusión, trefilado	cobre	200	
Observaciones:.				

UD	Entradas	material	peso gr	Base de datos y referencias bibliográficas
	EVAPORADOR SISTEMA REFRIGERACIÓN			
20	Evaporador Refrigeración extrusión estampación y plegado	aluminio	2850	dato de medición, trabajo de campo 150 gr carton

PANEL DE MANDO				
22	Panel control	ABS (Acrlonitrilo-butadienestireno)	200	dato de medición, trabajo de campo
	Pieza de inyección de plástico			
23		polipropileno	180	
	Pieza de inyección de plástico			
24	tarjetas componentes electrónicos		135	
	Fabricación dispositivos electrónicos			
TUBERÍAS CIRCUITO REFRIGERACIÓN				
25	tuberías circuito refrigeración extrusión perfil hueco	aluminio	480	dato de medición, trabajo de campo

UD	Entradas	material	peso gr	Base de datos y referencias bibliográficas
LUBRICANTE AC				
31	los nuevos compresores de A/C pueden tener una cantidad reducida de aceite PAG, 40 ml (1.4 oz). DENSIDAD 1,005	1 oz son 28 gramos, lo normal es tener entre 25 y 30 oz por sistema	200	NISSAN ALMERA SERVICE MANUAL HVAC
REFRIGERANTE				
32	Gas refrigerante R 134a	Tetrafluoretano CH2FCF3	450	catalogo fabricante Sección1,FRIOGAS R-134 ^a , NISSAN ALMERA SERVICE MANUAL HVAC
	Perdidas de refrigerante es el 2,8% anual		12,8	Por año, según datos de Nissan Almera para Minesota Pulution Control Agency
MATERIAL EMBALAJE				
	Embalaje	Cartón corrugado	1100	Estimaciones de embalaje según peso y volumen
	Máquina Corrugadora			
	Embalaje	PE Film	550	Estimaciones de embalaje según peso y volumen
	Proceso de Extrusión			

Tabla 1:Consumo eléctrico para la fabricación de los componentes			
CONSUMO ELÉCTRICO			
id	Entradas	Valor y unidad	Base de datos y bibliografía
01	Inyección de plástico	79,55 wh	PE International
02	Estampación y plegado	1.46Kwh	PE International
03	Mecanizado	6.94Kwh	PE International
04	Fundición de metal	30kwh	PE International
05	Embutición de chapa	6.97 kwh	PE International
06	Aire comprimido	0.137Kwh	PE International

Observaciones: El consumo eléctrico procedente de otras máquinas o procesos es insignificante con los mencionados en esta tabla.

Tabla 2: Residuos generados durante la fabricación del los componentes del sistema				
RESIDUOS GENERADOS				
id	Salida	Valor y unidad	Base de datos y bibliografía	Tratamiento fin de vida
01	Residuos o virutas acero.	1.22kg	PE International	Reciclaje
02	Residuos aluminio	3.86kg	PE International	Reciclaje
03	Residuos plástico	Insig.	PE International	Gestor autorizado
04	Agua	3.32kg	PE International	Gestor autorizado
05	Residuos de packaging	Insig.		Reciclaje
05				

Observaciones:

Tabla 3: Emisiones generadas durante la fabricación del sistema de climatización				
EMISIONES				
id	Salida	Valor y unidad	Base de datos y bibliografía	Tratamiento fin de vida
01	CO	Insig.	PE International	
02	CO2	60.05	PE International	
03	SO2	0.224	PE International	
04				
Observaciones: Emisiones estimadas por la aplicación GABI según los procesos diseñado por PE International				

TRANSPORTE

Aunque hay procesos de transporte en casi todas las etapas del ACV, se ha definido una etapa principal de transporte que recoge los flujos generados para llevar los componentes fabricados en Asia hasta el montaje en Valladolid. El puerto de Shanghai se ha escogido por ser el principal puerto de mercancías de Asia (segundo del mundo en volumen de mercancías) y por su situación geoestratégica en Asia. Como entradas y salidas también en esta fase se contemplan los componentes del sistema de climatización y los carburantes para barcos y camiones.

Tabla 4: Emisiones generadas durante el transporte			
TRANSPORTE			
id	Entradas	Valor y Unidad	Base de datos y bibliografía
01	Barco contenedor : Shanghai Barcelona 16400km, Camión : Barcelona Valladolid 720km	130.11 km.kg	Distancia entre puertos Shanghai y Barcelona Distancia entre Barcelona y Valladolid: google maps PE International

Tabla 4: Emisiones generadas durante el transporte			
TRANSPORTE			
	Compresor 7,6kg		
02	Barco contenedor : Shanghai Barcelona 16400km, Camión : Barcelona Valladolid 720km Condensador 4,5kg	77040 km.kg	Distancia entre puertos Shanghai y Barcelona Distancia entre Barcelona y Valladolid: google maps PE International
03	Barco contenedor : Shanghai Barcelona 16400km, Camión : Barcelona Valladolid 720km Conj. Cabina 9,5kg	162640km.kg	Distancia entre puertos Shanghai y Barcelona Distancia entre Barcelona y Valladolid: google maps PE International
04	Barco contenedor : Evaporador Shanghai Barcelona 16400km, Barcelona Valladolid 720km Conj. Cabina 2,75kg	47080 km.kg	Distancia entre puertos Shanghai y Barcelona Distancia entre Barcelona y Valladolid: google maps PE International
05	Barco contenedor : Shanghai Barcelona 16400km, Camión : Barcelona Valladolid 720km Panel mando 0,38kg	6505 km.kg	Distancia entre puertos Shanghai y Barcelona Distancia entre Barcelona y Valladolid: google maps PE International
06	Barco contenedor : Shanghai Barcelona 16400km, Camión : Barcelona Valladolid 720km radiador 2,75 kg	47080 km.kg	Distancia entre puertos Shanghai y Barcelona Distancia entre Barcelona y Valladolid: google maps PE International
10	Fuel	2,292 Kg/kg	PE International
11	Diesel	0,439Kg/kg	PE International

Proceso de montaje

La etapa de montaje sucede en Valladolid, según acuerdo del consorcio del proyecto. Los componentes procedentes de Asia llegan por camión y se incorporan al proceso de montaje, en el que se añaden los fluidos del sistema (R134a, lubricante, agua). El proceso modelado consiste en el desembalaje, la unión de estos componentes utilizando consumibles y soldadura, y en la carga de gas refrigerante y lubricante dentro del sistema.

Para este proceso como entrada se contemplan los elementos de unión como consumibles. En esta etapa también se incorporan al sistema las tuberías y conexiones entre los distintos componentes, estas piezas se modelan como entradas en la tabla de componentes. Las salidas tienen que ver con los materiales sobrantes del proceso.

Tabla 5: Etapa de montaje. Consumo eléctrico para el montaje del sistema de climatización			
COMPONENTES			
id	Entradas	Valor y unidad	Base de datos y bibliografía
01	Lubricante	200gr	Nissan Almera manual
02	Gas refrigerante	450gr	Nissan Almera manual
03	Componentes del sistema		También son flujo de salida
04	Conexiones tuberías	0.48 Kg	Nissan Almera manual
Observaciones: Los componentes del sistema (compresor, condensador..etc) son entradas y salidas de esta fase. No se modela en la salida.			

Tabla 6: Etapa de montaje. Consumo eléctrico para la montaje del sistema de climatización.			
CONSUMO ELÉCTRICO			
id	Entradas	Valor y unidad	Base de datos y bibliografía
01	Soldadura	0.207kwh	PE International
02	Aire comprimido	0.6Kwh	PE International

Tabla 6: Etapa de montaje. Consumo eléctrico para la montaje del sistema de climatización.

CONSUMO ELÉCTRICO			
03	Soldado por ola	0.8Kwh	PE International
04	Cámara de calor	30kwh	PE International

Observaciones: El consumo eléctrico directamente relacionado con el proceso y operaciones de montaje del sistema.

Tabla 7. Etapa de montaje. Consumibles utilizados para el montaje del sistema de climatización

CONSUMIBLES			
id	Entrada	Valor y unidad	Base de datos y bibliografía
01	Elementos de unión	0.35Kg	Nissan Almera manual
02	Aire comprimido	1.15 Nm3	PE International
03	Electrodos	insg	No se computa no se conoce el número de puntos o cordones de soldadura

Observaciones: Los consumibles se refieren a los elementos de unión tipo tornillos, tuercas. No se contempla el proceso de soldadura.

Tabla 8: Etapa de montaje. Residuos generados durante el sistema de climatización

RESIDUOS GENERADOS				
id	Salida	Valor y unidad	Base de datos y bibliografía	Tratamiento fin de vida
01	Cartón	Insig.	PE International	Reciclaje
02	Plástico film	Insig.	PE International	Reciclaje
03	Residuos de Electrodo	Insig.	No se computa no se conoce el número de puntos o cordones de soldadura	

Observaciones:

Uso

En la etapa de uso no se tiene en cuenta el desplazamiento desde el montaje hasta el distribuidor o comercial.

La entrada es la energía consumida por el sistema, y la recarga de gas. Se tienen en cuenta las pérdidas de refrigerante emitidas al aire. Y los residuos peligrosos derivados de la recarga de gas, es decir , el fluido que se extrae del vehículo.

El consumo energético del sistema se ha calculado en tres escenarios, el calculo se describe en el apartado observaciones.

Tabla 9:Consumos de energía y materiales durante la fase de uso			
CONSUMO ELÉCTRICO			
id	Entradas	Valor y unidad	Base de datos
01	Compresor y blower	6103.03MJ	Cálculos en observaciones
02	Aire comprimido	0´6 MJ	PE International
03			
Observaciones: Los cálculos de consumo del sistema de climatización se han realizado en tres escenarios, en el apartado 2.3.1 Calidad de datos se muestran los cálculos realizados para estas entradas. El escenario resultante más desfavorable, en cuanto a consumo de energía por el sistema, es de cálido, por ello todos los flujos entradas y salidas del inventario se refieren al uso del sistema en este escenario.			

Tabla 10: Etapa de fin de vida. Componentes utilizados en la reparación			
COMPONENTES			
id	Entradas	Valor y unidad	Base de datos y bibliografía
01	Lubricante	200gr	Nissan Almera manual

Tabla 10: Etapa de fin de vida. Componentes utilizados en la reparación

COMPONENTES			
02	Gas refrigerante	450gr	Nissan Almera manual
Observaciones: Los componentes son los necesarios para proceder a la reparación del gas refrigerante.			

Tabla 11: Residuos generados durante la fase de fin de vida.

RESIDUOS GENERADOS				
id	Salida	Valor y unidad	Base de datos y bibliografía	Tratamiento fin de vida
01	Gas sobrante	0.45 kg		
02	Lubricante	0.2 Kg		
Observaciones:				

Tabla 12: Emisiones al aire generadas durante el uso del sistema de climatización.

EMISIONES				
id	Salida	Valor y unidad	Base de datos y bibliografía	Tratamiento fin de vida
01	R134a	0.12Kg	Mnessota Polution Agency	
02	CO2	1138 Kg	PE International	
03	SO2	6.59 kG	PE International	
04	CO	insg		
Observaciones: Emisiones estimadas por la aplicación				

Fin de vida

La etapa de fin de vida comienza con el vehículo en el gestor. En esta fase entra como producto un sistema de climatización. Las entradas adicionales son relativas al uso de energía para los procesos de secado y triturado del vehículo.

Las salidas se refieren a los residuos extraídos, el fluido refrigerante y el agua con anticongelante. Se modelan los transportes de los residuos hasta el gestor.

Tabla 13: Etapa de montaje. Transporte de los residuos hasta su correspondiente gestor.				
TRANSPORTE				
id	Entradas	Valor y Unidad	Base de datos y bibliografía	
01	Gas refrigerante camión Madrid _Valladolid : 210km, 0.45kg	94. 5 km.kg	PE International	
02	Lubricante camión Madrid _Valladolid : 210km,0.2kg	42 km.kg	PE International	
03	Diesel	.012 Kgkg		
Observaciones: El transporte es relativo a la provisión de lubricante, gas refrigerante y elementos de unión .				
Tabla 14: Residuos generados durante la fase de fin de vida del sistema de climatización.				
RESIDUOS GENERADOS				
id	Salida	Valor y unidad	Base de datos y bibliografía	Tratamiento fin de vida
01	Lubricante	200gr	Nissan Almera manual	Gestor autorizado
02	Gas refrigerante	450gr	Nissan Almera manual	Gas refrigerante
03	Acero	63%		
04	Plástico	2.5%		
05	aluminio	7.3		
05	cobre	18		

Tabla 13: Etapa de montaje. Transporte de los residuos hasta su correspondiente gestor.

Tabla 15: Etapa de fin de vida. Transporte de residuos			
TRANSPORTE			
id	Entradas	Valor y Unidad	Base de datos y bibliografía
01	Residuos camión a gestor: 50km, 0.65kg	32. 5 km.kg	PE International
03	Diesel	Insg.	
Observaciones: El transporte es relativo a la gestión de materiales peligrosos y su deposición en gestor autorizado (50km)			

2.3.1 Calidad de los datos

La naturaleza de los datos recopilados en el inventario provienen de dos tipos de fuentes de información. Por un lado, para la obtención de pesos y debido a que no se ha podido conseguir piezas del Nissan Almera, se han extraído mediante mediciones que se han realizado sobre piezas y componentes de diversos sistemas de climatización de vehículos (Ford, Nissan y Renault) .En las tablas esta información se indica en las tablas de inventario como medición de campo.

En cuanto a la información disponible por parte de Nissan, se disponen de fichas técnicas y manuales de componentes del sistema de climatización.

Para los consumos de las máquinas y procesos para la elaboración de componentes, se han realizado consultas a empresas que aunque no son del sector de automoción, sí utilizan los mismos procesos de fabricación (mecanizado, estampación, plegado, etc) para fabricar sus productos.

En cuanto al transporte, y debido a que gran parte de los componentes se fabrican en Asia, para el modelado se ha decidido traer desde allí todos. Las distancias y consumos han sido estimados por el software GaBi.

Para determinar el consumo durante la etapa de uso del sistema de climatización se han realizados cálculos basado en la frecuencia de uso del subsistema de generación de frío. Se han establecido tres escenarios de uso para dividir esa frecuencia en tres magnitudes. Los datos de frecuencia de uso se han extraído de los estudios que se mencionan en las mismas tablas donde se muestran los datos calculados.

El escenario resultante más desfavorable, en cuanto a consumo de energía por el sistema, es el cálido. Por ello, todos los flujos de entradas y salidas del inventario se refieren al uso del sistema en este escenario.

FRIO		Fuente: RC Rijkeboer et all. 2002						
10 años	100.000 km	Tipo escenario	KM	Horas AC funcionamiento	consumo Compresor	consum o blower	TOTAL (kw/h)	MJ
	6,00%	escenario frío	6000	171,43	360,00	38,57	398,57	860,9
	11,00%	escenario templado	11000	314,29	660,00	70,71	730,71	1578,3
	33,00%	escenario cálido	33000	942,86	1980,00	212,14	2192,14	4735,0

Tabla 16. Cálculo del consumo eléctrico del sistema de frío

Para el uso del compresor se ha tomado datos del trabajo de Valerie M. Thoma "Appliance Energy Use in America's Second Home – The Automobile", Georgia Institute of Technology, en el que para un clima mediterráneo (California) miden el funcionamiento de compresor en vehículos convencionales obteniendo un 64% del tiempo de funcionamiento del mismo cuando la climatización esta activa. El escenario más desfavorable el cálido, cuyos datos de entrada y salida se muestran en la tabla de inventario.

En cuanto al fin de vida del producto, se disponen de datos de fabricantes de vehículos (Ford, SEAT, Volkswagen) al respecto de las cantidades que se consiguen recuperar en el sector de automoción, siendo estos datos los utilizados para el modelado en esta fase.

2.4 CÁLCULO DE LOS RESULTADOS

2.4.1 *Categoría CML 2001 dec 07 experts ikp / southern (caracterización)*

A continuación se analiza la carga ambiental que supone cada etapa en las distintas categorías de impacto. Se observa claramente en la figura 17 que la etapa de uso es la que contribuye a aumentar el impacto en todas las categorías. Contribuyendo con más del 90% en todas las categorías excepto en la de eutrofización, que está entorno al 85%.

Además de las fase de utilización, aunque en menor medida las fases de transporte y la de fabricación de componentes del subsistema aportan en todas las categorías de impacto.

Como singularidad, la fase del montaje del sistema en el vehículo, ya que aporta solo en la categoría de eutrofización. Por último en lo referente a la figura 17, la fase de descarte o fin de vida del sistema de refrigeración no tiene incidencia destacable en ninguna de las categorías estudiadas por CML 2001.

Se observa en la siguiente tabla, figura 18, apilando las fases por categorías de impacto estudiadas por CML 2001, que la categoría más afectada con gran diferencia es Global Warming Potencial, con el 93,4%, (el total es 16746) y que distinguiendo por fases del ciclo de vida, la fase de uso es la que más contribuye en esta categoría aportando 15652,50 (GWP 100 years) [kg CO₂-Equiv.]. Posteriormente la fase que más contribuye a esta categoría estudiada por CML 2001, es la de fabricación de componentes del subsistema frío (750 (GWP 100 years) [kg CO₂-Equiv.]) pero siguiendo muy de lejos el impacto de la fase de uso.

Si se elimina la fase de uso, para tener una idea más exacta de cómo colaboran las demás fases, figura 19, se observa en la tabla siguiente, que el los materiales y la producción del subsistema frío es la fase más preponderante con 571,39 (GWP 100 years) [kg CO₂-Equiv.], que representa el 3.4% del total. A continuación de ésta le

siguen la fase de transporte con 95 (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.] y la de uso del vehículo con 76 (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]

Si además se analiza dentro de los componentes del subsistema frío, cual de ellos es el que provoca mayor impacto dentro de esta categoría, se observa, figura 20, que el conjunto de cabina es el más perjudicial con 292 (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.] que equivale al 1.74%, seguido por el compresor con 177, el 1.05%, seguido pero ya de lejos por el condensador con 52 (GWP 100 years) [kg CO2-Equiv.]

Esto quiere decir que existen dos componentes, el conjunto de cabina y compresor, que aportan más que la suma de todos los demás en el impacto global de los componentes de l sistema de refrigeración del vehículo.

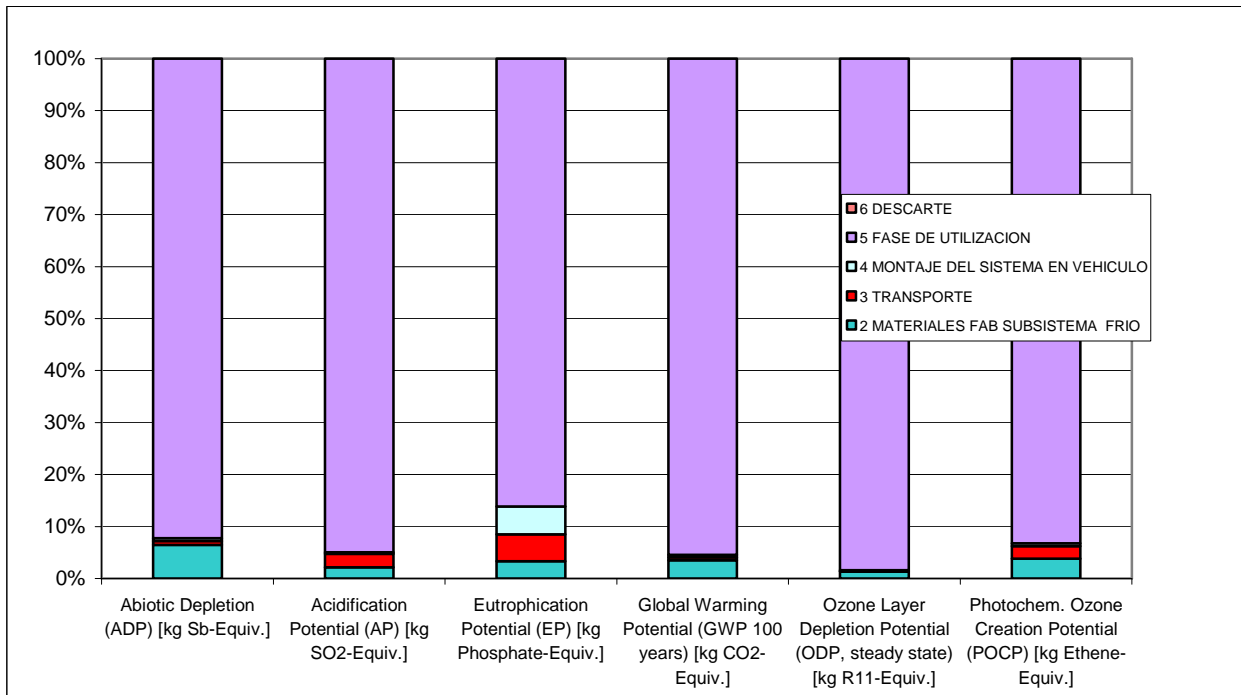


Figura 17: Caracterización del impacto asociado al ciclo de vida del sistema de climatización , por fases apiladas, metodología CML 2001 Dec07 Experts IKP / Southern Europe,

Como conclusión, puede observarse que para intentar introducir eco mejoras en el sistema de climatización del vehículo, éstas deberían estar orientadas a paliar la excesiva carga impacto que provoca la fase de uso de este sistema. Para ello, la principal tarea consistiría en rebajar el consumo energético en esta fase, ya que es el principal culpable que provoca la carga ambiental de la misma.

Por otro lado se han identificado dos componentes que aportan como la suma de los demás, el conjunto de cabina y el compresor. De los dos, en concreto la aportación del conjunto de cabina es casi el doble que la del compresor, por lo que se puede decir que se ha identificado un componente (y un material, el polipropileno) sobre el que actuar principalmente intentando introducir eco mejoras en su diseño o fabricación.

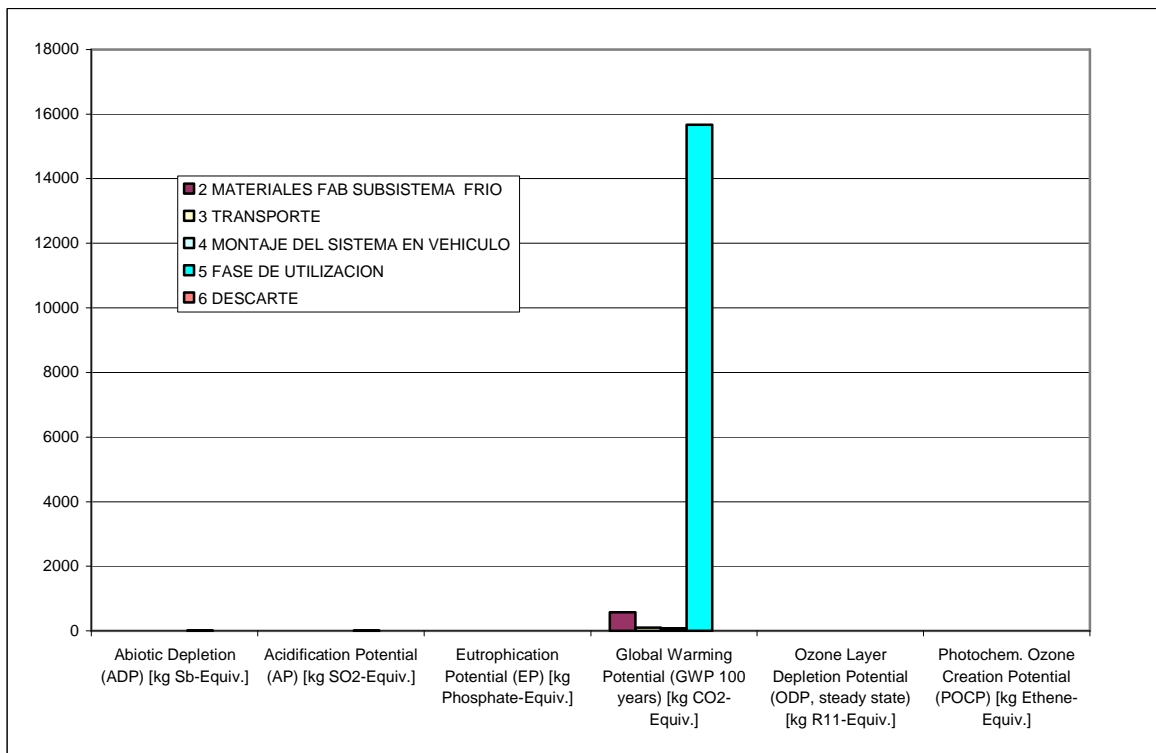


Figura 18: Caracterización del impacto, fases agrupadas, asociado al ciclo de vida del sistema de climatización . metodología CML 2001 Dec07 Experts IKP / Southern Europe,

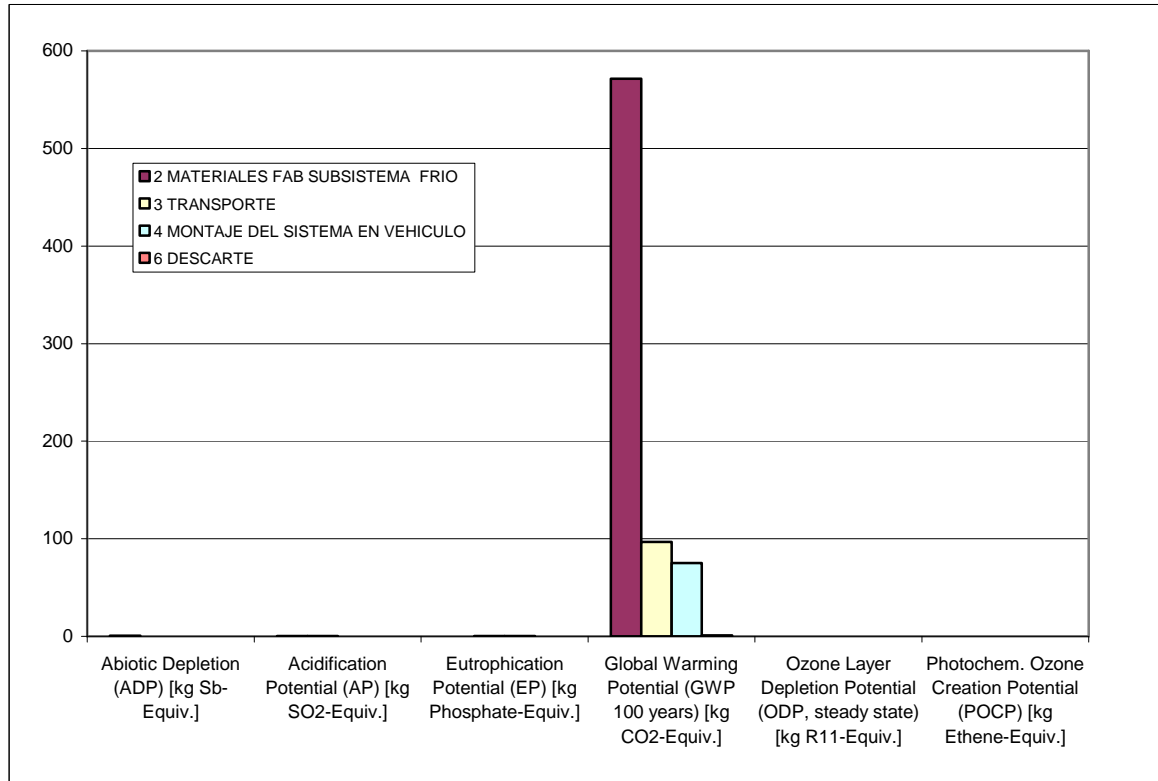


Figura 19: Caracterización del impacto, **fases agrupadas sin contar la de uso**, asociado al ciclo de vida del sistema de climatización . metodología CML 2001 Dec07 Experts IKP / Southern Europe,

Este componente es básicamente (aunque está conformado por más de sesenta piezas conectadas entre sí) un elemento fabricado casi en su totalidad en polipropileno, mediante inyección de plástico.

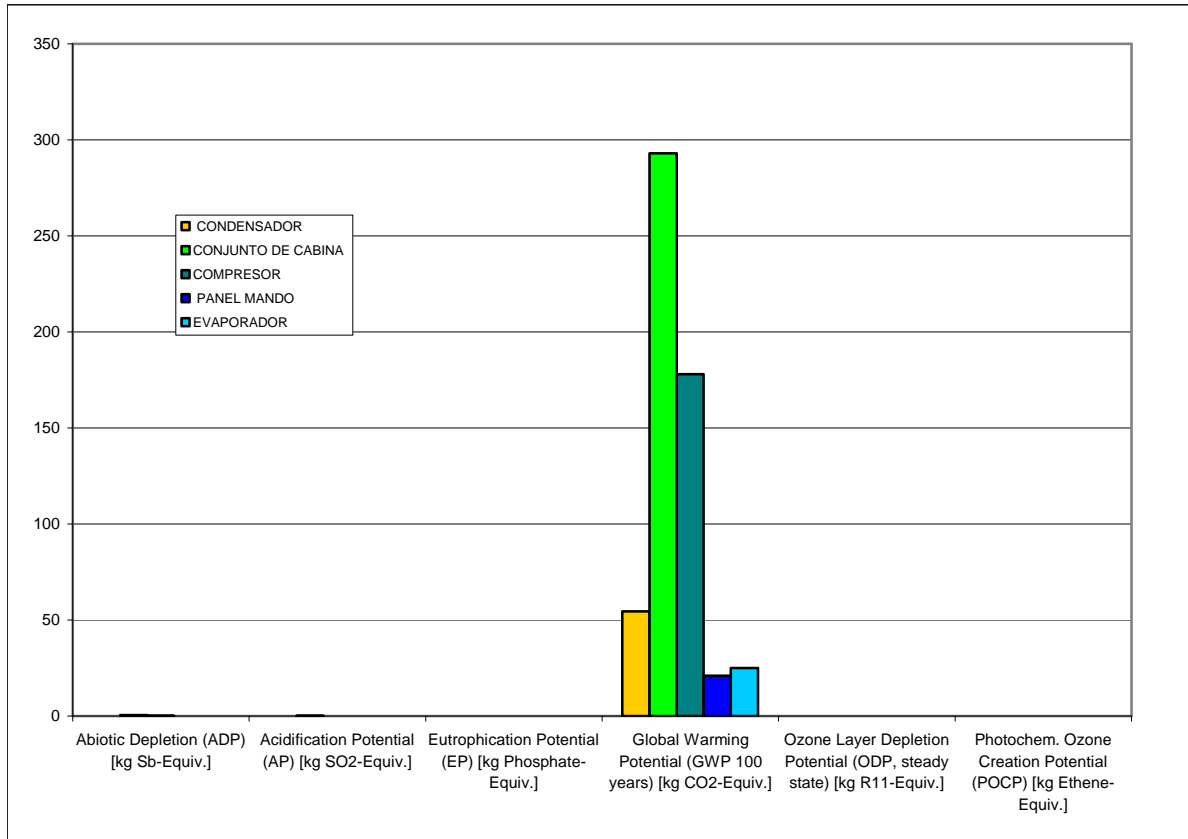


Figura 20: Caracterización del impacto, **componentes del sistema frío**, asociado al ciclo de vida del sistema de climatización . metodología CML 2001 Dec07 Experts IKP / Southern Europe,

2.4.2 *Calculo de los resultados de los indicadores de categoría CML 2000 baseline (Normalización)*

El siguiente proceso de simplificación al que se someten los resultados es la normalización. Se consigue calcular la contribución de cada categoría respecto al problema medioambiental local.

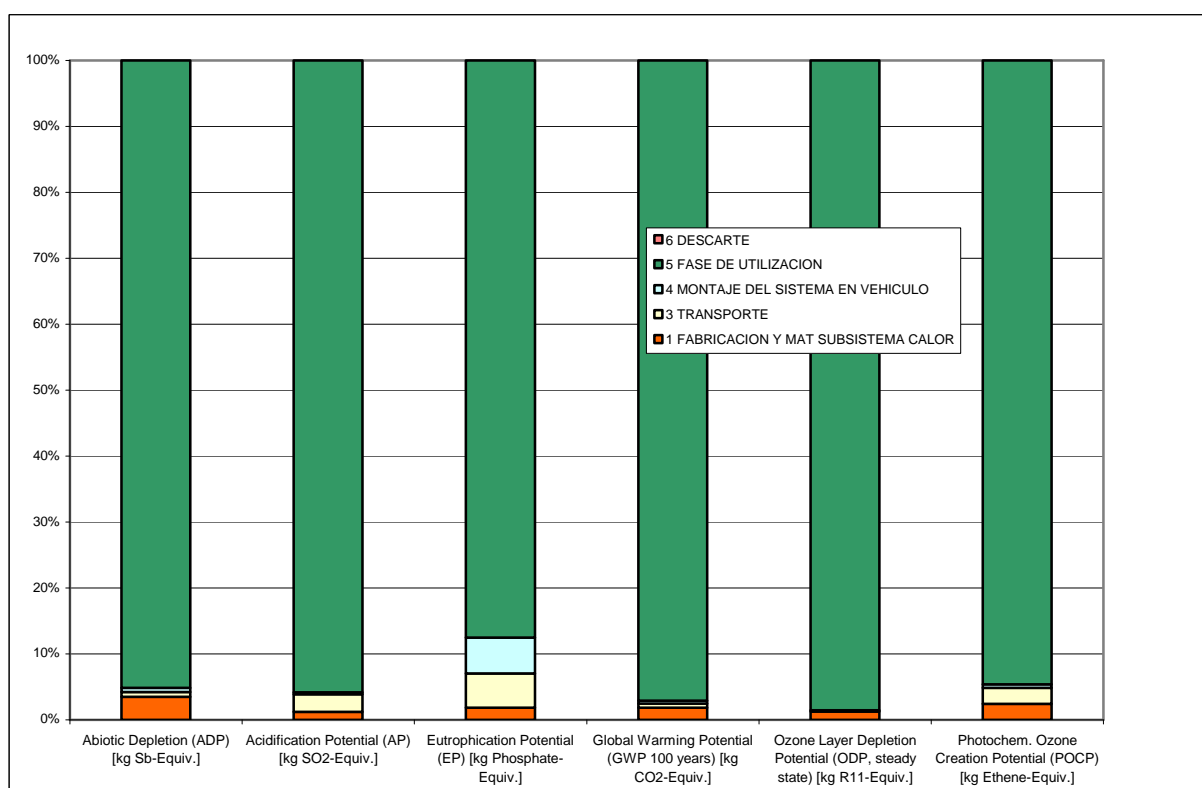


Figura 21: Normalización del impacto asociado al ciclo de vida del sistema de climatización , por fases apiladas, metodología CML 2001 Dec07 Experts IKP / Southern Europe

En la figura 21, tras la normalización se sigue apreciando cómo la fase de uso es la que mayor carga aporta a todas las categorías de impacto definidas en la CML 2001. Tras la normalización, no hay variaciones importantes en cuanto al aporte de cada fase resultante de la caracterización.

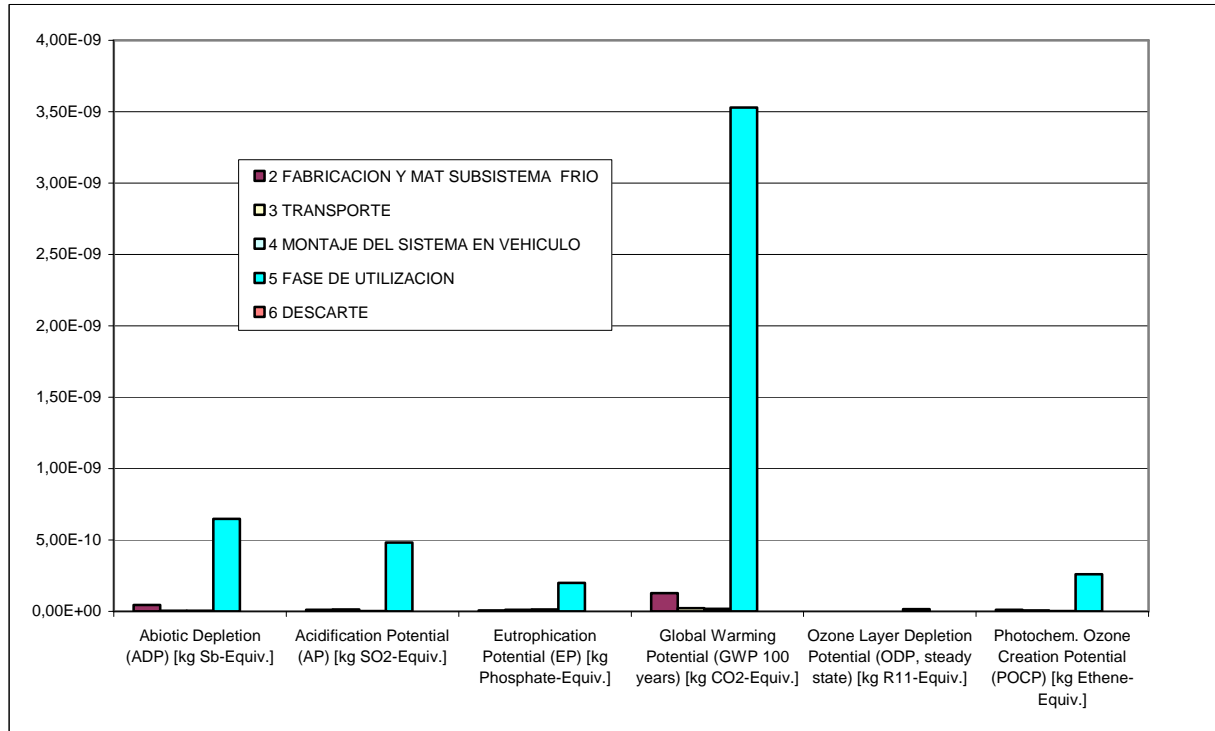


Figura 22: Normalización del impacto asociado al ciclo de vida del sistema de climatización , por fases agrupadas, metodología CML 2001 Dec07 Experts IKP / Southern Europe

En la figura 22 se analiza para cada categoría de impacto, la colaboración de las fases del ciclo de vida.

La fase de utilización vuelve a ser la más activa en la carga, seguida de la fabricación de los componentes del sistema. Por el contrario, el impacto correspondiente a la fase de descarte apenas aparece en el gráfico.

2.4.3 Interpretación

La conclusión más importante concierne al impacto ambiental producido por la cantidad de energía (combustible) consumida durante la fase de utilización, ya que de

todos los impactos, este es mucho mayor (alrededor de un orden de magnitud) que el resto de los impactos de las etapas del ciclo de vida del sistema de climatización.

Este hecho, hace que los impactos de las otras etapas sean mínimos comparados con esta. Evidentemente se deben buscarse soluciones que disminuyan el consumo de combustible (energía) manteniendo la capacidad de generar confort para el usuario del vehículo, y aumentar el rendimiento del sistema. Cualquier mejora en esta etapa supondrá grandes mejoras ambientales en comparación con mejoras en las demás etapas del ciclo de vida.

En lo que respecta a los materiales y fabricación de componentes, las líneas de actuación son diversas, como se indicó en la exposición de los resultados con la metodología CML 2001, el subsistema de generación de frío es el que mayor impacto provoca, y dentro de éste los componentes de conjunto de cabina y del compresor. Una pequeña mejora en ellos afectará significativamente al impacto global del sistema de climatización.

Las etapas de montaje y el transporte, aunque repercuten, lo hacen en menor manera pero no por ello hay que olvidarse de las mismas. Las mejoras en esta etapa pueden conseguirse mediante gestión de proveedores y cadena de suministro, y no necesitan en principio de rediseños del sistema o de materiales, aunque una reducción de peso afectaría sensiblemente.

En cuanto a las categorías de impacto el sistema de climatización hay tres que destacan, el consumo de los recursos combustibles fósiles, la categoría de cambio climático, la respiración de elementos inorgánicos, y el calentamiento global (según CML 2001). Todas ellas tienen un denominador u origen común, el consumo de energía (combustible) por parte del sistema de climatización. Por lo que se retorna a la misma conclusión que se expresaba cuando se exponían los impactos desde el punto de vista de las etapas de ciclo de vida, el factor más determinante es el consumo eléctrico.

2.4.4 *Estrategias de Ecodiseño*

Una vez conocido el impacto ambiental del sistema de climatización a lo largo de su ciclo de vida, se pueden intentar apuntar qué tipo de mejoras ambientales podrían llevarse a cabo, siempre encaminadas a minimizar el impacto ambiental. Las mejoras ambientales deben ir enfocadas a la reducción del impacto generado por la fase de uso. Principalmente el consumo de energía (combustible), y la eco mejora de uno de los dos componentes que mas carga generan, en este caso el conjunto de cabina.

La función principal del sistema eco mejorado debe ser igual que el de partida pero deberá tener un menor consumo energético (combustible) en su fase de utilización y un menor impacto en las categoría mas afectadas por el sistema de partida, el consumo de los recursos combustibles fósiles, la categoría de cambio climático, la respiración de elementos inorgánicos, y el calentamiento global (según CML 2001).

Uno de los componentes del sistema de climatización susceptibles de ser eco mejorado sería:

- El conjunto de cabina

Para analizar las posibles mejoras se pueden utilizar desde las **estrategias del Ecodiseño**, seleccionándose como estrategia más adecuadas para este componente las siguientes el "Uso de materiales de bajo impacto en el conjunto de cabina".

2.4.5 Conclusiones

Se ha analizando el sistema de climatización de un vehículo convencional utilizando la metodología CML 2001. Se han inventariado los consumos de materias primas, de energía, los residuos sólidos, las emisiones y vertidos, para cuantificar los impactos atribuibles a la unidad funcional definida, y siempre dentro de los límites establecidos del sistema para el desarrollo del trabajo.

Posteriormente se han evaluado, caracterizado y normalizado los impactos para cada una de las categorías definidas por metodología CML 2001, según las fases del ciclo de vida del producto y los componentes que conforman el sistema.

Los resultados que se desprenden del análisis indican que:

- La fase del ciclo de vida que más aporta a cada una de las categorías analizadas es la fase de uso, seguida de la fabricación de los componentes del sistema de climatización.
- A pesar de que los componentes se fabrican en Asia, y para su montaje deben ser transportados hasta Europa, utilizando transporte marítimo y terrestre, la fase de transporte no supera a la de uso ni a la de fabricación de componentes en las categorías analizadas.
- La fase de descarte a penas colabora, comparada con las restantes, en los impactos evaluados en las categorías estudiadas.
- La fase de montaje del sistema en el vehículo tiene un aporte intermedio comparado con las demás fases, menor que la fase de uso y la de fabricación de componentes, pero al contrario que éstas sólo afecta en particular a una categoría, la de eutrofización.
- Dentro de la fase de uso, el factor determinante que hace que ésta sea la que mas aporta al impacto de cada categoría es el consumo energético del sistema

de climatización. Este consumo energético se refiere al consumo adicional de combustible del vehículo que se produce cuando se conecta el sistema de climatización del mismo.

- Analizando la fase de fabricación de componentes, los dos componentes del sistema que más carga aportan a las categorías de impacto son el compresor y el conjunto de cabina, seguidos aunque muy de lejos por el condensador y el evaporador.
- El conjunto de cabina tiene un impacto relevante debido al material de que está elaborado, polipropileno, no encontrándose este con cantidades apreciables de material reciclado, por lo que el proceso de fabricación del material es el culpable del aporte del conjunto de cabina al impacto global del sistema de climatización.
- Otro de los componentes de elevada carga ambiental es el compresor, en gran medida por el material (mayoritariamente acero, aluminio y cobre) y por el complejo proceso de fabricación necesario para su producción.

Por último, como posibles medidas que habría que analizar muy en profundidad para intentar disminuir el impacto ambiental del sistema de climatización del vehículo, en base a los resultados obtenidos en este análisis de ciclo de vida serían:

- La sustitución del material termoplástico (polipropileno) del componente "Conjunto de Cabina" por otro material, que no tiene por qué ser plástico, pero sí debe tener menor impacto.
- La introducción de elementos en el vehículo (como por ejemplo materiales aislantes) que consigan la disminución del consumo energético del sistema de climatización.
- Para reducir el consumo también se podría acentuar la tecnología en compresores de bajo consumo, o evaporadores que aprovechan la presión el gas refrigerante.

3 FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA

- Life Cycle Inventory for the Golf A4. Georg W. Schweimer. Research, Environment and Transport, Volkswagen AG, Wolfsburg. Marcel Levin. Center of Environmental Systems Research, University of Kassel
- Proposal for a Vehicle Level Test Procedure to Measure Air Conditioning Fuel Use. Preprint J. Rugh. National Renewable Energy Laboratory, To be presented at SAE 2010 World Congress. Detroit, Michigan, April 13-15, 2010
- Impact of Vehicle Air- Conditioning on Fuel Economy, Tailpipe Emissions, and Electric Vehicle Range, Preprint, September 2000 . NREL/CP-540-28960, R. Farrington and J. Rugh To Be Presented at the Earth Technologies, Forum Washington, D.C. October 31, 2000.
- Inventario del ciclo de vida del SEAT Leon, Dr. Georg w. Schweimer, Arne RoBberg, VOLKSWAGEN AG, Centro técnico, SEAT S.A., Martorell.
- Inventario del ciclo de vida del SEAT Ibiza Dr. Georg W. Schweimer, Thomas 8ambl, Heiko Wolfram, VOLKSWAGEN AG, Centro técnico, SEAT S.A., Martorell VOLKSWAGEN AG, Salzgitter.
- García Molina, Miguel Ángel. Situación y perspectivas del reciclado de vehículos y sus elementos. Residuos; revista técnica;13(70):58-65, ene.-feb. 2003.
- Schmidt W, Dahlqvist E, Finkbeiner M, Krinke S, Lazzari S, Oschmann D, Pichon S, Thiel C (2004): Life Cycle Assessment of Lightweight and End-of-Life Scenarios for Generic Compact Class Passenger Vehicles. Int J LCA 9 (6) 405–416
- Resumen ejecutivo de la prueba de medición de los niveles de recuperación de VFUs 2009-2011. SIGRAUTO. 2011.
- Memoria 2010. SIGRAUTO.

- Plan Integral de Residuos de la Comunitat Valenciana 2010, Vehículos al final de su vida útil. Dirección General para el Cambio Climático de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana.
- España. Real Decreto 1383/2002, de 20 de diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil.
- España. Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Objetivo: La recuperación total de los Vehículos fuera de Uso. FER, OFICEMEN, SIGRAUTO. Disponible en www.autocemento.es.
- Assessment and Standards Division Office of Transportation and Air Quality U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Final Rulemaking to Establish Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards. Regulatory Impact Analysis. EPA-420-R-10-009. April 2010.
- Coralie Cooper, NESCCAF, Northeast State Center for a Clean Air Future. Reducing greenhouse gas emissions from light- Duty Motor Vehicles. Appendix D: Vehicle Air Conditioning. September, 2004.
- IPCC/TEAP- Bert Metz, Lambert Kuijpers, Susan Solomon, Stephen O. Andersen, Ogunlade Davidson, José Pons, David de Jager, Tahl Kestin, Martin Manning, and Leo Meyer. Special Report: Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System. Chapter 6: Mobile air conditioning. Geneva, Switzerland, 2005
- Fischer, S. K. Comparison of Global Warming Impacts of Automobile Air-Conditioning Concepts. Presented at 1995 International CFC and Halons Alternative Conference, Washington, D.C, 1995.
- Minnesota Pollution Control Agency, Mobile Air Conditioner Leakage Rates, Report Form: (aq-mvp2-29a).Model year 2012 leakage rate list by manufacturer. State of Minnesota; August, 2011.

- Nissan Almera Service Manual HVAC, Ventilation, heater and air conditioner. Section HA Heater and Air Conditioning System. Revision: November 2010.
- Richard “Barney” Carlson, Matthew G. Shirk, Benjamin M. Geller. Factors Affecting the Fuel Consumption of Plug-In Hybrid Electric Vehicles. 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium and Exhibition, November 2010.
- R.C. Rijkeboer, N.L.J. Gense, R.J. Vermeulen. Options to integrate the use of mobile airconditioning systems and auxiliary heaters into the emission type approval test and the fuel consumption test for passenger cars (M1 vehicles). Final report. TNO report 02.OR.VM.074.1/NG, September 2002.
- R. Farrington and J. Rugh, 2000.. Impact of Vehicle Air Conditioning on Fuel Economy, Tailpipe Emissions, and Electric Vehicle Range. Retrieved June 3, 2000.
- Sand, J. R.; Fischer, S. K. Total Environmental Warming Impact (TEWI) Calculations for Alternative Automotive Air-Conditioning Systems. Presented at 1997 SAE International Congress, Detroit, Michigan, 1997.

4 ACTA DE VALORACIÓN



VALORACIÓN DE PROYECTO

CURSO: MASTER PROFESIONAL EN INGENIERÍA Y GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL, EDIC.2010-11

Table with 2 columns: Field (TÍTULO DEL PROYECTO, ALUMNO, TUTOR) and Value (ACV DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE UN VEHÍCULO, Luis Carlos González Valencia, Mª Cristina Becerra Villanueva)

VALORACIÓN DEL PROYECTO:

1. GRADO DE PARTICIPACIÓN DEL ALUMNO

- Radio buttons for participation levels: ALTO GRADO DE PARTICIPACIÓN E IMPLICACIÓN (checked), DEDICACIÓN NORMAL, SIN EXCESIVO ESFUERZO, BAJA DEDICACIÓN, POCO ESFUERZO

2. APLICACIÓN REAL A UNA EMPRESA

- Radio buttons for application level: ALTA (checked), NORMAL, BAJA

3. LOS OBJETIVOS INICIALES DEL PROYECTO:

- Radio buttons for objective status: SE HAN CUMPLIDO (checked), SE HAN IDO ADAPTANDO A LAS CIRCUNSTANCIAS, NO SE HAN ALCANZADO

4. LA CALIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO ES:

- Radio buttons for technical quality: ALTA (checked), NORMAL, BAJA

5. LA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO Y LA DOCUMENTACIÓN ANEXA ES:

- Radio buttons for presentation: BUENA (checked), NORMAL, NO ADECUADA

6. LA CALIFICACIÓN QUE UD. LE DA AL PROYECTO ENTRE 0 Y 10 PUNTOS ES DE: _9_ PUNTOS.

7. OBSERVACIONES:

Handwritten signature of the tutor

Fdo: El Tutor

Fdo: El Director del Curso

VALORACIÓN DE PROYECTO

CURSO: MASTER PROFESIONAL EN INGENIERÍA Y GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL, EDIC.2010-11

TÍTULO DEL PROYECTO	ACV DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE UN VEHÍCULO.
ALUMNO	Luis Carlos González Valencia
TUTOR	M ^a Cristina Becerra Villanueva

VALORACIÓN DEL PROYECTO:

1. GRADO DE PARTICIPACIÓN DEL ALUMNO

- ALTO GRADO DE PARTICIPACIÓN E IMPLICACIÓN
- DEDICACIÓN NORMAL, SIN EXCESIVO ESFUERZO
- BAJA DEDICACIÓN, POCO ESFUERZO

2. APLICACIÓN REAL A UNA EMPRESA

ALTA NORMAL BAJA

3. LOS OBJETIVOS INICIALES DEL PROYECTO:

- SE HAN CUMPLIDO
- SE HAN IDO ADAPTANDO A LAS CIRCUNSTANCIAS
- NO SE HAN ALCANZADO

4. LA CALIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO ES:

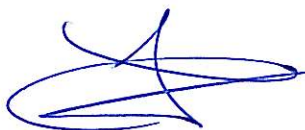
ALTA NORMAL BAJA

5. LA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO Y LA DOCUMENTACIÓN ANEXA ES:

BUENA NORMAL NO ADECUADA

6. LA CALIFICACIÓN QUE UD. LE DA AL PROYECTO ENTRE 0 Y 10 PUNTOS ES DE: 9 PUNTOS.

7. OBSERVACIONES:



Fdo: El Tutor

Fdo: El Director del Curso