



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



## **ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE UN SUAVIZANTE PARA EL LAVADO DE ROPA**

Autor. Ing. Michael Lerch

Tutor: Dr. Edilberto Guevara Pérez

Valencia, Mayo 2014





UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



## **ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE UN SUAVIZANTE PARA EL LAVADO DE ROPA**

Autor. Ing. Michael Lerch

Trabajo de grado presentado ante el Área  
de Estudios de Postgrado de la  
Universidad de Carabobo para optar al  
Título de Magíster en Ingeniería Ambiental

Valencia, Mayo 2014





UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



ACTA DE APROBACION DEL PROYECTO DE  
TRABAJO DE GRADO

Por medio de la presente hacemos constar que el Proyecto de Trabajo de Grado titulado: "ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE UN SUAVIZANTE PARA EL LAVADO DE ROPA" presentado por el ciudadano: Michael Lerch, alumno regular del Programa de Maestría en INGENIERIA AMBIENTAL, reúne los requisitos exigidos para la inscripción.

El Prof. Edilberto Guevara, aceptó la tutoría de este Trabajo, según Constancia anexa.

En Valencia, a los veintiún días del mes de enero del año Dos mil Trece.

Por la Comisión Coordinadora:

Prof. Judith de Fuentes  
Jefe del Programa

Prof. Auxilio Mallia  
Miembro



Prof. Edilberto Guevara  
Miembro



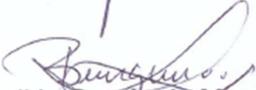
UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
ÁREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRÍA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



### VEREDICTO

Nosotros, Miembros del Jurado designado para la evaluación del Trabajo de Grado titulado: ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE UN SUAVIZANTE PARA EL LAVADO DE ROPA presentado por: ING. MICHAEL LERCH SVISTUNOV para optar al Título de MAGÍSTER EN INGENIERÍA AMBIENTAL, estimamos que el mismo reúne los requisitos para ser considerado como: APROBADO.

  
Adriana Márquez (Pdta.)  
C.I. 12.604.007

  
Belkis García de Monsalve  
C.I. 5.378.070

  
Tony Espinoza  
C.I. 12.035.611

Valencia, Mayo 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

- A LERCH Y LERCH DISTRIBUCIONES, C.A. y a PRODUCTOS MARY, C.A., por abrirme las puertas de sus empresas y brindarme todo el apoyo y ayuda posibles para la realización de esta investigación.
- A todo el personal de ambas empresas que de una u otra manera muy amablemente me ayudaron a conseguir toda la información para el presente trabajo.
- A mi esposa, por todo el apoyo que me brindó mientras desarrollaba este trabajo especial de grado.
- A toda mi familia, en especial a mi abuelo, que me alentaron y me dieron ánimos para continuar en los momentos más duros y difíciles.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
INTRODUCCIÓN.....	12
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>14</b>
<b>EL PROBLEMA</b> .....	<b>14</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.5. ALCANCE Y DELIMITACIONES.....	18
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>20</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
2.1. ANTECEDENTES .....	20
2.2. BASES TEÓRICAS .....	24
2.2.1. Análisis de ciclo de vida.....	24
2.2.2. Fases de un análisis de ciclo de vida.....	26
2.2.3. Análisis de ciclo de vida simplificado .....	37
2.2.4. Eco-Indicador 99 .....	40
2.2.5. Suavizante textil .....	46
2.2.6. Polietileno .....	52
2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	58
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>61</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>61</b>
3.1.- Tipo de investigación .....	61
3.2.- Diseño de la investigación .....	61

3.3.- Descripción metodológica.....	62
Fase I: Revisión bibliográfica y reconocimiento del sistema .....	62
Fase II: Determinación del inventario del ciclo de vida.....	62
Fase III: Evaluación del impacto ambiental con el Eco-Indicador 99..	66
Fase IV: Análisis del ciclo de vida y proposición de mejoras .....	67
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>69</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>69</b>
4.1. INFORME DEL ACV .....	69
4.1.1. FASE I: Definición del objetivo y alcance del estudio.....	69
I.1. Objetivo del estudio.....	69
I.2. Alcance del estudio .....	70
4.1.2. FASE II: Análisis del inventario de ciclo de vida (ICV). .....	82
II.1. Procedimiento de recopilación de datos .....	82
II.2. Procedimientos de cálculo .....	85
II.3. Cálculo del inventario.....	89
II.4. Inventario de ciclo de vida (ICV).....	91
4.1.3. FASE III: Evaluación de impacto ambiental (EICV).....	106
III.1. Procedimiento de recopilación de datos Eco Indicador 99.	106
III.2. Cálculo de la carga ambiental. ....	108
4.1.4. FASE IV: Interpretación del ciclo de vida. ....	110
IV.1. Evaluación de la calidad de los datos .....	110
IV.2. Identificación de asuntos significativos.....	111
IV.2.1. Identificación de flujos significativos.....	111
IV.2.2. Análisis de contribución.....	112
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>143</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>143</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>145</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>146</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>150</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ciclo de vida de un producto.....	25
Figura 2.2. Fases de un ACV.....	27
Figura 2.3. Diagrama de flujo del análisis de inventario de ciclo de vida	33
Figura 2.4. Elementos de la fase de EICV.....	34
Figura 2.5. Ciclo de vida de un producto.....	36
Figura 2.6. Representación esquemática de los métodos de eliminación de residuos e interacciones.....	45
Figura 2.7. Estructura del polietileno.....	53
Figura 2.8. Diagrama de bloques del proceso de manufactura del suavizante y del envase de polietileno.....	57
Figura 4.1. Ciclo de vida del suavizante de ropa en galones.....	74
Figura 4.2. Consumo eléctrico de cada proceso unitario.....	113
Figura 4.3. Consumo de petróleo de cada proceso unitario.....	115
Figura 4.4. Consumo de petróleo de cada etapa del ciclo de vida.....	115
Figura 4.5. Consumo de gas de cada proceso unitario.....	116
Figura 4.6. Consumo de gas de cada etapa del ciclo de vida.....	117
Figura 4.7. Valor del Eco-Indicador 99 para la categoría daño al recurso para cada proceso unitario.....	118
Figura 4.8. Valor del Eco-Indicador 99 para la categoría daño al recurso para cada etapa del ciclo de vida.....	119
Figura 4.9. Emisión de CO <sub>2</sub> de cada proceso unitario.....	121
Figura 4.10. Emisión de CO <sub>2</sub> de cada etapa del ciclo de vida.....	121
Figura 4.11. Emisión de NO <sub>x</sub> de cada proceso unitario.....	123
Figura 4.12. Emisión de NO <sub>x</sub> de cada etapa del ciclo de vida.....	124
Figura 4.13. Emisión de SO <sub>x</sub> de cada proceso unitario.....	126
Figura 4.14. Emisión de SO <sub>x</sub> de cada etapa del ciclo de vida.....	126
Figura 4.15. Valor del Eco-Indicador 99 para la categoría daño a la calidad del ecosistema para cada proceso unitario.....	128

Figura 4.16. Valor del Eco-Indicador 99 para la categoría daño a la calidad del ecosistema para cada etapa del ciclo de vida.....	<b>129</b>
Figura 4.17. Valor del Eco-Indicador 99 para la categoría daño a la salud humana para cada proceso unitario.....	<b>131</b>
Figura 4.18. Valor del Eco-Indicador 99 para la categoría daño a la salud humana para cada etapa del ciclo de vida.....	<b>133</b>
Figura 4.19. Valor de las emisiones significativas generadas en cada etapa del ciclo de vida.	<b>133</b>
Figura 4.20. Valores de cada categoría de carga ambiental para cada etapa del ciclo de vida.....	<b>135</b>
Figura 4.21. Valor total del Eco-Indicador 99 para cada proceso unitario del ciclo de vida.....	<b>138</b>
Figura 4.22. Valor total del Eco-Indicador 99 para cada etapa del ciclo de vida.....	<b>139</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Comparación entre ACV completo y simplificado.....	<b>39</b>
Tabla 4.1. Elementos del flujo de referencia.....	<b>72</b>
Tabla 4.2. Densidad y poder calorífico de algunos combustibles.....	<b>77</b>
Tabla 4.3. Consumo eléctrico para fabricar 52 galones.....	<b>86</b>
Tabla 4.4. Consumo eléctrico para fabricar un lote de suavizante.....	<b>86</b>
Tabla 4.5. Productos de la refinación del petróleo crudo.....	<b>88</b>
Tabla 4.6. Valores relacionados con la unidad funcional para cada proceso unitario.....	<b>89</b>
Tabla 4.7. Inventario de ciclo de vida.....	<b>91</b>
Tabla 4.7. Inventario de ciclo de vida (Continuación).....	<b>94</b>
Tabla 4.7. Inventario de ciclo de vida (Continuación).....	<b>97</b>
Tabla 4.7. Inventario de ciclo de vida (Continuación).....	<b>100</b>
Tabla 4.7. Inventario de ciclo de vida (Continuación).....	<b>103</b>
Tabla 4.8. Parámetros de caracterización de la categoría daño a la salud humana.....	<b>106</b>
Tabla 4.9. Parámetros de caracterización de la categoría daño a la calidad del ecosistema.....	<b>107</b>
Tabla 4.10. Parámetros de caracterización de la categoría daño a los recursos.....	<b>108</b>
Tabla 4.11. Carga ambiental de cada proceso unitario.....	<b>109</b>
Tabla 4.12. Identificación de los flujos significativos.....	<b>111</b>
Tabla 4.13. Cantidad total de los flujos significativos.....	<b>124</b>
Tabla 4.14 Contribución relativa dentro de la categoría de daño a la salud humana de cada etapa del ciclo de vida.....	<b>136</b>
Tabla 4.15 Contribución relativa dentro de la categoría de daño a la calidad del ecosistema de cada etapa del ciclo de vida.....	<b>136</b>
Tabla 4.16 Contribución relativa dentro de la categoría de daño a los recursos de cada etapa del ciclo de vida.....	<b>137</b>
Tabla 4.17. Residuos y desechos generados en ambas fábricas.....	<b>142</b>

## RESUMEN

### ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE UN SUAVIZANTE PARA EL LAVADO DE ROPA.

Autor: Ing. Michael Lerch

Tutor: Dr. Edilberto Guevara Pérez

Valencia Mayo 2014

La manera de hacer que un producto sea más “eco-eficiente” es analizando su ciclo de vida. En este caso, se planteó estudiar el ciclo de vida simplificado de un “suavizante para el lavado de ropa” producido en una microempresa ubicada en Valencia, evaluando el sistema producto desde “la cuna a la tumba”, de manera de identificar los puntos críticos, haciendo especial énfasis en el consumo de energía, materiales y las emisiones atmosféricas generadas.

Para esto se utilizó la metodología de la norma ISO 14040:2006; primero se modeló el sistema producto, estableciendo claramente el objetivo del estudio, el alcance y los límites del sistema. Luego se construyó la tabla de inventario de ciclo de vida con los datos de las entradas y salidas de todos los procesos unitarios. Seguidamente la evaluación de impactos ambientales, se realizó con la metodología de carga ambiental del Eco-Indicador 99. Los valores estándar del indicador se relacionaron con los datos del inventario, obteniendo así la carga ambiental de cada proceso unitario y de cada etapa del ciclo de vida. Luego, con un criterio de corte de 0,05% de carga ambiental total, se identificaron los flujos significativos, dando como resultado para los recursos, el gas natural y el petróleo, y para las emisiones el CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>.

Al realizar el análisis de contribución de las emisiones, se obtuvieron 14,60 kg de CO<sub>2</sub>, 0,0329 kg de SO<sub>x</sub> y 0,0813 kg de NO<sub>x</sub>, siendo las etapas más relevantes son la refinación de gas natural, manufactura del suavizante y transporte de materias primas. Mientras que en el análisis de cargas ambientales, se obtuvo que la mayor carga ambiental está en la etapa de manufactura del suavizante con 3,59 Pt, 63,79 % del total, seguida por la etapa de transporte de materias primas con 1,46 Pt, 29,50 % del total.

**Palabras claves:** Ciclo de vida, suavizante de ropa, envase de polietileno, Eco-Indicador 99, análisis de ciclo de vida, carga ambiental.

## INTRODUCCIÓN

La fabricación o manufactura de cualquier producto lleva asociada siempre una carga ambiental, pero no fue sino a partir de la década de los sesenta que la gente, tanto productores como consumidores, empezaron a preocuparse por que los productos y procesos productivos fuesen menos dañinos para el medio ambiente y para la salud humana. Para lograr un producto o proceso más “eco-eficiente”, en los años noventa se desarrolló la metodología del análisis de ciclo de vida, la cual es una herramienta sistemática y objetiva que evalúa todo lo que interfiere de manera directa o indirecta en un proceso productivo, desde la extracción de materias primas, pasando por el transporte, uso de materiales y energía para su transformación y uso, hasta la disposición final del producto como residuo o desecho, lo que se conoce como “de la cuna a la tumba”.

Actualmente existen numerosos problemas ambientales en la cuenca del lago de Valencia relacionados con exceso de basura en los vertederos, smog y contaminación del lago y sus afluentes, sumado a esto, hay leyes ambientales que las empresas deben cumplir, además de cumplir los lineamientos ambientales internos de cada organización, todo esto obliga a las organizaciones a evaluar constantemente sus procesos para tomar decisiones en torno a cómo disminuir las cargas ambientales de sus productos o servicios, lo cual las llevaría no solo a un proceso más eco-eficiente, sino que también traería beneficios económicos para la empresa y beneficios sociales para las personas que se vean afectadas de alguna manera con la actividad de la empresa; y una de las mejores maneras de lograr una buena decisión es aplicando un análisis de ciclo de vida.

Es por ello que en la presente investigación se realizó un análisis de ciclo de vida del producto suavizante de ropa, fabricado por una pequeña empresa ubicada en la ciudad de Valencia, Venezuela. Se realizó utilizando la metodología sugerida por las normas ISO 14040:2006 “Gestión ambiental – Análisis de ciclo de vida – Marco y principios” e ISO 14044:2006 “Gestión ambiental - Análisis de ciclo de vida – Lineamientos y requerimientos”. Primero se realizó una revisión bibliográfica sobre la teoría del ciclo de vida y la evaluación de cargas ambientales, se describió el proceso productivo del producto a estudiar dentro de las empresas junto con todo lo que podía afectar su ciclo de vida y se dividió en etapas, se limitó desde la extracción de materia prima hasta la distribución del suavizante terminado. Luego se determinó el inventario de todo el ciclo de vida, se contabilizaron las entradas energéticas y materiales al sistema, así como también las salidas en forma de emisiones, desperdicios, productos terminados y productos intermedios. Con los datos del inventario y utilizando la base de datos del Eco indicador 99 de la Universidad Tecnológica de Chalmers en Suecia, se calcularon las cargas ambientales para el uso del petróleo y gas natural como energía y las supuestas por las emisiones atmosféricas generadas en el ciclo de vida. Analizando los resultados se identifican los puntos o procesos críticos del sistema y se proponen mejoras para que la fabricación del suavizante sea más eco-eficiente.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A partir del siglo XIX, con la llegada de la revolución industrial y la producción en masa, el parque industrial mundial ha aumentado continuamente, esto trajo como consecuencia un incremento en el consumo de los recursos naturales y energía, además de la generación de una cantidad de desechos, efluentes y emisiones que son depositados en el medio ambiente, contaminando y destruyendo los ecosistemas.

En la actualidad, dos siglos después de la llamada revolución industrial, con una población mundial que sobrepasa los siete millardos de personas (ONU, 2011) y con un parque industrial aumentando a un ritmo de 5% anual (Banco Mundial, 2008), el medio ambiente está cada día más deteriorado, los niveles de CO<sub>2</sub> aumentan cada año a un ritmo promedio de 0,5%, la contaminación de las reservas de agua dulce es cada vez más significativa y la basura es cada día un problema mayor.

En lo que respecta a Venezuela, cuenta con una población que supera las 27 millones de personas (INE, 2011), produce 6,07 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> per cápita por año y unos 0,8 Kg de basura per cápita (Banco Mundial, 2008), lo cual está contaminando las reservas de agua, el aire y los suelos.

Particularmente en la cuenca del lago de Valencia, existe una situación delicada en lo que a contaminación refiere. En el caso del agua, por ser una cuenca endorreica, los contaminantes vertidos en los ríos se acumulan en el lago de Valencia. Por lo antes expuesto, el gobierno nacional promulgó en el año 1999 el decreto 3219 “Normas para la clasificación y control de calidad de las aguas de la Cuenca del Lago de Valencia”, que controlan los vertidos de las empresas en dicha cuenca.

También con los vertederos de la zona, como son los casos de La Guásima y El Tigre que están casi a su máxima capacidad y donde sólo se recicla el 2% del total del plástico que se desecha (Vitalis, 2009), material que se utiliza para el envasado de productos de limpieza e higiene personal; y en lo que respecta a la contaminación del aire, por ser Valencia la ciudad donde más zonas industriales hay en el país, la calidad del aire ha disminuido considerablemente en los últimos años.

En el año 2009, surge una empresa dedicada a la fabricación de productos de limpieza, entre sus productos destaca el suavizante de ropa, el cual es uno de los productos de limpieza más utilizado en el país, ya que ofrece ventajas al proceso de lavado y planchado de la ropa, dándole volumen, suavidad al tacto y facilidad al planchado, lo cual se traduce en un ahorro de energía y tiempo, pero debido a los problemas de contaminación mencionados anteriormente, es importante que la industria cuide sus procesos para que el producto resultante no sólo cumpla con los estándares del cliente, sino que a su vez sea eco-eficiente, generando el menor grado y número de impactos ambientales a lo largo de toda su vida.

La empresa fabrica suavizante de ropa por lotes, utilizando dos etapas claramente marcadas, un precalentamiento de una fracción del agua con una estufa que funciona con gas natural, y una etapa de mezclado donde se utiliza una máquina mezcladora eléctrica, para luego proceder a envasar el producto en galones de polietileno de alta densidad y realizar el lavado de todos los implementos utilizados para volver a comenzar otro lote. Esto genera emisiones de CO<sub>2</sub>, efluentes líquidos, desechos sólidos y consumo de energía.

Por las problemáticas existentes en la cuenca del lago de Valencia y cumpliendo con el compromiso ambiental que la empresa tiene, surge la necesidad de analizar el ciclo de vida del suavizante de ropa, ya que este tipo de estudio permitirá establecer las bases para diseñar los cambios y modificaciones necesarias para alcanzar una producción más limpia, así como una mejora en el desempeño ambiental de este producto a lo largo de su ciclo de vida.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo se puede mejorar un proceso de fabricación para disminuir los elementos de entrada y de salida a lo largo de todo el ciclo de vida de un suavizante de ropa, de manera de disminuir los impactos ambientales potenciales que estos generan?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo General:**

Analizar el ciclo de vida (ACV) de un suavizante para el lavado de ropa con el fin de establecer mejoras en el proceso de fabricación, mediante la aplicación de los lineamientos descritos en la norma ISO 14044:2006.

#### **Objetivos específicos:**

1. Describir los flujos de materia y energía del proceso productivo para la obtención de las entradas y salidas del sistema.
2. Calcular el inventario del ciclo de vida del producto.
3. Evaluar la carga ambiental generada en cada una de las etapas del sistema estudiado mediante la metodología del Eco-indicador 99.
4. Analizar la contribución de los flujos significativos del sistema.
5. Proponer mejoras en el sistema para disminuir los impactos ambientales generados.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

En el ámbito ambiental, la presente investigación arrojará los resultados necesarios que serán utilizados para la generación de propuestas para modificar y hacer el proceso de fabricación más eco-eficiente, y contribuyendo de esta manera a disminuir la contaminación generada y el consumo de recursos por parte de la empresa, afectando en menor grado al medio ambiente.

En el ámbito social, la presente investigación aportaría un bienestar social, ya que estaría contribuyendo a la disminución de la contaminación generada, que afecta directamente a la sociedad que habita en la cuenca del lago de Valencia, y le estaría proporcionando un producto más eco-eficiente y amigable con el ambiente.

Por otra parte redundará en beneficios económicos para la empresa, si las propuestas generadas son implementadas, se espera que se reduzcan los consumos de energía, trayendo como consecuencia directa la reducción en los costos de fabricación, ya que el proceso sería más eficiente.

De igual manera contribuirá a la ampliación de los estudios de ciclo de vida, los cuales hay muy pocos en Venezuela, pero que es una técnica que está en auge en el mundo y está siendo utilizada cada vez más, ya que se contempla un producto o sistema en todo el espectro “de la cuna a la tumba” sin pasar por alto ningún impacto que pueda generar.

## **1.5. ALCANCE Y DELIMITACIONES**

La presente investigación se realizará en una microempresa dedicada a la formulación y fabricación de productos de limpieza, localizada en la zona industrial de Valencia, estado Carabobo. Se aplicará un análisis de ciclo de vida al suavizante de ropa basado en la metodología del ciclo de vida (ACV), la cual es una herramienta bastante amplia y compleja, aunque extremadamente útil.

Pero para el caso de la presente investigación, se limitará a un análisis de Ciclo de Vida (ACV) simplificado, en donde se harán correlaciones para datos que no se puedan conseguir, siempre y cuando estén acordes a la realidad del proceso, también se evaluará la fase de impacto ambiental de una manera muy general con la metodología del Eco-Indicador 99. De esta manera se puede satisfacer el objetivo del ACV planteado para el suavizante de ropa y realizar la investigación en un lapso no mayor a un año.

La presente investigación va a ser de uso interno de la empresa, para una eventual toma de decisiones, a partir de los resultados obtenidos del ACV, para minimizar los impactos ambientales generados en el ciclo de vida del productos donde se tiene el control y pueden tomar medidas, por lo que aquellas etapas donde la empresa no está involucrada (extracción y fabricación de materias primas) no estarán dentro de los límites del estudio pero se estimarán con bases de datos comerciales de manera de conocer su aparte en el ciclo de vida.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se presentan y analizan los antecedentes de la presente investigación, haciendo énfasis en las teorías, metodologías, análisis de datos y correlaciones utilizadas que podrían extrapolarse al presente trabajo; también se definen las bases teóricas en las cuales se fundamenta la investigación.

#### **2.1. ANTECEDENTES**

De acuerdo con las investigaciones de Barreto (2009) sobre análisis inventario del ciclo de vida (ICV) simplificado de un aceite lubricante para automóvil, aplicando la norma ISO 14044:2006 en todo el ciclo de vida del producto, se llegó a la conclusión que el impacto ambiental del aceite lubricante para automóvil envasado en tambor, es mayor en la etapa de manufactura de las materias primas. Además encontró que la contribución de las emisiones atmosféricas significativas en las etapas de uso y disposición final del aceite, es mayor que en los otros casos.

El antecedente mencionado es importante debido a que en la presente investigación se pretende utilizar la misma metodología de la norma ISO 14044:2006; sin embargo adaptada al producto y a los límites del sistema a estudiar en el ciclo de vida. Cabe resaltar también el uso de la misma base

de datos Ecoinvent Suiza para el análisis de las unidades de producción, consumo de energía y emisiones.

Rodríguez y Gómez (2006), en un estudio sobre el análisis del ciclo de vida de una lata de refresco carbonatado en Venezuela, ilustra el impacto ambiental del aluminio en todo el proceso. Para realizar el inventario del ciclo de vida utilizó la norma ISO 14044:2006 y para la evaluación de impacto ambiental, la metodología del Eco-indicador 99 y una base de datos proporcionada por la Universidad Politécnica de Valencia, España. Los resultados del estudio evidenciaron que las etapas de producción y uso, a diferencia de la de transporte, son las que mayormente impactan al ambiente. Sin embargo, ese impacto es atenuado por el alto nivel de reciclaje. El mayor impacto ocurre en la fase de producción de la lámina de aluminio, y en la fase de refrigeración final.

Se evaluará la aplicabilidad para la presente investigación de la metodología del Eco-indicador 99 utilizada en la referencia anterior, para evaluar cuantitativamente los impactos ambientales potenciales que el proceso de fabricación y el ciclo de vida del suavizante generen, para determinar los procesos unitarios críticos. También se tomarán en cuenta las aproximaciones realizadas con la base de datos europea y las limitaciones que éstas generen para el caso.

En otros estudios, la investigación de Ortiz (2009) sobre la propuesta de alternativas para el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos no peligrosos en Venezuela aplicando análisis de ciclo de vida y criterios

relevantes integrados, propone alternativas para el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU) no peligrosos en Venezuela, aplicando análisis de ciclo de vida y criterios relevantes integrados. Para ello, realizó un diagnóstico de la situación actual de la generación y gestión de los RSU. Evaluó los impactos ambientales de la gestión de los RSU, mediante la técnica del análisis del ciclo de vida, la cual se apoyó en el método de encadenamiento de efectos para la identificación de atributos ambientales, en el programa WARM® para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero y ahorro energético, y en el método de los criterios relevantes integrados para la evaluación final del impacto ambiental. La evaluación de impacto ambiental realizada indicó que la opción de aprovechamiento que incluye reciclaje-compostaje es la que genera mayor cantidad de beneficios, aunque se recomienda la evaluación de la metodología considerando otros escenarios.

Esta es la investigación más completa en cuanto a análisis de ciclo de vida se refiere en el área de Valencia, se tomarán en cuenta las aproximaciones realizadas al igual que las técnicas de recolección y presentación de datos para adaptarlas en los casos que se requieran con la presente investigación.

Pacheco y Plaza (2007), utilizando el enfoque sistémico, analizó el inventario del ciclo de vida de las bebidas gaseosas, desde el punto de vista de los problemas ambientales generados en las fases de proceso productivo, distribución y consumo, analizando las entradas y salidas, así como los impactos ambientales de todo el proceso; es decir, “de la cuna a la tumba”. Basado en los estándares de la norma ISO/DIS 14.040:1996 (E), identificó 18

causas de los principales impactos ambientales, y propuso alternativas de tratamiento y disposición para cada una de ellas. El inventario del ciclo de vida no incluye la fabricación de las materias primas por estar fuera de los límites y alcance del estudio. Este antecedente se tomará en cuenta y se analizará en la presente investigación antes de limitar y definir el alcance del estudio, haciendo énfasis en los criterios utilizados y en las técnicas de recolección de datos.

Usón y Zabala (2009), en una investigación sobre el análisis de ciclo de vida de la elaboración del vino, reflexiones y propuestas para lograr un producto eco-eficiente, obtuvo una visión medioambiental completa del proceso y detectó los puntos críticos, comparando escenarios alternativos más eco-eficientes utilizando el análisis de ciclo de vida, mediante la metodología del análisis de inventario en las fases de cultivo y recolección de uva, proceso de elaboración del vino en bodega, transporte y disposición final de la botella. Encontró que se debería realizar mayores esfuerzos en las fases de cultivo y recolección, embotellado, y transporte hasta el usuario final. Los escenarios alternativos que se estudiaron no son únicos, sino que sólo sirven de ejemplo para demostrar que cualquier disminución de consumo de energía y materiales puede hacer disminuir los impactos ambientales de la actividad humana.

Se utilizaron varias bases de datos europeas para hacer aproximaciones para los datos que no se tienen, esto es algo que se tendrá que hacer en la presente investigación, por lo cual se analizarán las bases de datos y las aproximaciones para su aplicación en algunos aspectos cuando se requieran, siempre y cuando coincidan con la realidad de Venezuela. De

la misma manera, se utiliza la metodología del Eco-Indicador 99, la cual se utilizará en la presente investigación, por lo que se evaluará su aplicación y consideraciones tomadas para su utilización.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

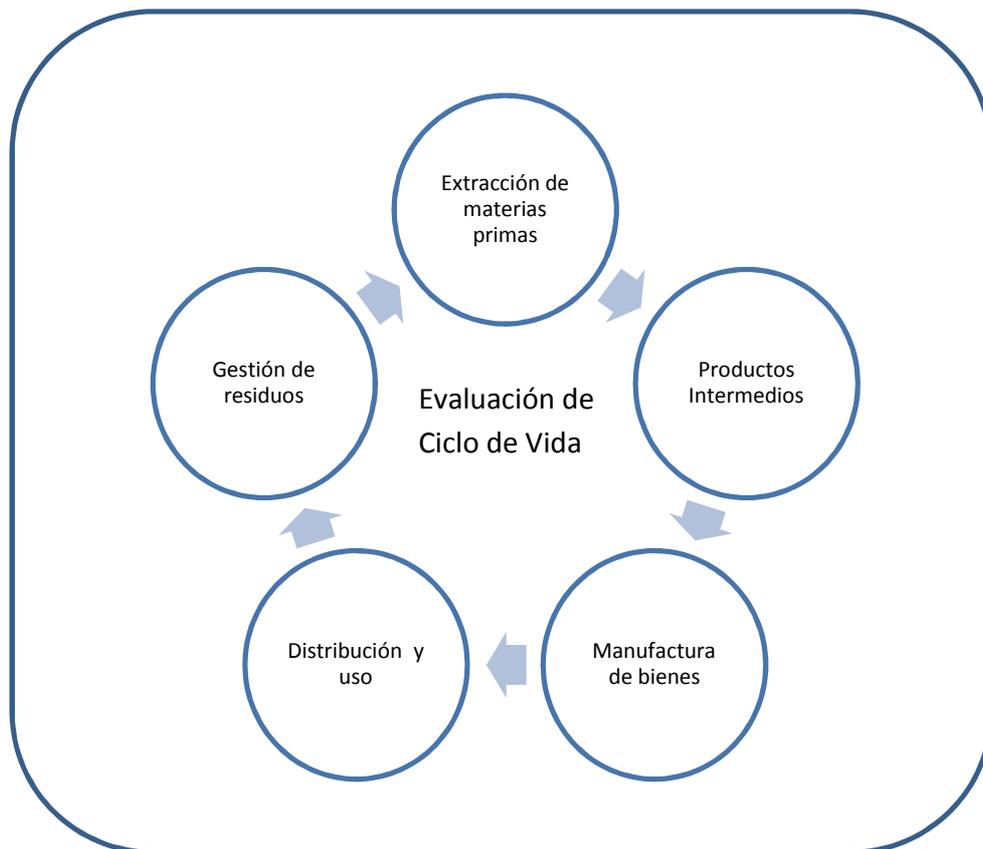
### **2.2.1. Análisis de ciclo de vida**

El análisis del ciclo de vida (ACV), más conocido como Life Cycle Assessment, es un método de valoración concebido para conocer los efectos sobre los distintos componentes ambientales de un producto específico o servicio durante todo el ciclo temporal de su vida. Se hace referencia al conjunto de entradas, salidas y de las actividades implicadas en la producción, en el consumo/uso y en el desecho del producto considerado, desde la extracción de la materia prima del cual se constituye hasta su desecho final y reciclaje (llamado "from cradle to grave", de la cuna a la tumba), tal como se muestra en la figura 2.1 (Sabella, 2005).

El análisis de ciclo de vida de los materiales forma parte de los nuevos instrumentos metodológicos, puestos a punto en los últimos años, para hacer sostenible la actividad humana; desarrollando de manera particular intervenciones de naturaleza preventiva. Según Iglesias (2005), la definición propuesta por la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) sobre la metodología del ACV, hoy formalizada por la ISO 14040 es la siguiente:

*“es un procedimiento objetivo de valoración de las cargas energéticas y ambientales relativas a un*

*proceso o una actividad, efectuado a través de la identificación de la energía, de los materiales usados y de los desechos vertidos al ambiente, La valoración incluye el ciclo de vida completo del proceso o la actividad, comprendiendo la extracción y el tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, la reutilización, el reciclaje y el vertido final”.*



**Figura 2.1.** Ciclo de vida de un producto (Ecoil, 2004).

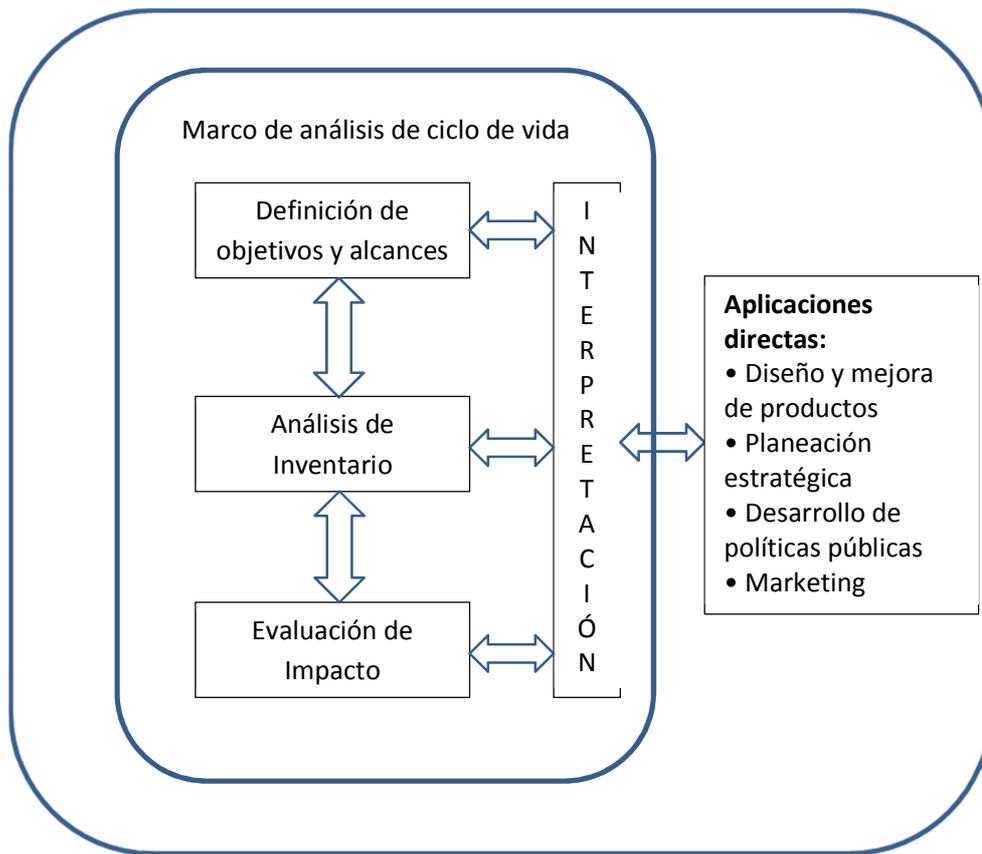
Por lo tanto, el ACV es una herramienta adecuada para:

- **Identificar** las oportunidades de reducción de impactos ambientales o bien de consumos energéticos y materiales en un producto o proceso dentro de las distintas etapas de su ciclo de vida.
- **Proporcionar** información a los responsables de la toma de decisiones, tanto a nivel privado como público, de las repercusiones medioambientales de, por ejemplo, posibles acciones estratégicas, cambios de diseño o implementación de nuevos productos o políticas.
- **Mejorar** el posicionamiento en el mercado de ciertos bienes y servicios mediante la difusión de sus beneficios ambientales asociados.

Hoy en día existen 2 normas que rigen la materia en el campo internacional, las normas revisadas ISO 14040:2006 “Gestión ambiental – Análisis de ciclo de vida – Marco y principios” e ISO 14044:2006 “Gestión ambiental - Análisis de ciclo de vida – Lineamientos y requerimientos”, creadas por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), que es el organismo encargado de desarrollar estándares internacionales, y son de carácter voluntario.

### **2.2.2. Fases de un análisis de ciclo de vida**

Según la norma ISO 14040:2006, el análisis de ciclo de vida tiene 4 fases, tal y como se muestra en la figura 2.2.



**Figura 2.2.** Fases de un ACV (ISO 14040:2006).

### 2.2.2.1. Definición del objetivo y alcance del estudio.

Incluye los límites del sistema y nivel de detalle, el objetivo y el alcance de un ACV dependen de la materia y el uso previsto del estudio. La profundidad y la amplitud pueden variar considerablemente en función del objetivo, el alcance debe especificar claramente las funciones (las características de rendimiento) del sistema en estudio, pero algunas veces el alcance debe ser redefinido mientras avanza el estudio, consecuencia de la aparición de nuevas limitaciones, consideraciones o datos relevantes.

Un sistema puede tener un número de posibles funciones y la(s) seleccionada(s) para un estudio depende(n) del objetivo y el alcance del ACV. La unidad funcional define la cuantificación de las funciones identificadas (características de rendimiento) del producto. El propósito principal de una unidad funcional es proporcionar una referencia a las cuales las entradas y salidas están relacionadas. Esta referencia es necesaria para garantizar la comparabilidad de los resultados del ACV. La comparabilidad de los resultados del ACV es particularmente importante cuando los diferentes sistemas se están evaluando, para asegurar que las comparaciones se realicen sobre una base común (ISO 14049:2000).

Es importante para determinar el caudal de referencia en cada sistema producto, a fin de cumplir la función prevista, es decir, la cantidad de productos necesarios para cumplir la función.

### **Límites del sistema**

Una parte importante en la definición del alcance del estudio es establecer los límites del sistema, lo cual va a determinar qué procesos unitarios se deberán incluir. El ACV se lleva a cabo mediante la definición del sistema de producto, como los modelos que describen los elementos clave de los sistemas físicos.

El límite del sistema define los procesos unitarios que se deben incluir en el sistema. Idealmente, el sistema del producto debe ser modelado de tal manera que las entradas y salidas en su límite sean flujos elementales. Sin

embargo, los recursos no deben ser gastados en la cuantificación de tales insumos y productos que no va a cambiar significativamente las conclusiones generales del estudio.

La elección de los elementos del sistema físico a ser modelado depende de la definición del objetivo y el alcance del estudio, su aplicación prevista, de la audiencia y las hipótesis formuladas, los datos y las limitaciones de costo, y los criterios de corte. Los modelos utilizados deben ser descritos y los supuestos subyacentes a esas opciones deben ser identificados. Los criterios de corte utilizados dentro de un estudio deben entenderse claramente y deben describirse. Los criterios utilizados en la fijación de los límites del sistema son importantes para el grado de confianza en los resultados de un estudio y la posibilidad de alcanzar su objetivo.

Al establecer los límites del sistema los procesos unitarios y los flujos se deben tomar en consideración, por ejemplo, los siguientes:

- ✓ La adquisición de materias primas;
- ✓ Los insumos y productos en las principales secuencias de fabricación y procesamiento;
- ✓ La distribución y el transporte;
- ✓ La producción y el uso de combustibles, electricidad y calor;
- ✓ El uso y mantenimiento de los productos;
- ✓ La eliminación de residuos de procesos y productos;
- ✓ La recuperación de los productos utilizados (incluyendo reutilización, reciclado y recuperación de energía);
- ✓ La fabricación de materiales auxiliares;

- ✓ La fabricación, mantenimiento y desmantelamiento de los bienes de capital;
- ✓ Las operaciones adicionales, como la iluminación y calefacción.

En muchos casos, los límites del sistema definidos inicialmente deberán ser redefinidos mientras avanza el estudio del ciclo de vida (ISO 14044:2006).

### **Calidad de los datos**

La validez de los resultados de los estudios de ACV depende mucho de la calidad de los datos. Los requisitos de calidad de los datos se especifican para que el objetivo y el alcance del ACV puedan cumplirse satisfactoriamente. Es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros: cobertura de tiempo, cobertura geográfica, cobertura tecnológica, precisión, representatividad de los datos, consistencia y reproducibilidad de los métodos utilizados para obtener los datos, certeza de la información y datos que faltan.

En forma adicional, se deben seleccionar y definir los parámetros de impacto por evaluar durante el análisis, pues con base en estos parámetros se procede a lo largo del estudio (ISO 14040:2006).

#### **2.2.2.2. Inventario de ciclo de vida (ICV).**

Es la segunda fase del ACV. Es un inventario de datos de entrada y salida de materia y energía, con respecto al sistema en estudio. Comprende

todas las etapas de recolección y gestión de datos de cada proceso considerado para completar el sistema delimitado. Los datos son una conjunción de entradas y salidas relacionadas con la función o producto generado por el proceso (ISO 14044:2006).

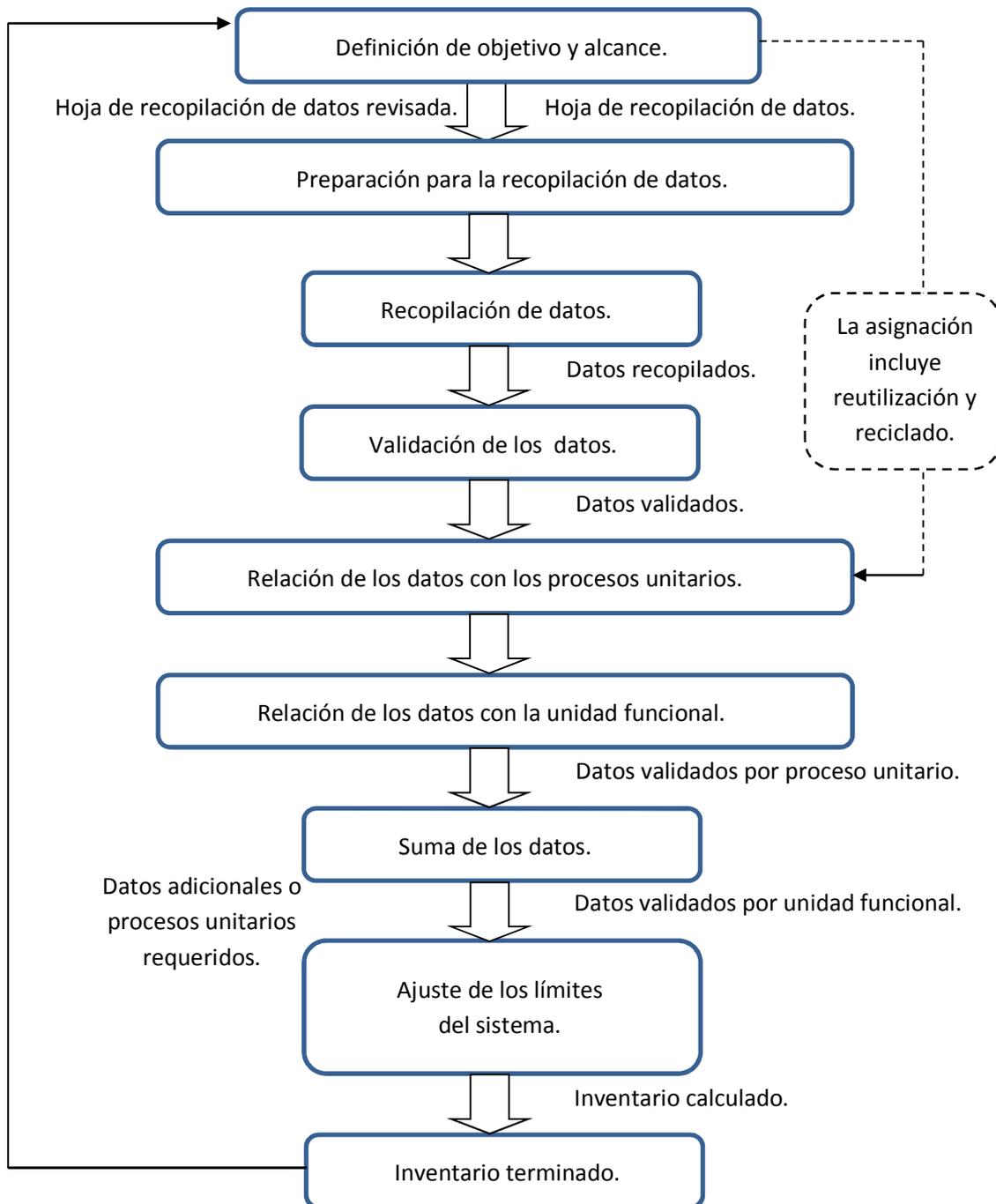
Las técnicas de recolección de datos han de ser apropiadamente diseñadas para una recolección óptima; en consecuencia, los datos son validados y relacionados con la unidad funcional de manera que se puedan obtener los resultados. Una etapa importante en el proceso de cálculo es la ubicación de los flujos, la mayoría de los procesos existentes tienen que ver con más de un producto, por lo que los materiales y los flujos de energía tienen que ser contemplados como un todo, así como las relaciones medioambientales se deben ubicar en varios productos.

El proceso de recopilación de datos es el que más recursos consume dentro del ACV. Los sistemas de un producto suelen contener tipos de procesos comunes a todos los estudios como fuentes de energía, transporte, servicios de tratamiento de residuos y producción de sustancias químicas y materiales, por lo que la utilización de datos de otros estudios puede simplificar el trabajo pero hay que tener cuidado de que los datos sean representativos y tengan la calidad requerida (Ecoil, 2004).

Para disminuir el riesgo de equivocación (por ejemplo, dando lugar a la doble contabilidad en la validación o la reutilización de los datos recogidos), una descripción de cada unidad de proceso deberán ser

registrados. Por otro lado, cuando los datos hayan sido recopilados de fuentes públicas, la fuente se debe referenciar.

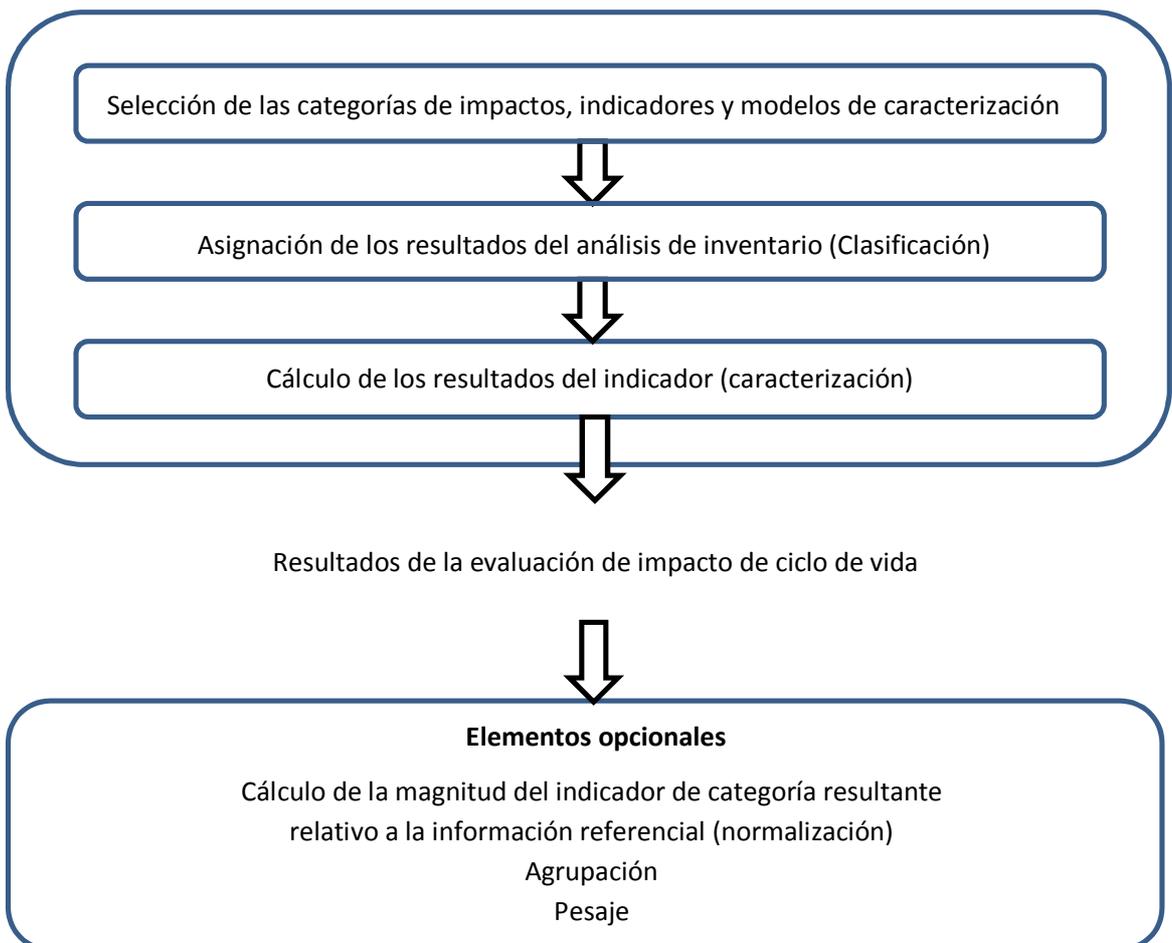
En la norma ISO 14044:2006, el análisis de inventario cumple con el diagrama de flujo de la figura 2.3.



**Figura 2.3.** Diagrama de flujo del análisis de inventario de ciclo de vida (ISO 14040:2006).

### 2.2.2.3. Evaluación de impacto (EICV).

Es la tercera fase del ACV. El propósito de la misma es proporcionar información sobre los potenciales impactos ambientales para evaluar los resultados de un sistema producto con el fin de comprender mejor su significado ambiental. La evaluación se realiza tomando como base los datos obtenidos en la fase de análisis del inventario. Existen innumerables metodologías y herramientas para llevar a cabo la EICV, en este caso, se utilizará el Eco-Indicador 99, que será brevemente descrita en la siguiente sección.



**Figura 2.4:** Elementos de la fase de EICV (ISO 14040:2006).

La EICV sólo contiene los impactos ambientales especificados en el objetivo y alcance del estudio. Por lo tanto no es una evaluación de todos los impactos ambientales del sistema estudiado. A su vez la EICV no siempre puede demostrar las diferencias significativas entre las categorías de impacto y los resultados de los indicadores relacionados con los sistemas de productos alternativos. Esto puede ser debido a:

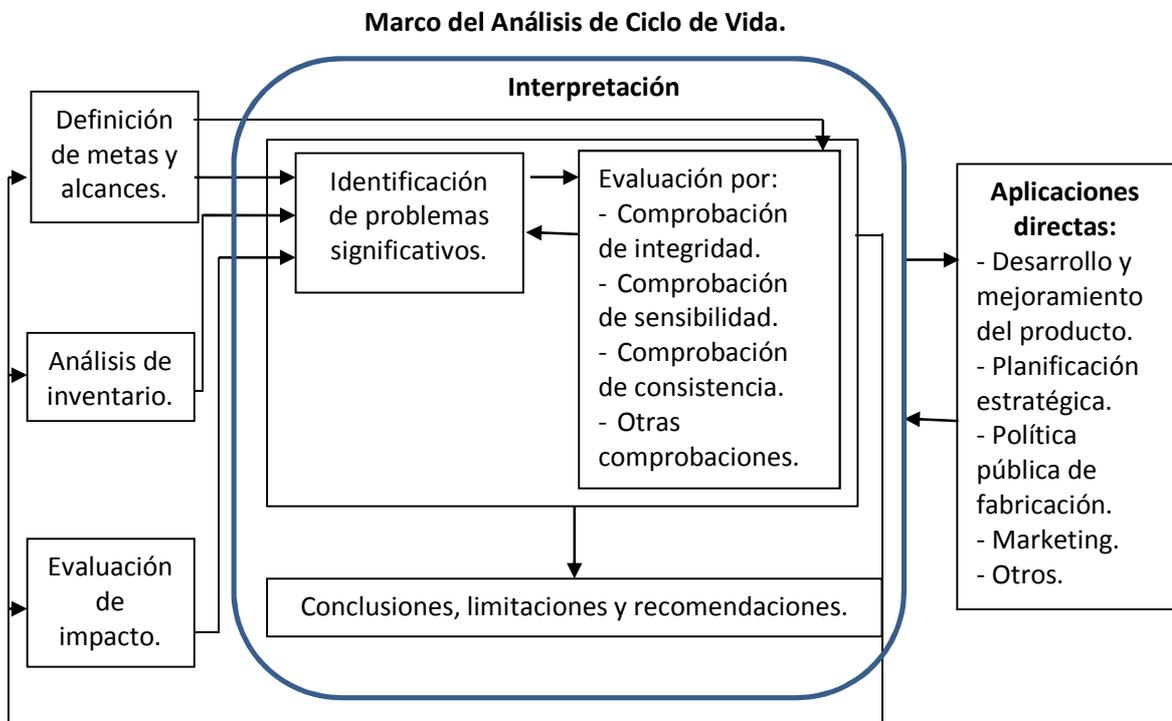
- El limitado desarrollo de los modelos de caracterización, análisis de sensibilidad y análisis de incertidumbre para la fase de la EICV.
- Los límites de la fase de ICV, tales como el establecimiento de los límites del sistema, que no abarcan todos los procesos unitarios posibles para un producto o sistema no incluyen todas las entradas y salidas de cada proceso de unidad, ya que existen cortes y vacíos de datos.
- Los límites de la fase de ICV, así como la calidad inadecuada de los datos que puede, por ejemplo, ser causada por la incertidumbre o diferencias en los procedimientos de asignación y agregación.
- Las limitaciones en la recopilación de datos de los inventarios adecuados y representativos para cada categoría de impacto.

#### **2.2.2.4. Interpretación de los resultados**

Es la fase final del ACV, en la que los resultados de un análisis de inventario o evaluación de impacto, o ambas, se resumen y comentan como base para las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones, de conformidad con el objetivo y el alcance, la interpretación deberá incluir una evaluación y un control de sensibilidad de las entradas y salidas importantes y las opciones metodológicas para comprender la incertidumbre de los resultados. (ISO 14044:2006)

La interpretación debe reflejar el hecho de que los resultados de la EICV obtenidos se basan en un enfoque relativo, que indican los posibles efectos ambientales, y que no pueden predecir los impactos reales en los puntos finales de categoría, la superación de los umbrales o márgenes de seguridad o los riesgos.

La interpretación del ciclo de vida tiene también por objeto proporcionar una presentación fácilmente comprensible, completa y coherente de los resultados del ACV, de acuerdo con la definición de los objetivos y el alcance del estudio. La fase de interpretación puede involucrar el proceso iterativo de revisión y modificación del alcance, así como la naturaleza y la calidad de los datos recogidos de una manera que sea consistente con el objetivo definido, tal y como se ilustra en la figura 2.5.



**Figura 2.5.** Ciclo de vida de un producto (ISO 14044:2006).

La interpretación también se deberá considerar lo siguiente en relación con el objetivo del estudio: La idoneidad de las definiciones de las funciones del sistema, la unidad funcional y los límites del sistema, y las limitaciones determinadas por la evaluación de la calidad de los datos y el análisis de sensibilidad.

### **2.2.3. Análisis de ciclo de vida simplificado**

Un ACV simplificado o "Screening" es una aplicación de la metodología del ACV para llegar a una evaluación aproximada, que cubra, por ejemplo, todo el ciclo de vida, pero de forma superficial, seguido por una evaluación de impactos simplificada y una evaluación de fiabilidad de los resultados (Christiansen K., 1997).

El ACV simplificado es una parte inherente al proceso de definición de alcances y objetivos de un estudio. Según Iglesias *et al* (2005), es imposible dar una receta o guía universal, aunque los estudios que incluyen decisiones explícitas de ACV simplificado poseen las siguientes características:

- Muestran diferencias relativas entre elementos de un producto o servicio junto a ciertas indicaciones de la certeza y fuentes de información.
- Los criterios y medidas deben ser ajustados con el fin de adecuarse a los objetivos y plan de acción
- Los atributos incluidos deben abarcar el ciclo de vida completo, pero no necesitan una interpretación o aplicación agregada de todo el ciclo de vida completo.

- Los atributos disponibles pueden incluir artículos del inventario convencional y otras mediciones más explícitas que reflejen prácticas de manejo, influencias competitivas, o características de consecuencias ambientales.
- Los criterios o mediciones deben ser compatibles con el proceso de evaluación y otros criterios de diseño de productos o procesos, tal como costos, necesidades del consumidor y requerimientos legales y normativos o regulaciones.
- La incertidumbre es un aspecto o factor importante cuando consideramos simplificación del ACV, aunque es muy difícil cuantificar exactamente todas las posibles fuentes de incertidumbre en un ACV simplificado o convencional.

La simplificación consiste básicamente en tres etapas (BARRETO, 2009):

- **Depuración/Filtrado (Screening):** es la identificación de elementos del ACV que pueden ser omitidos o para los cuales pueden utilizarse datos genéricos sin afectar significativamente la exactitud del resultado final.
- **Simplificación (Streamlining):** es la aplicación de las opciones de simplificación identificadas en la etapa de filtración para producir un ACV simplificado.
- **Evaluación de confiabilidad:** en esta fase se evaluará la fiabilidad del procedimiento de simplificación utilizado y las diferencias con lo que hubiera sido un ACV completo, así como la fiabilidad del resultado, que depende de la etapa anterior, de la calidad de los datos y de las metodologías de asignación de cargas, de evaluación de impactos, etc.

Es crucial hacer conocer las decisiones tomadas de simplificación, para facilitar a los usuarios del estudio ubicar los resultados en el contexto adecuado y conocer las limitaciones y precauciones que deben tenerse en cuenta.

Un ejemplo de formato que debe ser incluido en cada estudio para evitar un mal uso de las interpretaciones del estudio se muestra en la figura 2.6 (Iglesias, 2005):

**Tabla 2.1. Comparación entre ACV completo y simplificado.**

Características del estudio	Más simplificado	➔ Más complejo
Ejemplos:	ACV Muy Simplificado	ACV Completo
Fases del Ciclo de Vida	1 Fase solamente	Todas las fases
Envergadura del Impacto/ contaminantes	Simple Impacto/ Contaminante	Todos los Impactos/ Contaminantes
Cuantificación de los Datos	Cualitativos	Cuantitativos
Especificidad de los Datos	Genéricos/Promedios	Específicos del Producto/ Actuales
Calidad de los datos	Estimados/ Alta Incertidumbre	Medidos/ Baja Incertidumbre
Otras Características		
Transparencia	Solamente el total Final	Completamente Transparente
Especificidad Temporal	No	Si
Especificidad Espacial	No	Si
Escala	Local	Global
Disponibilidad de Datos Desagregados	Sólo Datos Agregados	Todos los Datos Desagregados

#### 2.2.4. Eco-Indicador 99

Es una metodología que permite aplicar valores de “Eco-indicadores” estándar para el análisis de los aspectos ambientales de los sistemas de productos (Goedkoop, Effting y Collignon, 2000). Aunque la aplicación de estos valores estándar es muy simple, es importante comprender las bases, características, limitaciones y propósitos de la metodología. El Eco-indicador de un material o proceso consiste en un número que indica el impacto ambiental de dicho material o proceso, a partir de los datos obtenidos del análisis de inventario de ciclo de vida. Cuanto mayor es el indicador, mayor es el impacto ambiental.

Esta metodología define medio ambiente según tres tipos de daños:

- **A la salud humana:** En esta categoría se incluye el número y duración de las enfermedades, y los años de vida perdidos debido a la muerte prematura por causas ambientales. Los efectos aquí incluidos son: cambio climático, disminución de la capa de ozono, efectos cancerígenos y respiratorios y radiación ionizante (nuclear).
- **A la calidad del medio ambiente:** En esta categoría se incluye el efecto sobre la diversidad de especies, especialmente en las plantas vasculares y los organismos sencillos. Entre los efectos incluidos están: la ecotoxicidad, acidificación, eutrofización y el uso del suelo.
- **A los recursos:** En esta categoría se incluye la necesidad extra de energía requerida en el futuro para extraer mineral de baja calidad y recursos fósiles. La disminución de los recursos brutos, tales como arena y gravilla se incluyen dentro del uso de suelo.

Junto a los impactos ambientales aquí mencionados hay otros impactos adicionales que podrían contribuir a estas tres categorías de daño, pero desgraciadamente un método como éste no puede ser totalmente completo y se incluyeron las más relevantes.

La metodología de Eco-indicadores 99 empleada para calcular los valores estándar cumple con los requisitos de la norma ISO 14044:2006, aunque puede diferir en algunos detalles. Es importante señalar que la norma refleja que los indicadores de valor, como lo son los Eco-indicadores, no deberían utilizarse jamás para realizar comparaciones de cara al público en general.

Los valores estándar de los Eco-indicadores se pueden considerar como cifras sin dimensión. Como base se utiliza el “punto Eco-indicador” (Pt). En las listas de Eco-indicadores se emplea normalmente la unidad de milipuntos (mPt), es decir  $200 \text{ mPt} = 0,2 \text{ Pt}$  (Goedkoop, Effting y Collignon, 2000).

El valor absoluto de los puntos no es demasiado relevante ya que el objetivo principal es el de comparar las diferencias relativas entre productos y componentes. La escala se ha elegido de tal forma que el valor 1 Pt represente una centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano promedio europeo (Goedkoop, Effting y Collignon, 2000).

Los valores estándar de Eco-indicador 99 se clasifican en:

- **Materiales:** los indicadores de materiales se miden según la medida de 1 kilogramo de material.
- **Procesos de producción:** tratamiento y procesado de varios materiales. Cada tratamiento se expresa en la unidad apropiada al proceso particular (metros cuadrados, kilogramos, metros soldados, etc.).
- **Procesos de transporte:** se expresan normalmente en toneladas por kilómetro.
- **Proceso de generación de energía:** se determinan unidades para electricidad y calor.
- **Escenarios de eliminación:** se expresan por kilogramos o por materiales, subdivididos en los tipos de materiales y en los métodos para proceder a su desecho.

Las cifras de las medias europeas se utilizan para realizar estas estimaciones, empleando una definición particular de los términos “material” y “proceso”, tal y como se explica más abajo.

- **Producción de materiales:** Al determinar el indicador de materiales se incluyen todos los procesos, desde la extracción de las materias primas hasta la última fase de elaboración, que tiene como resultado el material en bruto. Los procesos de transporte relacionados con este proceso también están incluidos aquí, abarcando hasta el último eslabón de la cadena de producción. Sin embargo, no se incluye la producción de bienes de equipos, como maquinaria o infraestructura.
- **Procesos de tratamiento:** Los Eco-indicadores de los procesos de fabricación se refieren a las emisiones del proceso en sí y a las de los

procesos de generación de energía necesarios. Aquí tampoco se incluyen los bienes de equipo, tales como maquinaria y troqueles.

- **Transporte:** Los procesos de transporte incluyen el impacto de las emisiones causadas por la extracción y la producción de combustible y la generación de energía de ese combustible en el transporte. La unidad de medida es el transporte de una tonelada en un kilómetro, aunque se utiliza una unidad distinta para medir el transporte por carretera a gran escala.
  - ✓ Transporte por carretera: además del transporte cuyo factor crítico es la masa (ton\*km), se ha determinado otro indicador para los casos en los que el volumen es el factor determinante ( $m^3$  volumen\*kilómetro).
  - ✓ Transporte por ferrocarril: se basa en la media europea de diesel o electricidad consumidos por la media del nivel de carga.
  - ✓ Transporte aéreo para diferentes tipos de aviones de carga: Por supuesto, se presupone la eficiencia de las condiciones de carga en Europa. También se ha tenido en cuenta la posibilidad de un recorrido de vuelta sin carga. En estos indicadores se han incluido los bienes de equipo, como la construcción de carreteras o infraestructura férreas, el manejo de aviones de carga en los aeropuertos, ya que no son despreciables.
- **Energía:** Los indicadores de energía se refieren a la extracción y la producción de combustibles, así como a la conversión energética y a la generación de electricidad, teniendo en cuenta criterios medios de eficiencia. Para medir la electricidad se tienen en cuenta los diferentes tipos de combustibles empleados en Europa para generarla, habiéndose determinado un Eco-indicador para la electricidad de alto voltaje, destinada a procesos industriales, y para la de bajo voltaje, destinada al uso doméstico y de pequeñas empresas de bajo consumo de energía. La

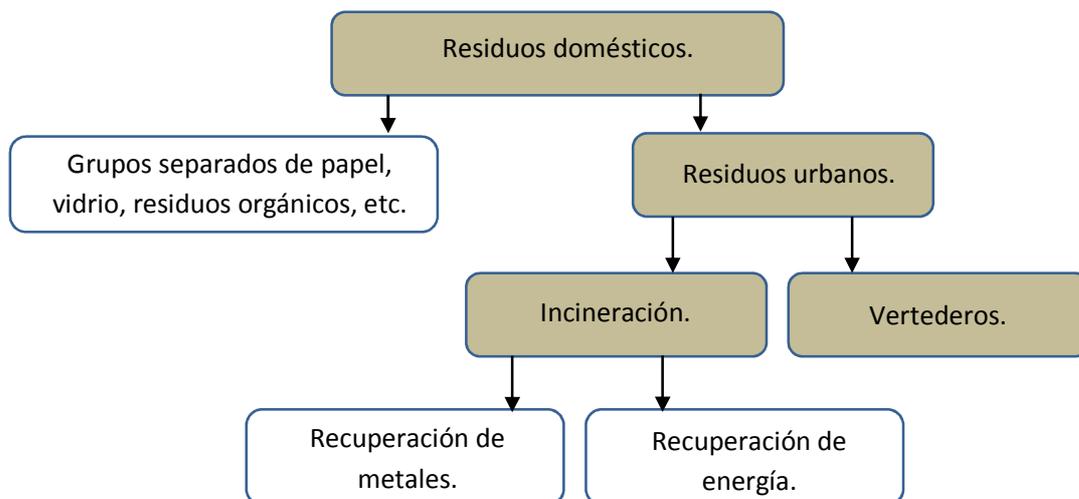
diferencia entre ambos indicadores reside principalmente en las pérdidas y en las infraestructuras necesarias, como cables.

- **Procesado de residuos y reciclado:** No todos los productos se eliminan de la misma forma. Por esto, es importante prestar atención para descubrir el método de eliminación de residuos adecuado a cada caso. Si un producto consiste principalmente en papel o vidrio y ha sido diseñado de tal forma que los materiales se puedan enviar a contenedores de reciclado, lo más lógico es pensar que una determinada porción de los hogares retirarán estos residuos del cubo de la basura y los tirarán por separado. Sin embargo, si un producto contiene tan sólo una pequeña parte de papel o vidrio, casi con toda seguridad que sus restos no se tirarán de forma separada. En estos casos lo más probable es que el producto acabe en el vertedero municipal.

Para todos estos casos se han determinado los procesos pertinentes de desecho, como incineración, vertederos y reciclado, aunque en la práctica estos últimos no sean demasiado numerosos en determinados lugares.

- ✓ Residuos domésticos: en una casa normal se recoge y recicla por separado cierta cantidad de materiales como vidrio, papel o restos orgánicos una vez se decide tirar el producto. El resto se echa al cubo de la basura, llegando hasta la planta de procesado de residuos urbanos. El indicador de residuos en el hogar representa la media de residuos generados en los hogares europeos.
- ✓ Residuos urbanos: la media de residuos generados por los municipios europeos es en general bastante moderada; normalmente, una cierta porción se envía a vertederos y el resto se incinera. Este indicador incluye también el impacto del transporte de residuos.

- ✓ Incineración: se sobreentiende la incineración como realizada en una planta tipo Suiza con un sistema de eliminación normal (año 2000). En la escombrera del generador se recuperan y reciclan, determinadas cantidades de acero y aluminio; además, se genera energía que se envía a la red de suministros en forma de electricidad.
- ✓ Uso de vertederos: se tomó como referencia los vertederos modernos suizos (año 2000) con purificadores de agua y buenos cierres, lo cual implica que pocas sustancias dañinas llegarán a las aguas subterráneas.
- ✓ Reciclado: en el reciclado se da por supuesto que los materiales llegan limpios y segregados en diferentes tipos.



**Figura 2.6.** Representación esquemática de los métodos de eliminación de residuos e interacciones (Goedkoop y Spriensma, 2001).

- **Cifras negativas relativas al procesado de residuos:** Algunos métodos de eliminación de desechos arrojan cifras negativas. Esto sucede cuando en el proceso se crea un producto intermedio que se

puede reciclar o reutilizar. Los flujos de energía y materiales obtenidos se consideran un beneficio ambiental. En numerosos casos, particularmente cuando se trata de reciclado, la deducción es mayor que el impacto ambiental de un proceso, lo que da origen a las cifras negativas (Goedkoop y Spriensma, 2001).

### **2.2.5. Suavizante textil**

En la lavadora, lavado tras lavado, las fibras de los tejidos pierden algunas de sus propiedades mecánicas e integridad como consecuencia del intenso estrés mecánico al que se ven sometidas y de los efectos químicos de la dureza del agua. Con el paso del tiempo, las fibras de los tejidos se vuelven ásperas y se enredan. El uso de secadoras de aire inducido ayuda a suavizar la ropa, pero con frecuencia las fibras sintéticas se cargan de electricidad estática lo que provoca atracción electroestática.

Para evitar esto se utiliza un suavizante de ropa el cual es un producto químico que se utiliza comúnmente en el proceso de lavado de ropa y se añade en forma líquida a la lavadora. Los ingredientes más importantes de los suavizantes son los tensoactivos catiónicos, ya que estos se adhieren a las fibras del tejido, proporcionando la suavidad. Si se usa un suavizante en el ciclo de aclarado, sus agentes ayudan a mantener la suavidad de las fibras de los tejidos. Esto reduce la fricción de las fibras entre sí y de las fibras con la piel del usuario. Cuando las fibras se mueven con mayor libertad, las prendas tienen una mayor suavidad y sufrirán un desgaste menor con el paso del tiempo, especialmente las partes con un grado de estrés más alto, como cuellos, codos y puños. La ropa se arruga menos al secarse y resulta más fácil de planchar. Si se usan secadoras, las prendas sintéticas tendrán

una menor atracción electrostática al extraerlas de la secadora. La reducción de la fricción en la piel y la suavidad de las prendas proporcionan una sensación general de comodidad al usuario. Una característica adicional de los suavizantes para la ropa es que dejan un olor agradable en las prendas lavadas.

([http://www.scienceinthebox.com/es\\_ES/product/feh\\_howtheywork\\_es.html](http://www.scienceinthebox.com/es_ES/product/feh_howtheywork_es.html))

Los suavizantes se clasifican, atendiendo a la polaridad o naturaleza del componente activo, en los grupos siguientes:

- Suavizantes no-iónicos (con carga neutra);
- Suavizantes catiónicos (con carga positiva);
- Suavizantes pseudocatiónicos (suavizante catiónico con pequeña cantidad de suavizante no-iónico);
- Suavizante aniónico (con carga negativa);
- Suavizantes anfóteros (polaridad según el pH de su entorno);
- Suavizantes reactivos (reactivo con la celulosa).

#### **2.2.5.1. Suavizantes textiles catiónicos.**

Los suavizantes textiles catiónicos datan de la década de 1930, cuando se descubrió que varios tipos de compuestos catiónicos, tales como auxiliares de pintura, detergentes y germicidas, eran sustantivos para las fibras textiles, en especial el algodón, siendo empleados inicialmente para mejorar la solidez al lavado de los colorantes directos aplicados a la celulosa.

Actualmente los suavizantes catiónicos predominan en el mercado sobre los otros grupos de suavizantes atados anteriormente, por diversas razones, como son:

1. Son productos que dan el mayor grado de suavidad por peso a relativamente bajas concentraciones.
2. Son sustantivos para casi todas las fibras y de fácil aplicación, impartiendo en muchos casos un acabado duradero.
3. Proporcionan un tacto altamente característico y muy apreciado.
4. Imparten efecto antiestático sobre los tejidos de fibras sintéticas.
5. Mejoran en algunos casos la resistencia a la rotura, al desgarrado y a la abrasión del tejido (Carrión, 1988).

#### **2.2.5.2. Componentes de un suavizante**

- **Tensoactivos**, que son los productos suavizantes que proporcionan el requisito funcional de tacto y suavidad. Se puede encontrar un producto simple o mezcla de varios, como por ejemplo, la mezcla de uno, dos o más catiónicos y no-iónico.
- **Auxiliares de formulación**, que se usan para modificar la viscosidad del producto, buscando su fluidez y estabilidad al almacenaje.
- **Auxiliares de agotamiento**, los cuales aseguran en lo posible que las condiciones para el agotamiento del suavizante sean óptimas. Estos productos pueden ser desde simples controladores de pH a sistemas más complejos para emulsiones pseudocatiónicas.
- **Agentes antiestáticos**, que se precisan adicionar algunas veces a las formulaciones para mejorar esta propiedad.
- **Agentes de conservación**, que actúan tanto en el producto suavizante almacenado como sobre los artículos tratados con el mismo. Estos aditivos son añadidos, casi siempre, para prevenir la descomposición y el crecimiento de moho.

- **Perfumes**, que se incorporan usualmente a bajos niveles, para impartir un olor apropiado al tejido o bien para enmascarar olores inapropiados que pueden ser debidos a impurezas en la formulación.
- **Humectantes**, utilizados en preparaciones industriales que estén previstas para ser aplicadas al tejido con un foulard.
- **Agentes de humectación**, son los aditivos que pretenden mejorar la humectación de los tejidos que se han tratado con los suavizantes catiónicos. En la práctica, los productos utilizados lo que realmente mejoran es la fácil dispersión del suavizante en el agua de aclarado del lavado, especialmente a bajas temperaturas.
- **Pigmentos y blanqueantes ópticos**, los cuales son añadidos en pequeño porcentaje.

### **2.2.5.3. Acción de los suavizantes sobre las telas.**

La aplicación de suavizantes en sobre la superficie de las materias textiles provoca la modificación de algunas de sus propiedades físicas. Estas propiedades son las intrínsecas de la materia textil y de la capacidad de adsorción de estos productos por parte de las mismas, lo cual se presenta de forma más intensa en la lana, seguida de la viscosa y el algodón, y de modo menos intenso sobre el acetato, la poliamida y el poliacrilonitrilo. Como consecuencia de la adsorción de suavizantes catiónicos en las materias textiles, cabe citar la modificación de las propiedades siguientes:

#### **Propiedades textiles.**

- Tacto del tejido: La apreciación subjetiva del tacto de los tejidos es variable según la percepción sensorial individual. Esta forma de apreciación, a pesar de que carece de precisión, es multitudinariamente aceptada.

- Volumen: Algunos suavizantes proporcionan al producto textil un tacto lleno, que se aprecia al comprimirlo con la mano.

**Propiedades mecánicas.** Por el efecto del suavizante, pueden verse modificadas las siguientes propiedades mecánicas:

- Resistencia a la abrasión: La lubricación textil provocada por el suavizante causa una reducción de su resistencia dinámica o fricción, mejorando la resistencia a la abrasión en las prendas textiles. Para obtener un óptimo efecto se precisa que la fibra quede completamente cubierta por la absorción en forma de película del producto.
- Resistencia a la rotura: En el tratamiento del trabajo de algodón con resina de acabado de alta calidad, se provoca una adherencia entre sus fibras, restringiendo su movilidad, y en consecuencia, disminuyendo su resistencia, lo cual puede alcanzar hasta un 30% o mayores valores. La adición del suavizante puede anular este efecto adverso de la resina, devolviendo la resistencia perdida del tejido por la causa indicada.
- Resistencia del desgarro: El efecto lubricante entre las fibras mediante permitiendo en algunos casos el ahorro de hilo en la fabricación de prendas que necesitan estirarse (Carrión, 1988).

**Propiedades funcionales de los tejidos.** Los productos suavizantes pueden llegar a modificar las propiedades funcionales de los tejidos que se indican a continuación:

- Recuperación al arrugado: Algunos suavizantes pueden aumentar el ángulo de recuperación al arrugado que se haya obtenido por el efecto de la aplicación de resinas de acabado al tejido de algodón.

- Propiedades de rehumectación: Las propiedades de rehumectación son importantes porque dan una indicación de la capacidad de absorción de agua que presenta el tejido después del tratamiento con el suavizante. Este efecto está relacionado con la concentración del suavizante utilizado y con su estructura química y su carácter hidrófugo al situarse en la superficie de la fibra, llegándose incluso, a elevadas concentraciones del indicado producto, a producir una impermeabilización del artículo textil.
- Protección de la carga estática: La acumulación de la electricidad estática en diversos tipos de fibras sintéticas e incluso naturales, es un fenómeno conocido que es causa de las prendas confeccionadas.
- Propensión al ensuciamiento: La propensión de los suavizantes de atraer y retener impurezas afecta de forma adversa las características de ensuciamiento de los tejidos tratados. Por ejemplo, los suavizantes que son del tipo sólido tienen superior efecto de antiensuciamiento que los suavizantes que tienen un estado líquido.
- Efecto de antifricción al ser cosido el tejido a máquina: Durante la operación de cosido de tejidos realizada a máquina a grandes velocidades, el calor de fricción producido entre la aguja y el tejido es motivo de diversos problemas de fricción. Los suavizantes de elevado punto de fusión son los más efectivos en estos casos, los cuales mitigan la fricción entre la aguja y el tejido, mejorando la acción de cosido.
- Influencia entre los apresos ignífugos del tejido: Los apresos ignífugos son propensos a impartir un tacto áspero al tejido, por lo que se requiere la utilización de suavizantes. Existe la opinión de que los suavizantes catiónicos empeoran el efecto ignífugo de los tratamientos del tejido (Carrión, 1988).

#### **2.2.5.4. Manufactura del suavizante**

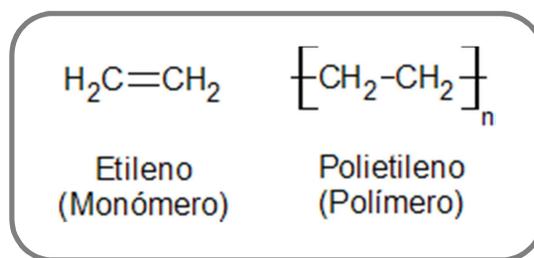
El suavizante se fabrica a partir de una combinación de aditivos suavizantes, perfume, color, conservante y agua. El agua es el principal ingrediente, primero es tratada por filtro de carbón activado y arena, para luego pasar por un suavizador, de manera de obtener un agua libre de residuos e impurezas para el proceso. El resto de los aditivos son importados, se compran en empresas distribuidoras de productos químicos y son trasladadas en camiones hasta la empresa.

En el proceso de manufactura, primero se precalienta parte del agua con una caldera que trabaja quemando gas natural hasta los 85°C aproximadamente, luego son vertidos los aditivos sólidos para que se derritan. Una vez se obtiene una mezcla homogénea, se mezcla con el resto del agua fría en constante agitación y se deja reposar hasta el día siguiente. Se termina el proceso al agregar y agitar el conservante, colorante y el perfume seleccionado. Al cabo de 24 horas de reposo el producto se envasa en galones de polietileno de alta densidad para su distribución y comercialización. En la figura 2.9 se observa el diagrama de bloques del proceso.

#### **2.2.6. Polietileno**

El polietileno (PE) es un material termoplástico blanquecino, de transparente a translúcido, y es frecuentemente fabricado en finas láminas transparentes. Las secciones gruesas son translúcidas y tienen una apariencia de cera. Mediante el uso de colorantes pueden obtenerse una gran variedad de productos coloreados.

Por la polimerización de etileno pueden obtenerse productos con propiedades físicas muy variadas. Estos productos tienen en común la estructura química fundamental  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ , y en general tienen propiedades químicas de un alcano de peso molecular elevado. Este tipo de polímero se creó para usarlo como aislamiento eléctrico, pero después ha encontrado muchas aplicaciones en otros campos, especialmente como película y para envases.



**Figura 2.7. Estructura del polietileno**

### 2.2.6.1. Tipos de polietileno

En general hay dos tipos de polietileno:

- De baja densidad (LDPE)
- De alta densidad (HDPE).

El polietileno de baja densidad tiene una estructura de cadena enramada, mientras que el polietileno de alta densidad tiene esencialmente una estructura de cadena recta.

El polietileno de baja densidad fue producido comercialmente por primera vez en el Reino Unido en 1939 mediante reactores autoclave (o tubular) necesitando presiones de 14.500 psi (100 MPa) y una temperatura

de unos 300°C. El polietileno de alta densidad fue producido comercialmente por primera vez en 1956-1959 mediante los procesos de Philips y Ziegler utilizando un catalizador especial. En estos procesos la presión y temperatura para la reacción de conversión del etileno en polietileno fueron considerablemente más bajas. Por ejemplo, el proceso Philips opera de 100 a 150°C y 290 a 580 psi (2 a 4 MPa) de presión.

Sobre 1976 se desarrolló un nuevo proceso simplificado a baja presión para la producción de polietileno, el cual utiliza una presión de 100 a 300 psi (0,7 a 2 MPa) y una temperatura de unos 100°C. El polietileno producido puede describirse como un polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) y tiene una estructura de cadena lineal con ramificaciones laterales cortas, inclinadas.

#### **2.2.6.2. Condiciones generales del polietileno**

Las propiedades de las resinas de polietileno se deben principalmente, sino exclusivamente a tres propiedades moleculares básicas: densidad, peso molecular promedio y distribución del peso molecular. Estas propiedades básicas a su vez dependen del tamaño, estructura y uniformidad de la molécula de polietileno. Algunas de las propiedades que hacen del polietileno una materia prima tan conveniente para miles de artículos manufacturados son, entre otras, poco peso, flexibilidad, tenacidad, alta resistencia química y propiedades eléctricas sobresalientes.

La enorme competencia en el mercado de polietileno ha traído consigo más trabajos acerca de la modificación de polietilenos con propiedades específicas para aplicaciones determinadas. Son de esperar mejoras en propiedades parejas con determinados usos, a medida que se comprenda mejor la estructura de los diversos polímeros de polietileno y su relación con las propiedades físicas y químicas.

### **2.2.6.3. Proceso de fabricación de envases de polietileno**

#### **➤ El proceso de extrusión**

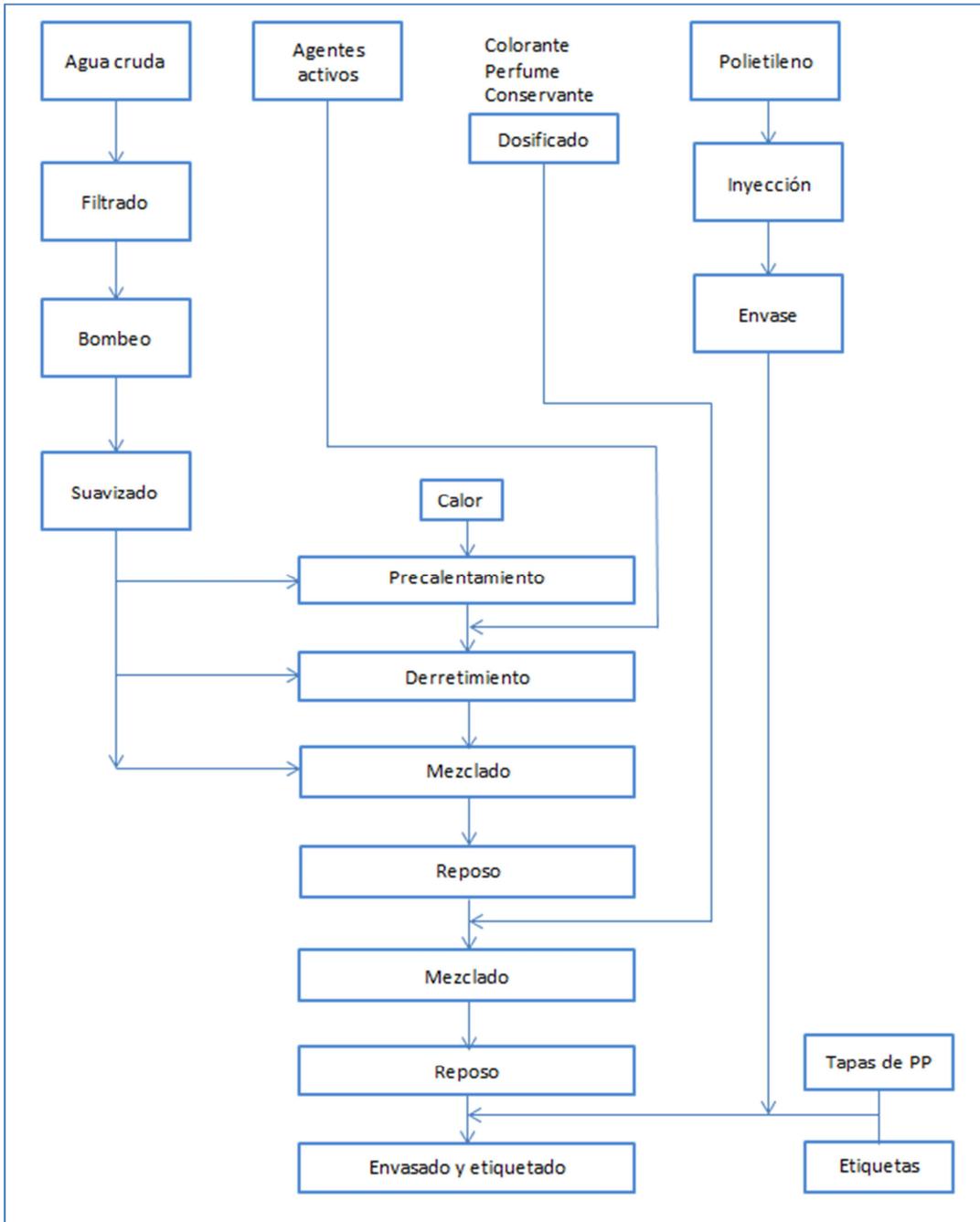
Los termoplásticos se fabrican utilizando el extrusor, una máquina que procesa estos materiales. La materia prima en forma de granos pequeños se introduce por un embudo en un cañón calentado, donde un cilindro con rosca de tornillo la transporta a lo largo del tubo. El material se va fundiendo, por lo que ocupa menos espacio, y va saliendo por un extremo. Posteriormente, la fabricación del plástico se completa mediante dos procesos: la extrusión combinada con soplado y el moldeo con inyección a presión.

#### **➤ Moldeo con inyección a presión**

El material de plástico se calienta hasta el punto de fusión, se inyecta a una alta presión en moldes con refrigeración, donde se enfría y se solidifica con la forma del objeto. El molde se construye en dos mitades que se separan después de la inyección para retirar el artículo de plástico. El proceso genera residuos sólidos, filtraciones de aceites hidráulicos y la utilización de aceites de refrigeración de herramientas.

➤ **Extrusión combinada con soplado**

La materia prima plástica se funde y se procesa a través de una boquilla. Luego, mediante una serie de operaciones auxiliares, se obtienen los productos de material plástico. Este proceso incluye la generación de desechos sólidos, la utilización de agua para el enfriamiento, y, en algunos casos, de disolventes químicos que emiten compuestos orgánicos volátiles responsables de la formación del ozono troposférico.



**Figura 2.8. Diagrama de bloques del proceso de manufactura del suavizante y del envase de polietileno.**

### 2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS

A continuación se presentan las definiciones de algunos términos utilizados según la norma ISO 14040:2006 **Análisis del Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.**

**Ciclo de vida:** Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final.

**Análisis de ciclo de vida (ACV):** Recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida.

**Análisis de inventario de ciclo de vida (ICV):** Fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida.

**Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV):** fase del análisis del ciclo de vida en la que los hallazgos del análisis del inventario o de la evaluación del impacto, o de ambos, se evalúan en relación con el objetivo y el alcance definidos, para llegar a conclusiones y recomendaciones.

**Proceso:** conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

**Flujo elemental:** materia o energía que entra al sistema bajo estudio, que ha sido extraída del medio ambiente sin una transformación previa por el ser humano, o materia o energía que sale del sistema bajo estudio, que es liberada al medio ambiente son una transformación posterior por el ser humano.

**Flujo de energía:** entrada o salida de un proceso unitario o un sistema del producto, expresada en unidades de energía.

**Materia prima:** materia primaria o secundaria que se utiliza para elaborar un producto.

**Asignación:** distribuciones de los flujos de entrada o de salida de un proceso o un sistema del producto entre el sistema del producto bajo estudio y uno o más sistemas del producto diferentes.

**Criterio de corte:** especificación de la cantidad de flujo de materia o de energía o del nivel de importancia ambiental asociado a los procesos unitarios o al sistema del producto para su exclusión del estudio.

**Calidad de los datos:** característica de los datos que se relaciona con su capacidad para satisfacer los requisitos establecidos.

**Unidad funcional:** desempeño cuantificado de un sistema del producto para su uso como unidad de referencia.

**Resultado del análisis del inventario del ciclo de vida; resultado del ICV:** resultado de un análisis del inventario del ciclo de vida que clasifica los flujos que atraviesan los límites del sistema y que proporciona el punto de partida para la evaluación del impacto del ciclo de vida.

**Flujo de producto:** productos que entran y salen de un sistema del producto hacia otro.

**Sistema del producto:** conjunto de procesos unitarios con flujos elementales y flujos de producto, que desempeña una o más funciones definidas, y que sirve de modelo para el ciclo de vida de un producto.

**Flujo de referencia:** medida de las salidas de los procesos, en un sistema del producto determinado, requerida para cumplir la función expresada mediante la unidad funcional.

**Límite del sistema:** conjunto de criterios que especifican cuáles de los procesos unitarios son parte de un sistema del producto.

**Proceso unitario:** elemento más pequeño considerado en el análisis del inventario del ciclo de vida para el cual se cuantifican datos de entrada y salida.

**Factor de caracterización:** factor que surge de un modelo de caracterización, que se aplica para convertir el resultado del análisis del inventario del ciclo de vida asignado a la unidad común del indicador de categoría.

**Categoría de impacto:** clase que representa asuntos ambientales de interés a la cual se pueden asignar los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida.

**Indicador de categoría de impacto:** representación cuantificable de una categoría de impacto.

**Verificación de integridad:** proceso para verificar si la información de las fases de un análisis del ciclo de vida es suficientemente completa para llegar a conclusiones, de acuerdo con la definición del objetivo y el alcance.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se definen el tipo y diseño de la presente investigación, al igual que las técnicas de recolección de datos que se utilizaron, se representa también como fueron analizados y presentados los datos y resultados, a su vez se menciona el procedimiento metodológico seguido durante toda la investigación.

#### **3.1.- TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Según la definición de González (2007), la presente investigación es de tipo descriptiva, ya que se centra en describir a profundidad el ciclo de vida de un producto y a medir, con la mayor certeza posible, el sistema que se estudia.

#### **3.2.- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación tiene un diseño de campo no experimental porque se adapta a la definición dada por González (2007), ya que se recogerán datos in-situ dentro del proceso de fabricación del suavizante y del envase de polietileno, complementando a la par, con bases de datos comerciales, los datos que no se puedan medir, siempre realizando los ajustes necesarios para que estén dentro de la realidad del país.

### **3.3.- DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA**

#### **Fase I: Revisión bibliográfica y reconocimiento del sistema**

En una primera etapa de la investigación se realizó una extensa revisión bibliográfica sobre el ciclo de vida, la fabricación del suavizante de ropa y del envase de polietileno de alta densidad. Luego se realizó el reconocimiento del proceso productivo del suavizante, esto se hizo en la empresa mediante reuniones con el gerente encargado de la manufactura del producto y del área ambiental, de manera de identificar los flujos de entrada y salida del proceso productivo y de sus procesos unitarios.

A la par se sostuvieron reuniones con la empresa encargada de la fabricación del envase de polietileno utilizado para envasar el suavizante, específicamente con el gerente general y el encargado del área de producción, de manera de conocer su proceso de manufactura e identificar los flujos de entrada y de salida del sistema a estudiar. Esta etapa permitió asentar las bases para definir el objetivo, delimitar el sistema y el alcance del estudio, y definir la unidad funcional, tomando en cuenta, a su vez, la disponibilidad del tiempo, los datos y los recursos disponibles para realizar la investigación.

#### **Fase II: Determinación del inventario del ciclo de vida**

Una vez conocido ambos procesos de fabricación y definido el objetivo y el alcance del estudio, se realizó la recolección de los datos de cada proceso unitario. Para los procesos de fabricación, se recolectaron mediante un recorrido por cada planta y se midieron los parámetros in-situ, para luego

registrarlos en las hojas de recolección de datos especialmente diseñadas para tal fin. Esto se llevó a cabo para rellenar las tablas correspondientes a los datos del sistema estudiado y armar el inventario del ciclo de vida.

Para los datos de recursos, emisiones y efluentes relacionados con los procesos de fabricación, transporte de materia prima y transporte de producto final que no fueron posibles medir de manera directa, se utilizaron bases de datos comerciales europeas y estadounidenses de libre acceso en internet. Estas son: la US LCI DATABASE recopilada por el NREL (National Renewable Energy Laboratory); y la CPM LCA DATABASE recopilada por el Center for Environmental Assessment of Product and Material Systems y administrada por la Chalmers University of Technology de Suecia.

Dichas bases de datos manejan una gran cantidad de procesos unitarios, luego de una extensa revisión, se seleccionaron las hojas de datos que coincidieron mejor con la realidad tecnológica del país, siempre dentro de los límites, objetivo y el alcance del estudio. Cabe destacar que en la mayoría de los casos, los datos reportados son estimaciones por aproximación de los datos reales. Esto fue necesario, en vista de la falta de disponibilidad de información referida a los procesos industriales venezolanos.

De las hojas de datos se extrajeron los datos de entrada contabilizando las entradas materiales, combustibles utilizados y consumo eléctrico; mientras que para los datos de salida se tomaron en cuenta las emisiones atmosféricas. Por otro lado, todas las distancias de los procesos

de transporte se estimaron con el uso de la herramienta gratuita “google maps” encontrada en internet, esto se realizó señalando los puntos de partida y llegada sobre un mapa satelital y el programa arroja una ruta aproximada utilizando las principales vías del país y la distancia.

Una vez recolectados todos los datos de entrada, salida y distancias, se procedió a realizar las fichas de datos para cada proceso unitario (ANEXO II), estos datos fueron vaciados en una hoja de cálculo de Excel para luego aplicar un cálculo matricial, de manera de tener todos los datos referenciados con la unidad funcional.

Para referenciar los datos con la unidad funcional, se transformaron todos los datos en función a la unidad funcional utilizando la ecuación 1 descrita a continuación:

$$A = B.C \quad (1)$$

Donde:

A: Cantidad de emisión o recurso en función a la unidad funcional (Kg R o E/ UF).

B: Cantidad de emisión o recurso por cada material utilizado (Kg R o E/ Kg de material).

C: Cantidad de material utilizado en la unidad funcional (Kg de material /UF).

Para el transporte de materias primas y distribución del producto terminado, se deben manejar las distancias recorridas y el tipo de transporte utilizado, se asumió que el transporte viaja a capacidad completa de carga y regresa vacío al punto de origen, la ecuación (2) permite evaluar la cantidad de recurso consumido o emisión generada en función a la unidad funcional tomando en cuenta las distancias.

$$A = F.D.E \quad (2)$$

Donde:

F: Cantidad de recurso consumido o emisión generada por cada kilómetro que recorre una tonelada de material (Kg E o R / ton.km).

D: Cantidad de material en una unidad funcional (ton de Material / UF).

E: Distancia recorrida en km.

En el Anexo IV se aprecia la tabla con los cálculos de tmk/UF de cada proceso de transporte; para su cálculo se utilizó la información del departamento de ventas y compras de las empresas junto con la información de los pesos de cada elemento en la unidad funcional.

Una vez calculada la cantidad de cada recurso y emisión en función de la unidad funcional de cada proceso unitario, se construyó la tabla del inventario de ciclo de vida. Para conocer el total del consumo de recursos y la cantidad total de emisiones generadas, se realizó la sumatoria de todo el ciclo de vida, la ecuación (3) permite cuantificar dichas cantidades para

representar un resultado global de todo el ciclo de vida del suavizante de ropa.

$$A' = \sum_{i=1}^n A_i \quad (3)$$

Donde:

A': Cantidad total de un recurso consumido o una emisión generada por unidad funcional (kg de E o R / UF).

Con estos datos se construyó la tabla de inventario total del ciclo de vida del producto, presentándose a manera de cuadro, con la cantidad individual de cada recurso consumido y emisión generada, y la sumatoria resultante de todo el ciclo de vida.

### **Fase III: Evaluación de la carga ambiental con el Eco-Indicador 99**

Para la etapa de evaluación de la carga ambiental, se utilizó la metodología del Eco-Indicador 99, la cual permite estimar de una forma cualitativa el impacto ambiental generado en cada etapa del ciclo de vida, así como también el global del todo el sistema. Para esto se extrajeron de la base de datos CPM LCA DATABASE, señalada anteriormente, los valores del indicador por unidad de recurso y emisión junto con su ponderación para cada una de las categorías de impacto que se evaluaron, estas categorías fueron: daño a la salud humana, daño a la calidad del ecosistema y daño a los recursos.

Luego se relacionaron dichos valores con los resultados registrados en la tabla de inventario de ciclo de vida mediante la fórmula (4), obteniendo así la carga ambiental en cada categoría para cada recurso y emisión de un proceso unitario.

$$Ca = I.R \quad (4)$$

Donde:

Ca: Carga ambiental del recurso o emisión (Pt).

I: El indicador para cada recursos o emisión (Pt / MJ o Kg).

R: La cantidad de recurso utilizada o emisión generada (MJ o Kg).

Luego, se obtuvieron mediante la sumatoria de las cargas individuales, las cargas ambientales totales para cada categoría de impacto señalada, y luego se sumaron para obtener el indicador que representa la carga ambiental total del ciclo de vida, ejemplo de los cálculos y todas las tablas con los resultados de las cargas ambientales se encuentran en el anexo V. Una vez calculada la carga ambiental de cada proceso unitario, se hicieron comparaciones entre cada uno, determinando los puntos críticos en el ciclo de vida donde la carga ambiental es mayor; los resultados se presentaron en gráficos de barras para una comparación más sencilla.

#### **Fase IV: Análisis del ciclo de vida y proposición de mejoras**

Como fase final se analizó el ciclo de vida, lo primero que se hizo fue la detección de los flujos significativos, esto se realizó relacionando los totales de cada uno de los recursos y las emisiones para los cuales se tenía un valor de Eco-indicador 99 con su respectivo indicador, considerándose un

flujo significativo cada flujo que posea una carga ambiental mayor o igual a 0,05%.

Luego se realizó un análisis de contribución para cada flujo significativo. Se evaluó, mediante la construcción de gráficos de barras, la contribución de cada flujo recurso o emisión significativos para cada proceso unitario. Esto permite tener una visualización de cuál proceso unitario contribuye más a la emisión o consumo de algún recurso, haciendo posible la toma de acciones sobre ese proceso unitario.

También se representó de la misma manera y con el mismo fin la carga ambiental por cada categoría de impacto, de manera de identificar qué proceso unitario es el que contribuye más con la carga ambiental del sistema. Todo esto con el fin de proponer mejoras en los puntos críticos determinados.

Por último, aunque no se tenía contemplado dentro del objeto del ciclo de vida, se realizó un pequeño análisis cuantitativo del agua residual y los residuos sólidos generados en el proceso productivo del suavizante, de manera de tener una visual más global del proceso de la empresa.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En este capítulo se presenta el informe del estudio, realizado bajo las directrices de la norma ISO 14044:2006, denominada: “Análisis del Ciclo de Vida. Requisitos y Directrices”. Este informe abarca las fases de un ACV simplificado, es decir, abarca la definición del objetivo y el alcance del estudio, el análisis de inventario, la evaluación de cargas ambientales y por último la interpretación del análisis de inventario y las cargas ambientales, de donde se elaboran las recomendaciones de mejora para los procesos productivos.

#### **4.1. INFORME DEL ACV**

##### **ESTUDIO DEL CICLO DE VIDA DE UN SUAVIZANTE PARA EL LAVADO DE LA ROPA**

###### **4.1.1. FASE I: Definición del objetivo y alcance del estudio.**

###### **I.1. Objetivo del estudio**

Analizar el ciclo de vida simplificado de un lote de suavizante para el lavado de ropa envasado en galones de polietileno de alta densidad, con el fin de identificar los puntos críticos en el desempeño ambiental del producto y de esta manera proponer mejoras, haciendo énfasis en el consumo de energía, agua y materiales, y en la generación de las emisiones atmosféricas.

La información de este estudio será presentada como trabajo de grado para optar al título de Magíster en Ingeniería Ambiental otorgado por la Universidad de Carabobo. Adicionalmente, las industrias manufactureras, podrán hacer uso de los resultados para identificar oportunidades de mejora e implementar cambios orientados hacia la minimización de los impactos ambientales generados por el producto a lo largo de todo su ciclo de vida.

## **I.2. Alcance del estudio**

### **Sistema del producto**

Se seleccionó el sistema del producto suavizante para el lavado de ropa luego de una reunión con el personal de la planta, ya que este es el producto donde se consume más energía y agua, y en donde la gerencia de la empresa quiere tomar acciones para disminuir este consumo y hacer que el proceso sea más eco-eficiente.

El sistema seleccionado consiste en la fabricación de un suavizante para el lavado de la ropa, formulado para suavizar todo tipo de ropa con un alto desempeño, el cual es comercializado en envases de polietileno de alta densidad con una capacidad de 3,875 litros. Por acuerdos de confidencialidad no se revelan los nombres de los agentes activos, aditivos, conservante, ni su nombre comercial. El sistema abarca la producción tanto del suavizante como la del galón para su envasado y comercialización, se incluye también la extracción y manufactura del polietileno, y el transporte de las materias primas. No se incluyen las etapas de extracción y procesamiento de los aditivos del suavizante, ya que estos son importados y la empresa no tiene ningún tipo de control ni información sobre estos procesos; tampoco se

incluyeron la fase de uso del producto ni su disposición final, porque aunque se sabe que no se generan emisiones atmosféricas por ser un lavado de ropa a mano o con una lavadora, para ambos casos no se tienen datos de la energía eléctrica utilizada, ni de los efluentes generados, ni se encontraron en ninguna base de datos comercial, tampoco se tienen datos de la disposición final de los envases, ya que el usuario puede reutilizarlos, reciclarlos, desecharlos o darle otro uso; recolectar estos datos extendería demasiado la investigación, mientras que intentar hacer una aproximación no proporcionaría resultados representativos ni exactos.

### **Función del sistema**

Su función es fabricar un producto capaz de suavizar la ropa en el proceso de lavado, ayudando así al planchado de la prenda, ahorrando energía y tiempo al consumidor.

### **Premisas:**

- La empresa manufacturera del envase fabrica envases de polietileno de alta densidad con una capacidad de 3,875 Litros y los despacha en lotes de 36 unidades.
- La empresa manufacturera del suavizante fabrica el producto en lotes de 177,17 kilogramos y los envasa en 52 galones de polietileno de alta densidad para su comercialización y consumo.

### **Unidad funcional**

Fabricación de 52 galones de suavizante para el lavado de la ropa.

### Flujo de referencia

177,17 kilogramos de suavizante de ropa envasado en 52 galones de polietileno de alta densidad. En la tabla 4.1 se muestran los pesos para cada elemento que forma parte del flujo de referencia.

**Tabla 4.1 Elementos del flujo de referencia**

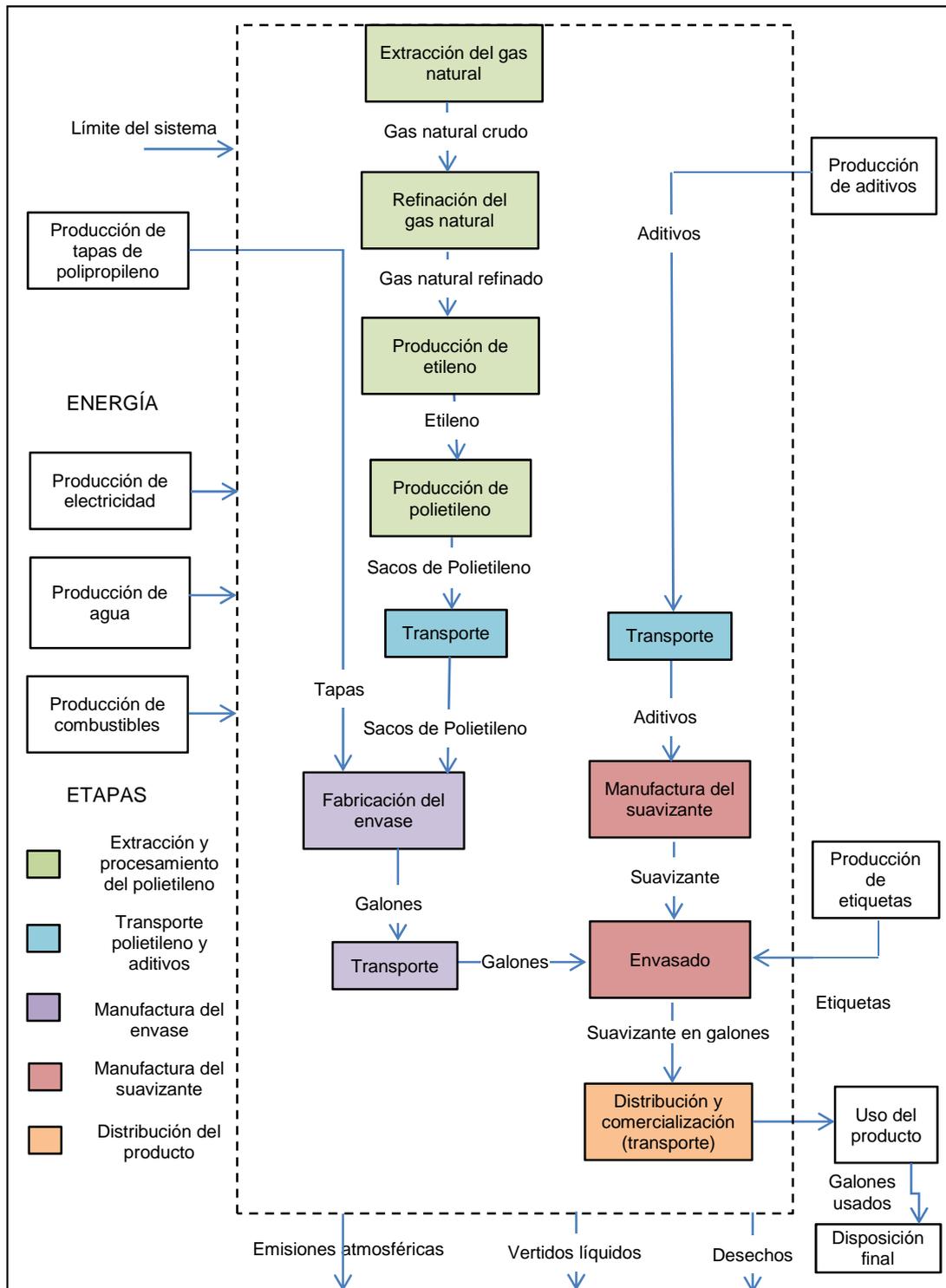
Elemento	Unidad	Cantidad	% en peso
<b>177,17 kg de suavizante</b>			
Agua	kg	171,27	93,03
Aditivo A	kg	2,00	1,09
Aditivo B	kg	2,00	1,09
Aditivo C	kg	0,70	0,38
Fragancia	kg	1,00	0,54
Conservante	kg	0,18	0,09
<b>52 galones de polietileno de alta densidad</b>			
Polietileno	kg	6,76	3,67
Tapas de polipropileno	kg	0,15	0,08
Etiquetas	kg	0,05	0,03
<b>Total Peso de la UF</b>	<b>kg</b>	<b>184,11</b>	<b>100 %</b>
Según el criterio de corte establecido, se dejan por fuera todos aquellos elementos cuyo peso sea < 0,5% del peso de la unidad funcional.			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de las empresas.

### Límites del sistema

El sistema bajo estudio comprende todo el ciclo de vida del suavizante para el lavado de la ropa, con un enfoque holístico que comprende todas las etapas “de la cuna a la tumba”. Por lo tanto se incluirán las etapas de

extracción y procesamiento del gas natural, producción de etileno y polietileno, transporte de materias primas, manufactura del envase de polietileno de alta densidad, fabricación, envasado y distribución del suavizante.



**Figura 4.1 Ciclo de vida del suavizante de ropa en galones**  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1 se presenta el diagrama de flujo donde se representa el ciclo de vida del suavizante de ropa en galones y se puede visualizar el límite del sistema del producto que será analizado en este estudio. En este diagrama se representan los procesos unitarios del sistema producto, los cuales se encuentran clasificados según la etapa del ciclo de vida en el que se desarrollan; así como las entradas y salidas correspondientes a cada proceso y el sistema en general.

En función al objetivo del ACV, los flujos de salida que se determinaron corresponden sólo a las emisiones atmosféricas, cantidad de agua residual y producto terminado. Se tomaron en cuenta sólo las emisiones rutinarias y no las accidentales. Sólo se tomó en cuenta la cantidad de agua residual generada en el proceso de fabricación y no su composición, ya que un análisis de laboratorio específico del agua residual sería muy costoso y se sale del presupuesto aprobado para la investigación.

En cuanto a las entradas al sistema, se clasifican en entradas de materiales y entradas de energía. Para las entradas de materiales se estableció un criterio de corte de masa, donde se dejan fuera del sistema todos los elementos que sean menores del 0,5% del peso de la unidad funcional, ya que estas corrientes no son significativas para el estudio. Los materiales que entran al sistema son: agua, aditivos y fragancia para el suavizante; polietileno de alta densidad y tapas para el envase; y etiquetas para el envasado. Por otra parte, se necesitan unas entradas auxiliares, que aunque no forman parte del producto, se utilizan para su fabricación, tales como: gas natural para el transporte dentro de la planta; paletas, para almacenar el producto; bolsas plásticas, para embalar los galones, entre

otros. En este estudio, por tratarse de un análisis de ciclo de vida simplificado, no se contabilizaron estas entradas.

En cuanto a las entradas de energía, se identificaron tres flujos principales: electricidad, la cual es consumida por los distintos equipos y maquinarias; gas licuado de petróleo, el cual es utilizado por el sistema térmico para la manufactura del suavizante; fueloil y diesel para el transporte externo. Además, también se identificaron otros combustibles, como la gasolina y el gas natural, los cuales son reportados en las bases de datos comerciales utilizadas para los distintos procesos de generación calor en hornos industriales y calderas. Para dichos casos, se incluyen las emisiones por su combustión y se cuantifica el consumo de los distintos combustibles.

No se tomó en cuenta el consumo de gas natural utilizado por el montacargas, ya que no se conoce con certeza su consumo y mucho menos su consumo relacionado al producto. Para la contabilización de la energía, se tomó en cuenta sólo la energía de combustión o de proceso, dejando por fuera del sistema todos los procesos de obtención, procesamiento y distribución de los distintos combustibles debido a su complejidad y a la extensión del estudio.

La energía eléctrica que se utiliza proviene de la red nacional eléctrica suministrada por CORPOELEC, de la cual se asume que más del 70% es de origen hidroeléctrico y el resto es de origen termoeléctrico, por combustión de gas natural o gasoil. La energía eléctrica será expresada en kWh y las

cantidades específicas de combustible serán convertidas en equivalentes energéticos (MJ) asumiendo los siguientes valores para el poder calorífico.

**Tabla 4.2 Densidad y poder calorífico de algunos combustibles**

Combustible	Poder calorífico		Densidad
	MJ/kg	MJ/m <sup>3</sup>	
<b>Gas Natural</b>	30,3	36,6	0,753 kg/m <sup>3</sup>
<b>Fueloil</b>		26,78	0,975 kg/L
<b>GLP</b>	48,43	41,85	0,559 kg/L
<b>Gasolina</b>	45,85		0,72 kg/L
<b>Petróleo</b>	41,00		

Fuente: Howes and Fainberg, 1991

No se tomó en cuenta la infraestructura, maquinarias y equipos utilizados en el sistema, ni su mantenimiento, debido a que todos ellos poseen un período de vida útil muy largo y pueden llegar a producir una gran cantidad de lotes de suavizante y envases antes de requerir de mantenimiento o ser desmontados, por lo que su impacto puntual al ser contabilizado en la unidad funcional resulta minúsculo e insignificante.

El sistema se dividió y evaluó en cinco etapas; la primera etapa fue la extracción y procesamiento de polietileno, la cual comprende los procesos de extracción de gas natural, refinación de gas natural, producción de etileno y producción de polietileno. La extracción de materia prima y el procesamiento de los aditivos del suavizante no se evaluaron, ya que no son de interés para el presente estudio, por lo que entran al sistema como flujos de materiales.

La segunda etapa evaluada fue el transporte de materia prima y comprende todos los procesos unitarios de transporte de materia prima desde su puerto o fábrica de origen hasta las empresas manufactureras del envase y del suavizante, incluido el transporte de los sacos de polietileno de alta densidad; cabe resaltar que estos procesos generan emisiones atmosféricas por su consumo de combustibles fósiles.

La tercera etapa comprende la fabricación del envase, incluido el transporte de los mismos hasta la planta del suavizante. En cuanto a la manufactura del galón de polietileno de alta densidad, se utiliza un proceso de extrusión y soplado, por lo que no se genera ningún tipo de emisión atmosférica, ya que solamente utiliza electricidad como fuente de energía. Se genera un residuo plástico en su manufactura, conocido como scrap, el cual es molido y mezclado con materia prima virgen para hacer más envases, por lo que no sale del sistema. También se utiliza agua para el sistema de enfriamiento del molde, pero al ser éste un sistema cerrado no genera efluentes y no se contabilizó.

En la cuarta etapa del ciclo de vida, se evaluó la manufactura y envasado del suavizante. En cuanto a la fabricación del suavizante, se tiene primero un proceso de precalentamiento de materia prima utilizando un calentador que consume gas licuado de petróleo, proceso en el cual se generan todas las emisiones de la planta, ya que los cambios químicos ocurridos en su fabricación no generan emisiones; luego un proceso de mezclado, con una máquina mezcladora la cual funciona con electricidad. Se genera un efluente al lavar todos los implementos, maquinarias y utensilios

utilizados en el proceso de fabricación, la cantidad de agua residual es contabilizada.

Por último, la etapa de distribución y comercialización del producto, la empresa manufacturera le vende a distribuidores autorizados, a los cuales se les despacha el producto en camiones tipo 350, y se sabe de los registros que todos los clientes están ubicados en promedio a 15 kilómetros de la fábrica, por lo que se estimaron los envíos con este promedio de distancia.

Todos los procesos unitarios que forman parte del sistema están asociados exclusivamente al producto que se modela, por lo tanto no existe la necesidad de aplicar ningún procedimiento de asignación.

### **Categorías de impacto ambiental y metodología de evaluación e interpretación**

El impacto ambiental se estimó como cargas ambientales, ya que el presente informe corresponde a un ciclo de vida simplificado, y hacer una evaluación de impacto completa extendería demasiado la investigación; utilizando la metodología del Eco-Indicador 99 para la estimación de las cargas ambientales de cada proceso unitario dentro del sistema de producto estudiado.

Eco-Indicador 99 presenta los factores de daño desde tres perspectivas: perspectiva jerárquica, perspectiva igualitaria, y la perspectiva

individualista. Este método de evaluación de impacto utiliza los factores de daño Eco-Indicador 99 desde la perspectiva jerárquica para las listas de sustancias que se pueden encontrar en las bases de datos más populares del ACV.

Utilizando los parámetros de caracterización de las cargas ambientales de una base comercial y referenciándolas con los resultados del inventario del ciclo de vida, se estimó el Eco-Indicador 99 para cada categoría de impacto en cada proceso unitario incluido en el sistema previamente definido; se determinaron los flujos significativos aplicando un criterio de corte de carga ambiental mayor o igual a 0,05%, cada flujo que cumpla con este criterio será considerado un flujo significativo.

Una vez definidos dichos flujos, por medio de gráficos de barras se comparan cada uno de los flujos significativos generados en todas las etapas, conociendo de esta manera un estimado de la carga ambiental de cada una, y determinando los procesos y puntos críticos del sistema.

### **Tipo, fuente y requisitos de calidad de los datos**

Los datos para el presente estudio, en las etapas de manufactura del envase y manufactura del suavizante, se obtuvieron de primera mano, es decir, fueron tomados y medidos directamente en ambas plantas.

Sin embargo, para aquellos procesos unitarios en los cuales no se disponía de información primaria por imposibilidad de medición, se utilizaron bases de datos comerciales para estimarlos. Tomando en cuenta las características, descripción, ubicación geográfica, tecnología y edad de la data, se seleccionaron cuidadosamente los *datasets* (hojas de datos) para cada proceso. En la mayoría de los casos, esta información es una aproximación a los valores reales, pero ante la falta de información resulta una mejor alternativa que una simple omisión.

Por otro lado, los parámetros de caracterización de las cargas ambientales para el Eco-Indicador 99 se tomaron de la base de datos administrada por la Universidad Tecnológica de Chalmers en Suecia, la cual, aunque es estimada en su mayoría para Europa, resulta una buena y aceptable referencia para ser utilizada, ya que algunos impactos ambientales tienen una influencia global.

Para este estudio, los datos, dentro de lo posible, cumplen con los siguientes requisitos de calidad. En caso de que no sea así se señala el incumplimiento de dichos requerimientos:

- Se especifica el origen de los datos de cada proceso unitario.
- Los datos constituyen medias aritméticas.
- No poseen una antigüedad mayor a 10 años.
- Los procesos unitarios que se estimen con valores de bases de datos comerciales, deben tener tecnologías similares a los presentes en este estudio.

- Se indicará el grado de incertidumbre de datos, modelos y suposiciones cuando sea necesario.

#### **4.1.2. FASE II: Análisis del inventario de ciclo de vida (ICV).**

##### **II.1 Procedimiento de recopilación de datos**

Los datos fueron recolectados de primera mano tanto en la fábrica de envases, como en la industria manufacturera del suavizante, utilizando las hojas de recolección de datos diseñadas para tal fin (ANEXO I). Mientras que para los procesos unitarios en los cuales no se tenía acceso a datos de primera mano, estos se extrajeron de la base de datos US LCI DATABASE y agregados a las hojas de cálculo del inventario.

Se llevaron a cabo entrevistas con el personal calificado de cada planta, y se realizaron visitas en ambas plantas para conocer el proceso y recolectar los datos de las máquinas y equipos directamente. También se solicitaron las hojas de producción, reportes de consumo y registros de compras para recopilar los datos de la procedencia de los materiales y del transporte de los mismos.

El consumo eléctrico se midió con una pinza amperimétrica, la cual se colocaba en el tablero de cada equipo para realizar la lectura de la intensidad (A) de corriente suministrada por cada uno, al mismo tiempo que se medía el tiempo de producción con un cronómetro y se comparaba con los registros de la fábrica para luego hacer los cálculos correspondientes. Luego, con una

balanza electrónica se pesó el envase vacío, el scrap generado, el envase lleno, los aditivos, el agua residual producida, entre otras cosas.

Con todos los datos y la información recolectados, se realizaron las fichas de inventario para cada proceso unitario que se encuentran en el anexo II. La información fue registrada cumpliendo los requisitos establecidos en la norma ISO 14040, considerando los siguientes puntos:

- Nombre del proceso unitario.
- Unidad referencial de los datos.
- Método de recolección de datos.
- Representatividad de los datos.
- Tecnología representada en los datos.
- Localización geográfica de los datos recolectados.
- Descripción general del proceso unitario.
- Entradas y salidas del proceso unitario.

Para algunos procesos unitarios del sistema, los datos recopilados son aproximaciones a la situación tecnológica y geográfica real. A continuación se reportan dichas inconsistencias.

**Extracción y procesamiento de materia prima:** Comprende la extracción del gas natural, su refinación, la producción de etileno y polietileno de alta densidad, fichas # 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Se utilizaron las *datasets* de la base de datos US LCI DATABASE para la recolección de datos de estos 4 procesos unitarios, ya que por limitaciones del estudio no se pudieron recoger de primera mano. También se utilizaron las *datasets* de la combustión de cada combustible utilizado en el proceso, de manera de

conocer todas las emisiones generadas. La empresa encargada de la extracción del gas natural y su refinación en Venezuela es PDVSA, mientras que la encargada de la producción de etileno y polietileno es PEQUIVEN. Se conoce que la tecnología utilizada por PDVSA es similar, en los aspectos principales, a la reportada en las *datasets*, pero pueden existir diferencias en los combustibles utilizados, o en algunos equipos que hayan sido modificados por la zona geográfica, por lo que es una aproximación bastante exacta pero no necesariamente 100% igual.

**Procesos de transporte:** Se eligieron para modelar los medios de transporte, 3 *datasets* de la base de datos US LCI DATABASE, las cuales utilizan tecnología de transporte promedio estadounidense, utilizadas también en Venezuela. Los 3 medios de transporte utilizados fueron: transporte en buque transoceánico, transporte en gandola y transporte en camión (fichas # 5, 6 y 7). Para los valores de tkm (tonelada de carga por kilómetros recorrido) se estimaron las distancias asumiendo las rutas más directas en los dos puntos utilizando la herramienta gratuita de “google maps”, esto no necesariamente coincide con las rutas reales, pero se acepta como una buena aproximación. Por otro lado se asumió que todos los vehículos terrestres utilizan diesel como combustible y regresan vacíos a su lugar de partida.

**Fabricación del suavizante:** en el proceso de manufactura del suavizante (ficha # 9), sólo se reportan las emisiones atmosféricas que se producen por la combustión de gas licuado de petróleo en el calentador. Para esto se utiliza una bombona de 46 kg, la cual se pesó al principio y final del proceso para conocer la cantidad de gas quemado, y utilizando la *dataset* de

combustión de gas licuado de petróleo en una caldera industrial, de la base de datos de US LCI DATABASE, se aproximaron las emisiones generadas. Existen variaciones en el tipo de calentador, aunque el combustible sea el mismo, pero se aceptan las estimaciones realizadas. Una vez preparado el suavizante no ocurren otro tipo de emisiones.

## **II.2. Procedimientos de cálculo**

### **Consumo eléctrico**

Para el consumo eléctrico, tal y como se explicó anteriormente, se midió la intensidad con una pinza amperimétrica en cada equipo, de ambas fábricas, y se expresó el resultado en amperios (A); conociendo el voltaje suministrado en el equipo se puede calcular la potencia eléctrica consumida. Sin embargo, para conocer el consumo eléctrico definitivo, se obtuvieron los tiempos de fabricación tanto para el envase, como para el suavizante y se realizaron los cálculos de ajuste como indica el siguiente ejemplo:

Para elaborar un lote de suavizante, la máquina mezcladora es alimentada con una corriente de 110 V, con la pinza amperimétrica se midió el amperaje, la cual arrojó 15 A; a la par se conoce por las hojas de fabricación que el promedio de tiempo que la mezcladora está encendida es de 23,5 minutos. Por lo que el valor de consumo eléctrico real por lote de suavizante se calcula de la siguiente manera:

$$P = 15A * 110V * \frac{0,392h}{1000} = 0,6468kWh$$

Finalmente, una vez calculado el consumo real para cada equipo utilizado en la manufactura de 52 galones de PEHD y en un lote de suavizante; se suman tales consumos individuales para conocer el consumo total para todo el proceso industrial. A continuación se presentan los cálculos organizados en tablas para cada proceso unitario.

**Tabla 4.3 Consumo eléctrico para fabricar 52 galones**

Equipo	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Fase	Tiempo (h)	Consumo (kWh)
Máquina nueva	100	220	Trifásica	0,1350	5,1442
Máquina vieja	68	220	Trifásica	0,1389	3,5988
Chiller	15	220	Monofásica	0,1389	0,4583
Compresor	108	220	Monofásica	0,1368	3,2514
<b>Consumo total</b>					<b>12,4527</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la planta.

**Tabla 4.4 Consumo eléctrico para fabricar un lote de suavizante**

Equipo	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Fase	Tiempo (h)	Consumo (kWh)
Bomba	3,4	220	Monofásica	0,052	0,039
Mezcladora	15	110	Monofásica	0,392	0,647
<b>Consumo total</b>					<b>0,686</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de mediciones en la planta.

### **Consumo de gas licuado de petróleo (GLP)**

La empresa manufacturera del suavizante utiliza una bombona de gas licuado de petróleo de 46 kg, las mismas que se utilizan en las residencias. Para calcular el consumo de gas, dicha bombona se pesó antes y después de su uso para conocer la masa de gas consumida.

Se consumió en promedio un kilogramo de GLP por lote de suavizante producido, conociendo la densidad del GLP de la tabla 4.2, se calculó el volumen de GLP consumido por cada lote con el siguiente cálculo:

$$Vg = \frac{80,00kg - 79,00kg}{0,559 \frac{kg}{L}} = 1,7889 L$$

Una vez conocido el volumen de GLP consumido, se aproximaron las emisiones generadas con la *dataset* de combustión de gas licuado de petróleo en una caldera industrial, de la base de datos de US LCI DATABASE. Los resultados se encuentran en el anexo III.

### **Consumo de petróleo**

En los distintos procesos unitarios, se consumen combustible derivados del petróleo (gasolina, diesel, fueloil y gas licuado de petróleo), para llevarlos al inventario, es necesario transformarlos a un flujo elemental como el petróleo, esto se logra con los valores de la tabla 4.5, en donde se reportan las cantidades que se obtienen de cada combustible producto de la refinación del petróleo.

**Tabla 4.5 Productos de la refinación del petróleo crudo**

Producto	Unidad	Cantidad
Gasolina	L/kg de petróleo	0,52518
Diesel	L/kg de petróleo	0,24414
Gas licuado de petróleo (GLP)	L/kg de petróleo	0,048212
Fueloil	L/kg de petróleo	0,050188

Fuente: Datos obtenidos de la *dataset* de refinación del petróleo de US LCI DATABASE.

Se tiene, por ejemplo, la ficha #1 “Extracción de gas natural”, en donde se utiliza como combustible para el proceso gasolina, diesel y fueloil. Para transformar las cantidades de combustible en cantidad de petróleo realizamos el siguiente cálculo:

$$Pg = \frac{0,000507L}{0,52518 \frac{L}{kg}} = 9,65 \times 10^{-4} \text{ kg de petróleo}$$

$$Pd = \frac{0,000953L}{0,24414 \frac{L}{kg}} = 0,0039 \text{ kg de petróleo}$$

$$Pf = \frac{0,000588L}{0,050188 \frac{L}{kg}} = 0,0117 \text{ kg de petróleo}$$

Sumando los 3 resultados, se tiene que el total de petróleo requerido 0,016588 kg para producir un 1m<sup>3</sup> de gas natural crudo.

### II.3 Cálculo del inventario

Para calcular el inventario del ciclo de vida del producto, se multiplicaron los datos de entradas y salidas de cada proceso unitario por el número correspondiente a la unidad funcional. Se procedió a construir la matriz con todos los procesos unitarios referenciados a 1 kilogramo del material fabricado o procesado (o a 1 tkm, para los procesos de transporte de materiales), y se multiplicó cada flujo de cada proceso unitario por el valor que lo relaciona con la unidad funcional, reflejados en la tabla 4.6.

**Tabla 4.6 Valores relacionados con la unidad funcional para cada proceso unitario**

<b>Etapas del ciclo de vida</b>	<b>Proceso unitario</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Extracción y procesamiento de polietileno</b>	Extracción de gas natural	kg/UF	1,4262348
	Refinación de gas natural	kg/UF	1,387388
	Producción de etileno	kg/UF	9,7812
	Producción de polietileno	kg/UF	9,88
<b>Transporte de materia prima</b>	Transporte polietileno gandola	tkm/UF	10,43328
	Transporte aditivo A buque	tkm/UF	40
	Transporte aditivo A gandola	tkm/UF	0,236
	Transporte aditivo A camión	tkm/UF	0,0184
	Transporte aditivo B buque	tkm/UF	80
	Transporte aditivo B gandola	tkm/UF	0,236
	Transporte aditivo B camión	tkm/UF	0,0184
	Transporte fragancia buque	tkm/UF	22
	Transporte fragancia gandola	tkm/UF	0,118
	Transporte fragancia camión	tkm/UF	0,0092
<b>Manufactura del envase</b>	Fabricación del envase	Unidad/UF	52
	Transporte del envase	tkm/UF	0,0511

<b>Manufactura del suavizante</b>	Fabricación del suavizante	lote/UF	1
	Envasado del suavizante	Unidad/UF	52
	Distribución y comercialización	tkm/UF	5,5725

Fuente: Elaboración propia.

#### II.4. Inventario de ciclo de vida (ICV).

Una vez que se cuenta con todos los datos recolectados, calculados y referenciados a la unidad funcional, se construye la tabla de inventario (Tabla 4.7) que recoge toda la información del inventario del ciclo de vida simplificado del sistema del suavizante para el lavado de ropa envasado en galones de polietileno de alta densidad.

**Tabla 4.7 Inventario de ciclo de vida**

Etapa del ciclo de vida		Extracción y procesamiento de la materia prima			
Proceso Unitario		Extracción de gas natural	Refinación de gas natural	Producción de etileno	Producción de polietileno
Tipo de flujo	Unidad				
Electricidad	kWh	4,10E-02	2,18E-02	1,43E+00	3,94E+00
<b>RECURSOS DE LA NATURALEZA</b>					
Gas natural	m <sup>3</sup>	3,44E-02	3,53E-02		3,51E-01
Petróleo	kg	2,37E-02	1,31E-03	4,88E-03	1,19E+00
Agua	m <sup>3</sup>			7,22E-03	6,71E-03
<b>EMISIONES ATMOSFÉRICAS</b>					
Acetaldehído	kg	8,31E-09	5,59E-10	2,02E-08	
Acroleína	kg	1,00E-09	6,74E-11	2,43E-09	
Arsénico	kg	3,33E-10	4,57E-09		1,05E-08
Benceno	kg	1,13E-08	4,85E-08	2,45E-08	1,33E-08

Proceso Unitario		Extracción de gas natural	Refinación de gas natural	Producción de etileno	Producción de polietileno
Tipo de flujo	Unidad				
Berilio	kg	7,72E-11	2,76E-10		2,65E-10
Butadieno	kg	4,24E-10	2,85E-11	1,03E-09	
Cadmio	kg	7,15E-10	2,51E-08		9,01E-09
Cloruro de hidrógeno	kg	1,84E-07	8,55E-09		4,97E-06
Cobalto	kg	6,51E-10	1,95E-09		4,33E-08
Cobre	kg	1,36E-10	5,12E-12		
Cromo	kg	9,25E-10	3,19E-08		1,39E-08
Dicloro metano, HCC-30	kg	1,21E-09	5,68E-11		3,43E-08
Dióxido de carbono	kg	7,55E-02	6,41E+00	3,96E-03	8,82E-01
2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina	kg	3,76E-15	1,76E-16		1,06E-13
Especies radiactivas, S/E	kBq	3,48E-04	4,88E-03		7,10E-03
Fenoles	kg	9,14E-10	4,28E-11		2,58E-08
Formaldehido	kg	5,75E-08	1,71E-06	3,10E-08	6,56E-07
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	kg	1,82E-09	1,22E-10	4,42E-09	
Manganeso	kg	6,47E-10	8,68E-09		2,35E-08
Mercurio	kg	2,23E-10	5,93E-09		2,27E-09
Metano	kg	1,26E-02	1,97E-03	1,07E-05	1,59E-04
Monóxido de carbono	kg	1,46E-04	5,95E-04	1,42E-04	2,09E-03

Proceso Unitario		Extracción de gas natural	Refinación de gas natural	Producción de etileno	Producción de polietileno
Tipo de flujo	Unidad				
Monóxido de dinitrógeno	kg	1,31E-06	5,12E-05	1,07E-07	1,35E-05
Naftaleno	kg	4,50E-10	1,39E-08		1,15E-08
Níquel	kg	9,72E-09	4,84E-08		6,13E-07
Óxidos de azufre	kg	5,82E-06	2,49E-02	4,12E-05	3,08E-04
Óxidos de nitrógeno	kg	8,92E-05	8,91E-04	7,10E-05	1,27E-03
Partículas, > 2.5 um, y < 10um	kg	4,73E-06	9,53E-05	9,80E-04	4,62E-04
Plomo	kg	6,31E-10	1,14E-08		1,36E-08
Propano	kg	2,80E-08	1,88E-09	6,79E-08	
Selenio	kg	4,21E-10	5,64E-10		4,99E-09
Tetracloro-Eteno	kg	1,95E-11	8,94E-13		4,98E-10
Tolueno	kg	4,43E-09	2,98E-10	1,08E-08	
VOC, Compuestos orgánicos volátiles	kg	5,16E-06	9,11E-04	1,01E-04	3,32E-05
Xileno	kg	3,09E-09	3,51E-04	7,50E-09	
Zinc	kg	9,03E-11	3,41E-12		

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del inventario de ciclo de vida.

Tabla 4.7 Inventario de ciclo de vida (Continuación)

Etapa del ciclo de vida		Transporte de la materia prima				
Proceso Unitario		Trans. polietileno (gandola)	Trans. aditivo A (buque)	Trans. aditivo A (gandola)	Trans. aditivo A (camión)	Trans. aditivo B (buque)
Tipo de flujo	Unidad					
Electricidad	kWh					
<b>RECURSOS DE LA NATURALEZA</b>						
Gas natural	m <sup>3</sup>					
Petróleo	kg	1,16E+00	3,93E+00	2,63E-02	4,40E-03	7,85E+00
Agua	m <sup>3</sup>					
<b>EMISIONES ATMOSFÉRICAS</b>						
Acetaldehído	kg					
Acroleína	kg					
Arsénico	kg					
Benceno	kg					
Berilio	kg					
Butadieno	kg					
Cadmio	kg					
Cloruro de hidrógeno	kg					
Cobalto	kg					
Cobre	kg					

Proceso Unitario		Trans. polietileno (gandola)	Trans. aditivo A (buque)	Trans. aditivo A (gandola)	Trans. aditivo A (camión)	Trans. aditivo B (buque)
Tipo de flujo	Unidad					
Cromo	kg					
Dicloro metano, HCC-30	kg					
Dióxido de carbono	kg	8,33E-01	6,39E-01	1,89E-02	3,15E-03	1,28E+00
2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina	kg					
Especies radiactivas, S/E	kBq					
Fenoles	kg					
Formaldehido	kg					
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	kg					
Manganeso	kg					
Mercurio	kg					
Metano	kg	1,34E-05	3,15E-05	3,04E-07	7,59E-08	6,30E-05
Monóxido de carbono	kg	1,32E-03	1,71E-03	3,00E-05	4,52E-06	3,42E-03
Monóxido de dinitrógeno	kg	2,08E-05	1,56E-05	4,70E-07	1,14E-07	3,11E-05
Naftaleno	kg					
Níquel	kg					
Óxidos de azufre	kg	1,84E-04	2,02E-03	4,15E-06	6,94E-07	4,04E-03
Óxidos de nitrógeno	kg	5,55E-03	1,74E-02	1,26E-04	2,24E-05	3,47E-02
Partículas, > 2.5 um, y < 10um	kg	9,59E-05	4,30E-04	2,17E-06	4,33E-07	8,61E-04

Proceso Unitario		Trans. polietileno (gandola)	Trans. aditivo A (buque)	Trans. aditivo A (gandola)	Trans. aditivo A (camión)	Trans. aditivo B (buque)
Tipo de flujo	Unidad					
Plomo	kg					
Propano	kg					
Selenio	kg					
Tetracloro-Eteno	kg					
Tolueno	kg					
VOC, Compuestos orgánicos volátiles	kg	2,74E-04	6,43E-04	6,20E-06	1,55E-06	1,29E-03
Xileno	kg					
Zinc	kg					

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del inventario de ciclo de vida.

Tabla 4.7 Inventario de ciclo de vida (Continuación)

Etapa del ciclo de vida		Transporte de la materia prima				
Proceso Unitario		Trans. aditivo B (gandola)	Trans. aditivo B (camión)	Trans. fragancia (buque)	Trans. fragancia (gandola)	Trans. fragancia (camión)
Tipo de flujo	Unidad					
Electricidad	kWh					
<b>RECURSOS DE LA NATURALEZA</b>						
Gas natural	m <sup>3</sup>					
Petróleo	kg	2,63E-02	4,40E-03	2,16E+00	1,32E-02	2,20E-03
Agua	m <sup>3</sup>					
<b>EMISIONES ATMOSFÉRICAS</b>						
Acetaldehído	kg					
Acroleína	kg					
Arsénico	kg					
Benceno	kg					
Berilio	kg					
Butadieno	kg					
Cadmio	kg					
Cloruro de hidrógeno	kg					
Cobalto	kg					
Cobre	kg					

Proceso Unitario		Trans. aditivo B (gandola)	Trans. aditivo B (camión)	Trans. fragancia (buque)	Trans. fragancia (gandola)	Trans. fragancia (camión)
Tipo de flujo	Unidad					
<b>Cromo</b>	kg					
<b>Dicloro metano, HCC-30</b>	kg					
<b>Dióxido de carbono</b>	kg	1,89E-02	3,15E-03	3,52E-01	9,43E-03	1,57E-03
<b>2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina</b>	kg					
<b>Especies radiactivas, S/E</b>	kBq					
<b>Fenoles</b>	kg					
<b>Formaldehido</b>	kg					
<b>Hidrocarburos aromáticos policíclicos</b>	kg					
<b>Manganeso</b>	kg					
<b>Mercurio</b>	kg					
<b>Metano</b>	kg	3,04E-07	7,59E-08	1,73E-05	1,52E-07	3,80E-08
<b>Monóxido de carbono</b>	kg	3,00E-05	4,52E-06	9,42E-04	1,50E-05	2,26E-06
<b>Monóxido de dinitrógeno</b>	kg	4,70E-07	1,14E-07	8,56E-06	2,35E-07	5,69E-08
<b>Naftaleno</b>	kg					
<b>Níquel</b>	kg					
<b>Óxidos de azufre</b>	kg	4,15E-06	6,94E-07	1,11E-03	2,08E-06	3,47E-07
<b>Óxidos de nitrógeno</b>	kg	1,26E-04	2,24E-05	9,55E-03	6,28E-05	1,12E-05
<b>Partículas, &gt; 2.5 um, y &lt; 10um</b>	kg	2,17E-06	4,33E-07	2,37E-04	1,08E-06	2,17E-07

Proceso Unitario		Trans. aditivo B (gandola)	Trans. aditivo B (camión)	Trans. fragancia (buque)	Trans. fragancia (gandola)	Trans. fragancia (camión)
Tipo de flujo	Unidad					
Plomo	kg					
Propano	kg					
Selenio	kg					
Tetracloro-Eteno	kg					
Tolueno	kg					
VOC, Compuestos orgánicos volátiles	kg	6,20E-06	1,55E-06	3,54E-04	3,10E-06	7,75E-07
Xileno	kg					
Zinc	kg					

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del inventario de ciclo de vida.

Tabla 4.7 Inventario de ciclo de vida (Continuación)

Etapa del ciclo de vida		Fabricación del envase		Fabricación del suavizante	
Proceso Unitario		Fabricación del envase	Trans. envase (camión)	Manufactura suavizante	Envasado suavizante
Tipo de flujo	Unidad				
Electricidad	kWh	1,25E+01		6,86E-01	
<b>RECURSOS DE LA NATURALEZA</b>					
Gas natural	m <sup>3</sup>				
Petróleo	kg		1,22E-02	3,71E+01	
Agua	m <sup>3</sup>			1,71E-04	
<b>EMISIONES ATMOSFÉRICAS</b>					
Acetaldehído	kg				
Acroleína	kg				
Arsénico	kg				
Benceno	kg				
Berilio	kg				
Butadieno	kg				
Cadmio	kg				
Cloruro de hidrógeno	kg				
Cobalto	kg				
Cobre	kg				

Proceso Unitario		Fabricación del envase	Trans. envase (camión)	Manufactura suavizante	Envasado suavizante
Tipo de flujo	Unidad				
Cromo	kg				
Dicloro metano, HCC-30	kg				
Dióxido de carbono	kg		8,74E-03	3,08E+00	
2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina	kg				
Especies radiactivas, S/E	kBq				
Fenoles	kg				
Formaldehido	kg				
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	kg				
Manganeso	kg				
Mercurio	kg				
Metano	kg		2,11E-07	4,66E-05	
Monóxido de carbono	kg		1,26E-05	7,93E-04	
Monóxido de dinitrógeno	kg		3,16E-07	2,09E-04	
Naftaleno	kg				
Níquel	kg				
Óxidos de azufre	kg		1,93E-06		
Óxidos de nitrógeno	kg		6,23E-05	4,66E-03	
Partículas, > 2.5 um, y < 10um	kg		1,20E-06	1,40E-04	

Proceso Unitario		Fabricación del envase	Trans. envase (camión)	Manufactura suavizante	Envasado suavizante
Tipo de flujo	Unidad				
Plomo	kg				
Propano	kg				
Selenio	kg				
Tetracloro-Eteno	kg				
Tolueno	kg				
VOC, Compuestos orgánicos volátiles	kg		4,30E-06	8,15E-05	
Xileno	kg				
Zinc	kg				

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del inventario de ciclo de vida.

Tabla 4.7 Inventario de ciclo de vida (Continuación)

Etapa del ciclo de vida		Distribución del producto	TOTAL
Proceso Unitario		Distribución (camión)	
Tipo de flujo	Unidad		
Electricidad	kWh		1,86E+01
<b>RECURSOS DE LA NATURALEZA</b>			
Gas natural	m3		4,21E-01
Petróleo	kg	1,32E+00	5,48E+01
Agua	m3		1,41E-02
<b>EMISIONES ATMOSFÉRICAS</b>			
Acetaldehído	kg		2,90E-08
Acroleína	kg		3,50E-09
Arsénico	kg		1,54E-08
Benceno	kg		9,77E-08
Berilio	kg		6,19E-10
Butadieno	kg		1,48E-09
Cadmio	kg		3,48E-08
Cloruro de hidrógeno	kg		5,17E-06
Cobalto	kg		4,59E-08
Cobre	kg		1,41E-10

Proceso Unitario		Distribución (camión)	TOTAL
Tipo de flujo	Unidad		
Cromo	kg		4,67E-08
Dicloro metano, HCC-30	kg		3,56E-08
Dióxido de carbono	kg	9,45E-01	1,46E+01
2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina	kg		1,10E-13
Especies radiactivas, S/E	kBq		1,23E-02
Fenoles	kg		2,68E-08
Formaldehido	kg		2,46E-06
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	kg		6,36E-09
Manganeso	kg		3,28E-08
Mercurio	kg		8,42E-09
Metano	kg	2,28E-05	1,49E-02
Monóxido de carbono	kg	1,36E-03	1,26E-02
Monóxido de dinitrógeno	kg	3,42E-05	3,88E-04
Naftaleno	kg		2,58E-08
Níquel	kg		6,71E-07
Óxidos de azufre	kg	2,08E-04	3,29E-02
Óxidos de nitrógeno	kg	6,73E-03	8,13E-02
Partículas, > 2.5 um, y < 10um	kg	1,30E-04	3,44E-03

Proceso Unitario		Distribución (camión)	TOTAL
Tipo de flujo	Unidad		
Plomo	kg		2,56E-08
Propano	kg		9,77E-08
Selenio	kg		5,98E-09
Tetracloro-Eteno	kg		5,18E-10
Tolueno	kg		1,55E-08
VOC, Compuestos orgánicos volátiles	kg	4,65E-04	4,18E-03
Xileno	kg		3,51E-04
Zinc	kg		9,38E-11

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del inventario de ciclo de vida.

#### 4.1.3. FASE III: Evaluación de impacto ambiental (EICV).

##### III.1. Procedimiento de recopilación de datos del Eco-Indicador 99.

Los parámetros de caracterización del Eco-Indicador 99 se obtuvieron de la base de datos de la Universidad de Tecnología de Chalmers, la cual tiene una lista de elementos y sustancias junto con su respectivo indicador para cada categoría de impacto ambiental, con su parámetro de caracterización y ponderación; en las tablas 4.8, 4.9 y 4.10 se presentan dichos indicadores.

**Tabla 4.8 Parámetros de caracterización de la categoría daño a la salud humana.**

Sustancia	Indicador de categoría	Parámetro de caracterización (DALY/kg)	Factor de ponderación (Pt ECO 99/DALY)
Acetaldehído	DALYs	1,03E-04	400
Benceno	DALYs	1,92E-04	400
Butadieno	DALYs	1,15E-03	400
Cadmio	DALYs	8,77E+00	400
Cromo	DALYs	1,14E+02	400
Dicloro metano, HCC-30	DALYs	3,77E-05	400
Dióxido de carbono	DALYs	1,36E-05	400
2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina	DALYs	1,16E+04	400
Fenoles	DALYs	4,68E-01	400
Formaldehido	DALYs	2,85E-04	400
Metano	DALYs	2,87E-04	400
Monóxido de nitrógeno	DALYs	8,90E-03	400
Óxidos de nitrógeno	DALYs	5,76E-03	400
Partículas, > 2.5 um, y < 10um	DALYs	6,35E-04	400
Propano	DALYs	2,49E-05	400

<b>Tetracloro-Eteno</b>	DALYs	3,94E-04	400
<b>Tolueno</b>	DALYs	8,83E-05	400
<b>VOC, Compuestos orgánicos volátiles</b>	DALYs	4,19E-05	400
<b>Xileno</b>	DALYs	1,44E-04	400

Fuente: Elaboración propia con los datos de la base de datos CPM LCA de la Universidad de tecnología de Chalmers.

**Tabla 4.9 Parámetros de caracterización de la categoría daño a la calidad del ecosistema.**

<b>Sustancia</b>	<b>Indicador de categoría</b>	<b>Parámetro de caracterización (PDF.m<sup>2</sup>.año/kg)</b>	<b>Factor de ponderación (Pt ECO 99/PDF.m<sup>2</sup>.año)</b>
<b>Benceno</b>	PDF.m <sup>2</sup> .año	5,36E-07	400
<b>Cadmio</b>	PDF.m <sup>2</sup> .año	1,88E+00	400
<b>Cobre</b>	PDF.m <sup>2</sup> .año	2,85E-01	400
<b>2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina</b>	PDF.m <sup>2</sup> .año	2,57E+01	400
<b>Fenoles</b>	PDF.m <sup>2</sup> .año	2,59E-03	400
<b>Mercurio</b>	PDF.m <sup>2</sup> .año	1,62E-01	400
<b>Monóxido de nitrógeno</b>	PDF.m <sup>2</sup> .año	1,71E-03	400
<b>Níquel</b>	PDF.m <sup>2</sup> .año	1,38E+00	400
<b>Óxidos de azufre</b>	PDF.m <sup>2</sup> .año	2,03E-04	400
<b>Óxidos de nitrógeno</b>	PDF.m <sup>2</sup> .año	1,11E-03	400
<b>Plomo</b>	PDF.m <sup>2</sup> .año	4,95E-01	400
<b>Zinc</b>	PDF.m <sup>2</sup> .año	5,63E-01	400

Fuente: Elaboración propia con los datos de la base de datos CPM LCA de la Universidad de tecnología de Chalmers.

Cabe destacar que sólo se reportan las sustancias y emisiones para las cuales se conoce el parámetro de caracterización, las sustancias que no

lo poseen no son tomadas en cuenta para el estudio aunque esto se especifica en el momento del cálculo.

**Tabla 4.10 Parámetros de caracterización de la categoría daño a los recursos.**

Sustancia	Indicador de categoría	Parámetro de caracterización (MJ/MJ)	Factor de ponderación (Pt ECO 99/MJ)
Energía del gas natural	MJ	1,78E-05	200
Energía del petróleo	MJ	1,17E-05	200

Fuente: Elaboración propia con los datos de la base de datos CPM LCA de la Universidad de tecnología de Chalmers.

Por otro lado, para el caso de la categoría de daño a los recursos, se consideró que el petróleo y el gas natural se consumen y generan daño a los recursos producto de la generación de energía a partir de estos

.

### III.2. Cálculo de la carga ambiental.

Con los parámetros de caracterización y los resultados del inventario del ciclo de vida, se calculó el Eco-Indicador 99 para cada uno de los 19 procesos unitarios estudiados. La tabla 4.11 presenta los resultados obtenidos. Por otro lado, en el anexo V se presentan los resultados de la carga ambiental de cada proceso unitario detalladamente.

**Tabla 4.11 Carga ambiental de cada proceso unitario**

Proceso unitario	Indicador por categoría ponderado (Pt ECO 99)			Total Eco-Indicador 99 (Pt ECO 99)
	Daño a la salud humana	Daño a la calidad del ecosistema	Daño a los recursos	
<b>Extracción de gas natural</b>	2,11E-03	4,61E-05	6,76E-03	8,92E-03
<b>Refinación de gas natural</b>	3,88E-02	2,47E-03	4,74E-03	4,60E-02
<b>Producción de etileno</b>	4,37E-04	3,49E-05	4,69E-04	9,41E-04
<b>Producción de polietileno</b>	8,55E-03	9,35E-04	1,60E-01	1,70E-01
<b>Trans. polietileno (camión)</b>	1,74E-02	2,48E-03	1,12E-01	1,32E-01
<b>Trans. aditivo A (buque)</b>	4,36E-02	7,87E-03	3,77E-01	4,29E-01
<b>Trans. aditivo A (gandola)</b>	3,94E-04	5,61E-05	2,53E-03	2,98E-03
<b>Trans. aditivo A (camión)</b>	6,91E-05	1,00E-05	4,22E-04	5,01E-04
<b>Trans. aditivo B (buque)</b>	8,73E-02	1,57E-02	7,54E-01	8,57E-01
<b>Trans. aditivo B (gandola)</b>	3,94E-04	5,61E-05	2,53E-03	2,98E-03
<b>Trans. aditivo B (camión)</b>	6,91E-05	1,00E-05	4,22E-04	5,01E-04
<b>Trans. fragancia (buque)</b>	2,40E-02	4,33E-03	2,07E-01	2,36E-01
<b>Trans. fragancia (gandola)</b>	1,97E-04	2,81E-05	1,26E-03	1,49E-03
<b>Trans. fragancia (camión)</b>	3,46E-05	5,01E-06	2,11E-04	2,51E-04
<b>Fabricación del envase</b>	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
<b>Trans. envase (camión)</b>	1,92E-04	2,78E-05	1,17E-03	1,39E-03
<b>Manufactura del suavizante</b>	2,79E-02	2,07E-03	3,56E+00	3,59E+00
<b>Envasado del suavizante</b>	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
<b>Distribución (camión)</b>	2,08E-02	3,01E-03	1,27E-01	1,50E-01
<b>Total indicador del ciclo de vida (Pt Eco 99)</b>				<b>5,63E+00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del cálculo de la carga ambiental del ciclo de vida.

#### **4.1.4. FASE IV: Interpretación del ciclo de vida.**

##### **IV.1. Evaluación de la calidad de los datos**

La norma ISO 14040 requiere que se realicen las evaluaciones y verificaciones de los análisis de incertidumbre, integridad, sensibilidad y coherencia de los datos, pero por tratarse este estudio de un ciclo de vida simplificado esto no se realizó. Sin embargo, se declaró y resaltó a lo largo de todo el estudio los elementos que pudieran introducir incertidumbre en los resultados y se trató de minimizarlos en todo momento. Aunque en el estudio no se realizó se pueden resaltar algunos aspectos en lo que a la calidad de los datos se refiere:

- Cierta incoherencia: dado los distintos orígenes y procedimientos de recolección de los datos; así como la diferencia entre los datos de algunos procesos unitarios en lo que antigüedad, representatividad, localización geográfica y exactitud se refiere.
- Integridad: existe poca integridad de los datos, debido a que fueron obtenidos por distintas vías, algunos de primera mano, otros estimados, otros calculados y algunas aproximaciones. Cabe destacar también que algunos procesos unitarios estimados con *datasets* pueden tener falta de datos por la complejidad del proceso, tener pocas entradas y salidas reportadas.
- Falta de datos: para el cálculo de las cargas ambientales, se tienen entradas y salidas de las cuales no se encontraron datos para caracterizarlas con el Eco-Indicador 99.

Aún con todas las incertidumbres e incoherencias reportadas, se puede establecer que los datos del inventario se ajustan lo suficiente al sistema del producto, sobre todo tratándose de un ciclo de vida simplificado.

## IV.2. Identificación de asuntos significativos.

### IV.2.1. Identificación de flujos significativos.

Utilizado los parámetros de caracterización del Eco-Indicador 99 presentados anteriormente en las tablas 4.8, 4.9 y 4.10, se obtuvieron los resultados reflejados en la tabla 4.12. Se aplicó el criterio de corte establecido en la metodología del estudio, para el cual todo flujo con una carga mayor o igual a 0,05% de la carga total será considerado flujo significativo, y se identificaron los siguientes:

- Recursos: petróleo y gas natural
- Emisiones atmosféricas: CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>.

**Tabla 4.12 Identificación de los flujos significativos**

Sustancia	Total (kg)	Total Indicador (Pt Eco 99)	% de la carga total
<b>Recursos de la naturaleza</b>			
Gas natural	4,21E-01	5,49E-02	0,97%
Petróleo	5,48E+01	5,27E+00	93,49%
<b>Emisiones atmosféricas</b>			
Acetaldehído	2,90E-08	1,19E-09	0,00%
Benceno	9,77E-08	7,54E-09	0,00%
Butadieno	1,48E-09	6,82E-10	0,00%
Cadmio	3,48E-08	1,48E-04	0,00%
Cobre	1,41E-10	1,60E-08	0,00%
Cromo	4,67E-08	2,13E-03	0,04%
Dicloro metano, HCC-30	3,56E-08	5,37E-10	0,00%
Dióxido de carbono	1,46E+01	7,93E-02	1,41%
2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina	1,10E-13	5,13E-07	0,00%

<b>Fenoles</b>	2,68E-08	5,04E-06	0,00%
<b>Formaldehido</b>	2,46E-06	2,80E-07	0,00%
<b>Mercurio</b>	8,42E-09	5,45E-07	0,00%
<b>Metano</b>	1,49E-02	1,71E-03	0,03%
<b>Monóxido de dinitrógeno</b>	3,88E-04	6,95E-04	0,01%
<b>Níquel</b>	6,71E-07	3,70E-04	0,01%
<b>Óxidos de azufre</b>	3,29E-02	2,67E-03	0,05%
<b>Óxidos de nitrógeno</b>	8,14E-02	2,24E-01	3,97%
<b>Partículas, &gt; 2.5 um, y &lt; 10um</b>	3,44E-03	8,75E-04	0,02%
<b>Plomo</b>	2,56E-08	5,07E-06	0,00%
<b>Propano</b>	9,77E-08	9,73E-10	0,00%
<b>Tetracloro-Eteno</b>	5,18E-10	8,17E-11	0,00%
<b>Tolueno</b>	1,55E-08	5,47E-10	0,00%
<b>VOC, Compuestos orgánicos volátiles</b>	4,18E-03	7,01E-05	0,00%
<b>Xileno</b>	3,51E-04	2,02E-05	0,00%
<b>Zinc</b>	9,38E-11	2,11E-08	0,00%
<b>Total indicador (Pt Eco 99)</b>	<b>5,63E+00</b>	<b>100,00%</b>	

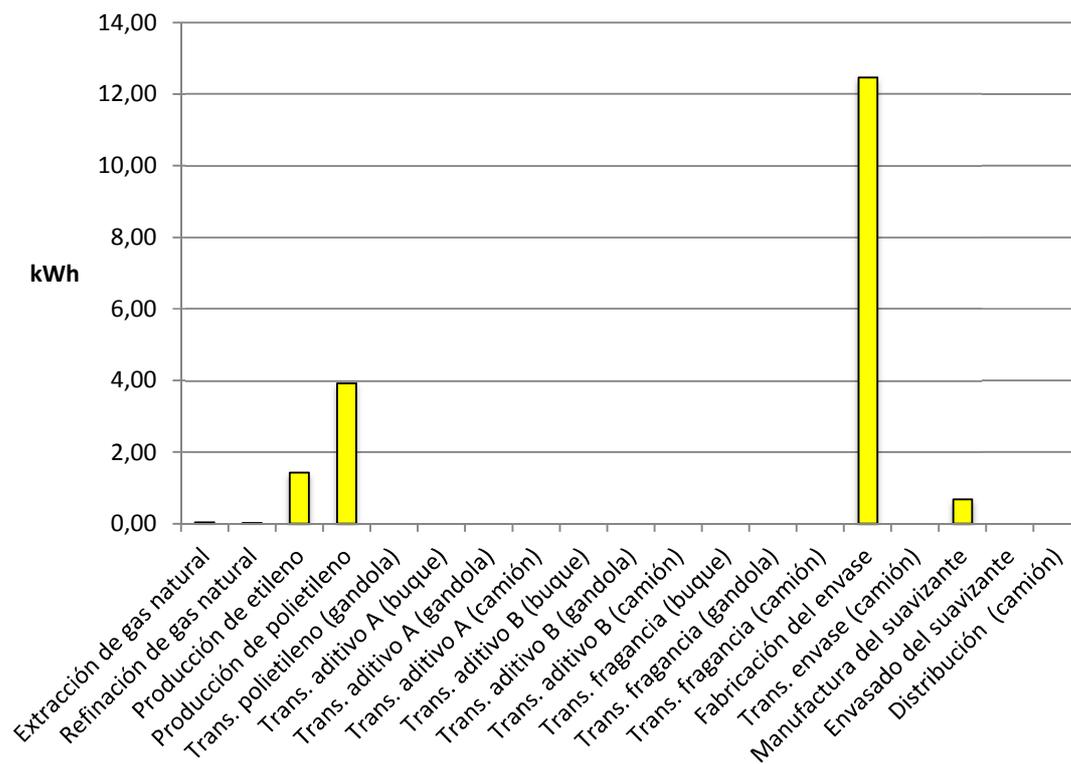
Fuente: Elaboración propia.

#### IV.2.2. Análisis de contribución.

A continuación se presentan y analizan los gráficos construidos para cada flujo significativo obtenido con los datos del inventario de ciclo de vida. Se presenta una gráfica por proceso unitario y otra por cada etapa de ciclo de vida descrita en la figura 4.1, primero las correspondientes al consumo de recursos de la naturaleza, seguidas por las emisiones atmosféricas. Luego se presentan los gráficos construidos con los resultados del Eco-Indicador 99, todo esto para detectar los procesos unitarios y las etapas críticas en el ciclo de vida.

## Consumo eléctrico

Se puede observar en la figura 4.2, que el proceso unitario que más consume electricidad es la fabricación del envase de polietileno con 12,50 kWh, esto representa el 67,07 % del consumo eléctrico total del ciclo de vida. Esto era de esperarse, ya que, las máquinas utilizadas para calentar, fundir y moldear el plástico requieren mucha energía, la cual proviene únicamente del consumo eléctrico. Por otro lado cabe destacar, que de los datos obtenidos en las bases de datos comerciales de inventario de ciclo de vida, no se conoce el alcance completo de los *datasets*, por lo que puede o no corresponder con el consumo sólo del proceso descrito.



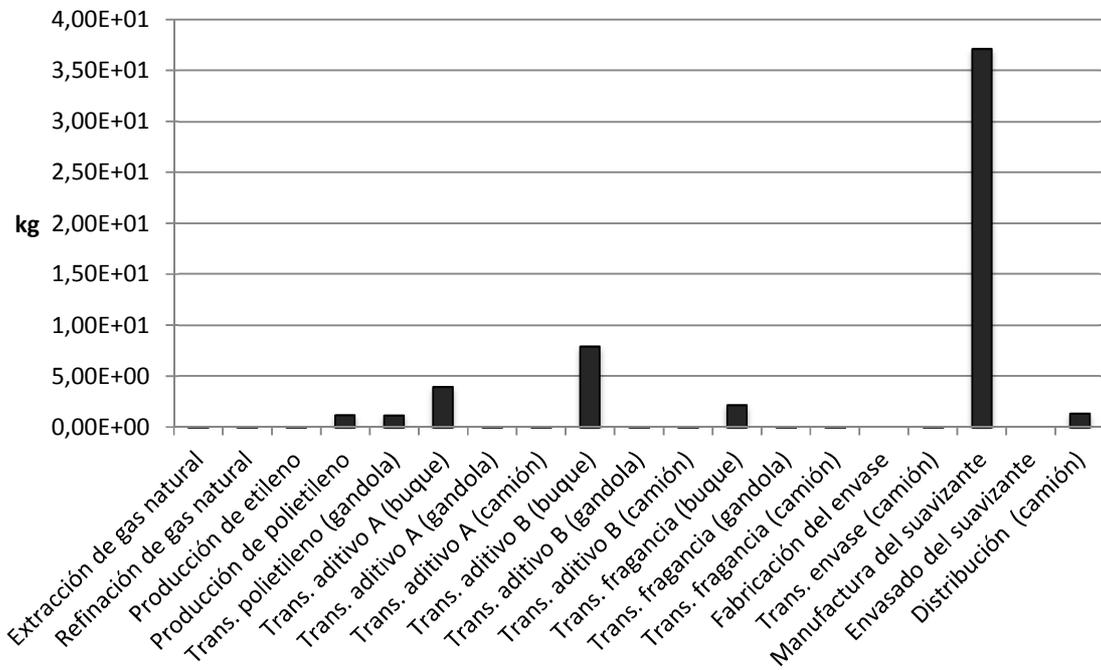
**Figura 4.2 Consumo eléctrico de cada proceso unitario.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV

## Consumo de petróleo

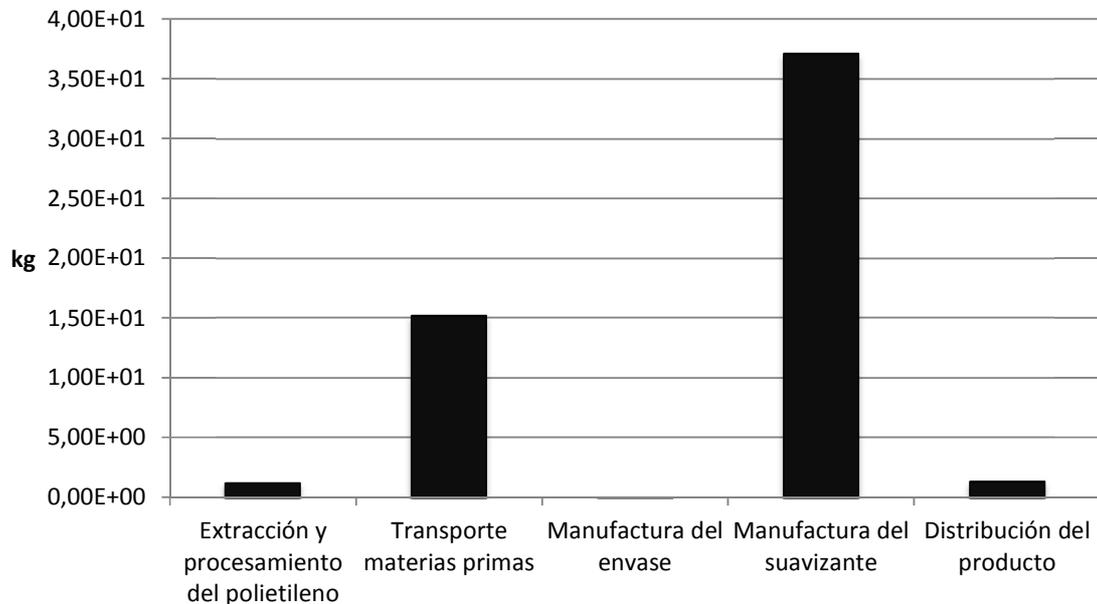
En el sistema del producto estudiado se consumen distintos tipos de combustibles derivados del petróleo como lo son el diesel, la gasolina, el fueloil y el gas licuado de petróleo (GLP). Para el caso particular del GLP, cabe aclarar que este puede ser producido a partir del gas asociado al petróleo separado por medio de la refinación del mismo, o producido a partir del gas natural no asociado, es decir, que no viene mezclado con petróleo. Se sabe que en Venezuela, el GLP que es producido por PDVSA se obtiene de ambas maneras (PDVSA, 2013), pero se desconoce las proporciones de petróleo y gas natural necesarios para su producción, por lo que en este caso se estimó mediante la *dataset* de refinación del petróleo crudo (tabla 4.5) asumiendo que todo el GLP es producido a partir del petróleo aunque esto no sea del todo cierto.

Aclarado el punto anterior y analizando la figura 4.3, se puede entender porque se consumen 37,10 kg de petróleo en el proceso de manufactura de suavizante, ya que utiliza GLP como único combustible para calentar el agua del proceso, siendo este consumo el 67,66 % del consumo total de petróleo de todo el ciclo de vida. Por otro lado, tal y como se observa en la figura 4.4, la etapa de transporte de materia prima tiene un consumo de 15,20 kg de petróleo, menos de la mitad del consumo de la etapa de manufactura, debido a la combustión de los combustibles fósiles utilizados, todos derivados del petróleo; entre los procesos de transporte destaca el transporte por buque como el más influyente por las grandes distancias que recorren para traer las materias primas desde sus puertos de origen hasta el país.



**Figura 4.3 Consumo de petróleo de cada proceso unitario.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV

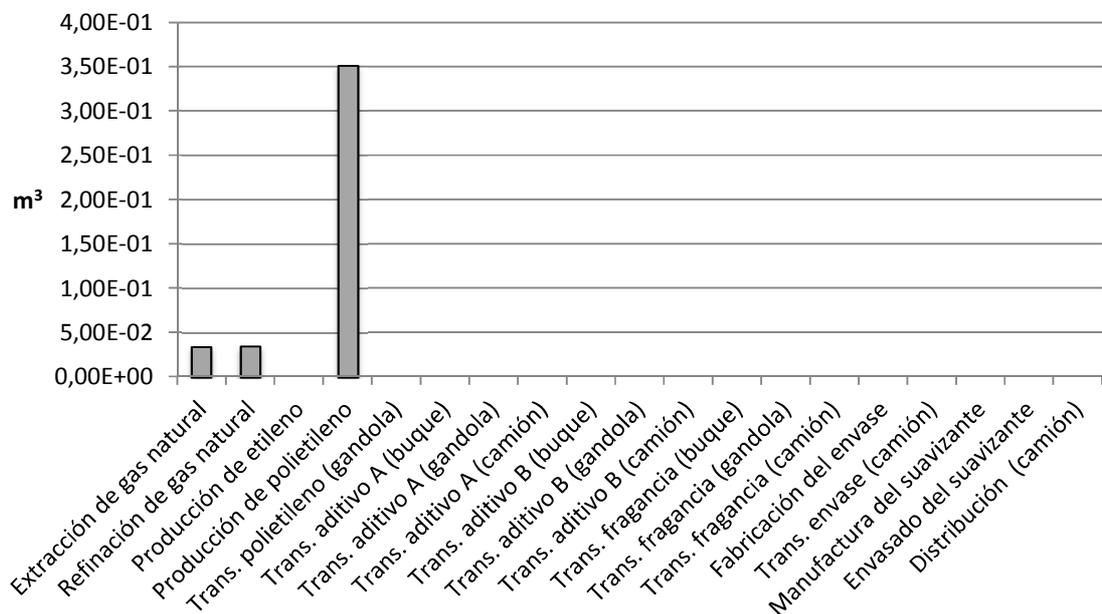


**Figura 4.4 Consumo de petróleo de cada etapa del ciclo de vida.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV

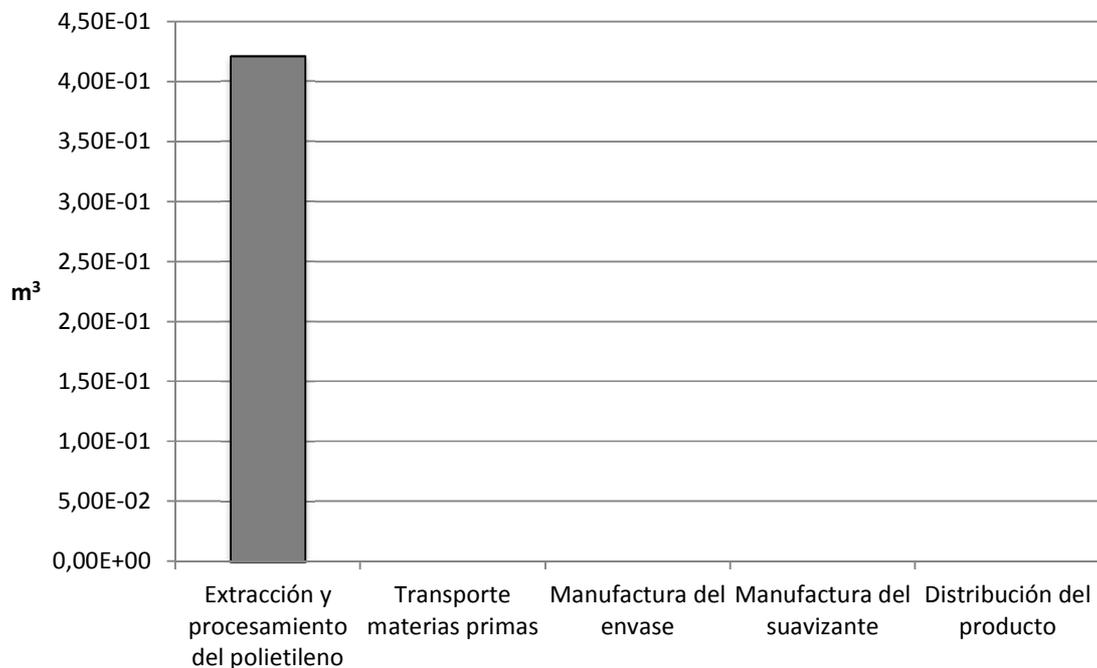
## Consumo de gas natural

El otro recurso utilizado en el ciclo de vida es el gas natural. Se puede apreciar en las figuras 4.5 y 4.6 que el uso de gas natural se produce exclusivamente en la etapa de extracción y procesamiento de polietileno con un total de 0,421 m<sup>3</sup> de gas natural consumido. Cabe destacar que el 83,41 % del total es utilizado en el proceso unitario de producción de polietileno, esto debido a que los sistemas de calentamiento utilizan gas natural como combustible y deben mantener altas temperaturas durante todo el proceso para permitir la polimerización del etileno. En este punto no se tomó en cuenta el gas natural utilizado en procesos de transformación de materias primas, sino exclusivamente el gas utilizado como productor de energía en estos procesos.



**Figura 4.5 Consumo de gas de cada proceso unitario.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV



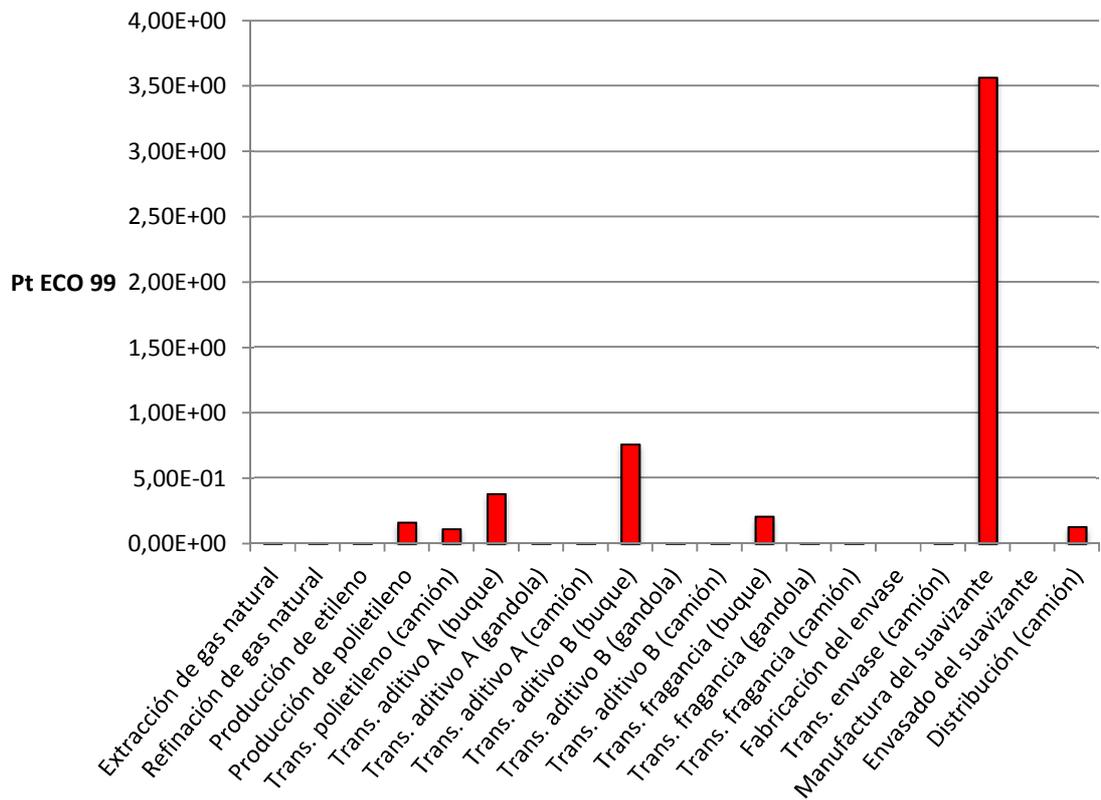
**Figura 4.6 Consumo de gas de cada etapa del ciclo de vida.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV

### **Carga ambiental del consumo de gas y petróleo**

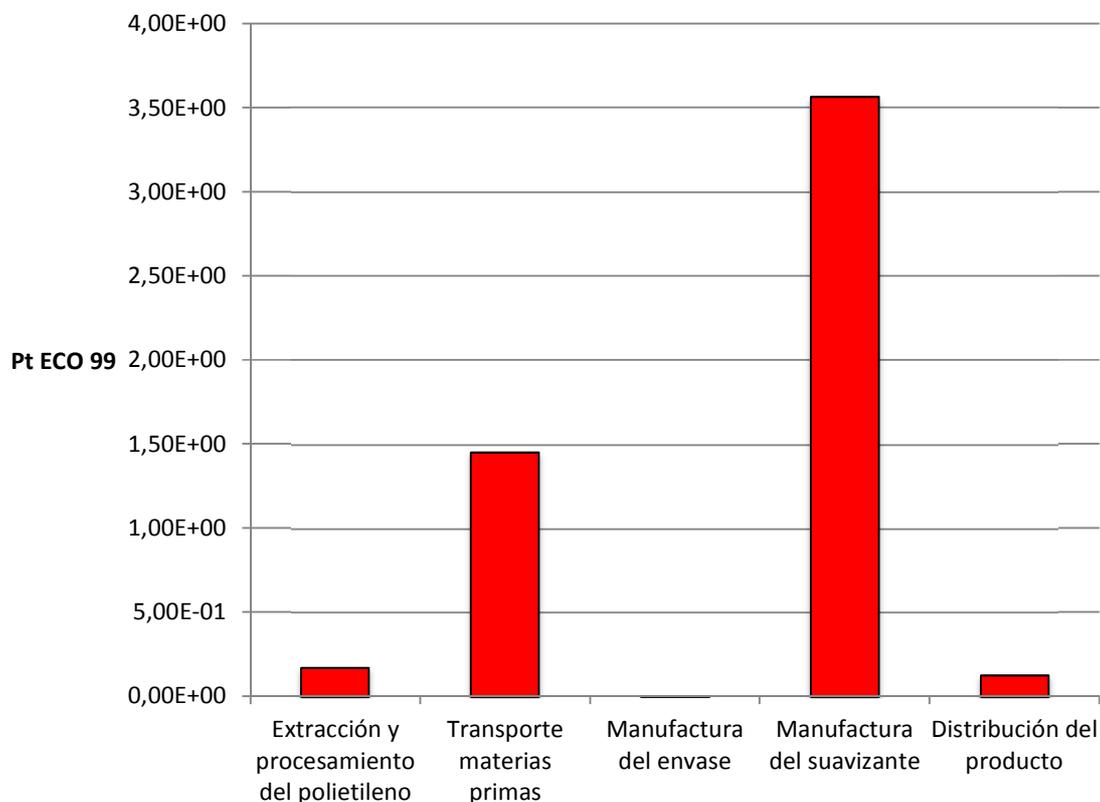
Se estimó la carga ambiental del consumo de gas y petróleo utilizando la metodología anteriormente descrita del Eco-Indicador 99. Esta carga se evaluó como el impacto que se obtiene al usar el gas y el petróleo como fuentes de energía, que es para lo cual se utilizan estos recursos en el sistema de ciclo de vida, generando un impacto en la categoría de daño al recurso. En la figura 4.7 se observa que la mayor carga ambiental ocurre en el proceso de producción de suavizante con 3,56 Pt, seguido por los procesos de transporte por buque con 0,741 Pt y la producción de polietileno con 0,16 Pt ECO 99; agrupando el indicador por etapas, como se muestra en la figura 4.8, se puede observar que el impacto en la etapa de manufactura del suavizante (3,56 Pt) es más del doble que la de todos los procesos de

transporte juntos (1,46 Pt), siendo esta etapa un punto crítico del sistema donde se puede mejorar.



**Figura 4.7 Valor del Eco-Indicador 99 para la categoría daño al recurso para cada proceso unitario.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del EICV



**Figura 4.8: Valor del Eco-Indicador 99 para la categoría daño al recurso para cada etapa del ciclo de vida.**

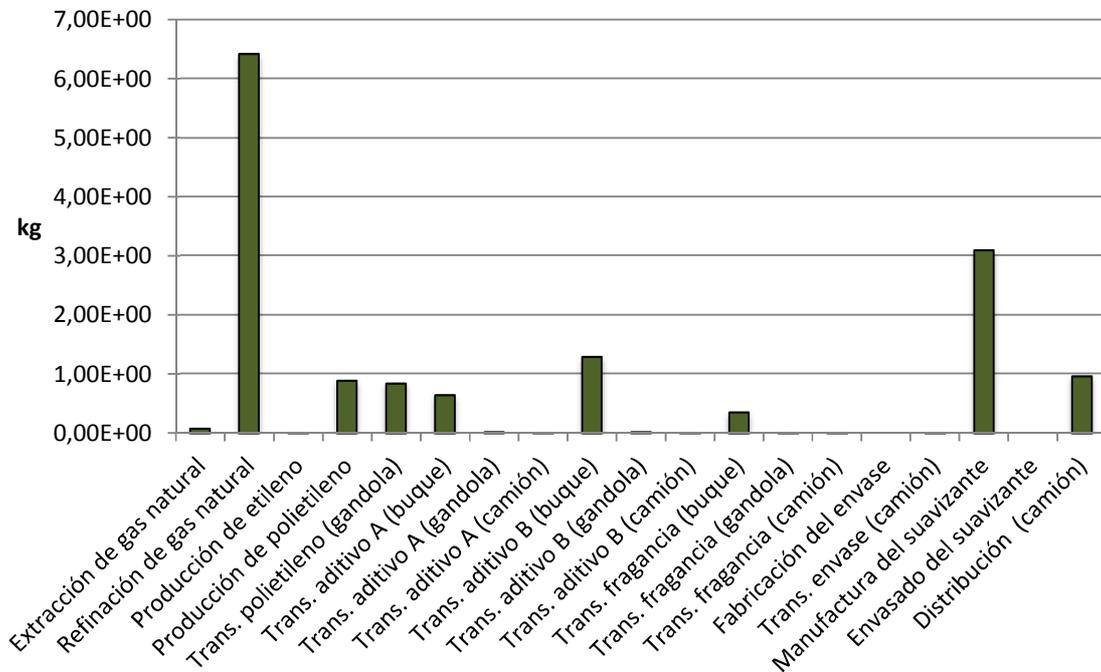
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del EICV

### **Emisión de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>**

Al empezar a analizar las emisiones, se observó que el compuesto más emitido a la atmósfera en todo el ciclo de vida fue el dióxido de carbono con un total de 12,6 kg, tal y como lo señala la tabla 4.7 de inventario de ciclo de vida, esto sucede por la existencia de muchos procesos de combustión a lo largo del ciclo de vida cuyo principal producto es el CO<sub>2</sub>.

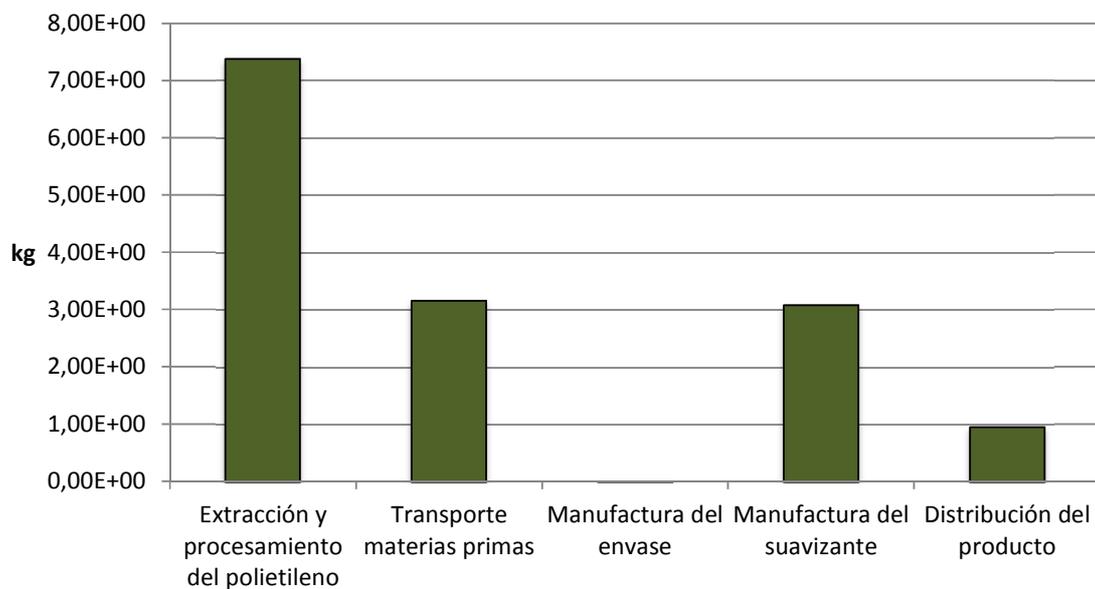
El CO<sub>2</sub> es un gas inodoro, incoloro y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra) actualmente en una proporción de 400ppm (UPI, 2013) y por formar parte natural de la atmósfera, muchos no lo consideran un contaminante, pero se ha demostrado que es el principal contribuyente al cambio climático por ser un gas de efecto invernadero, una subcategoría evaluada por el Eco-Indicador 99 dentro de la categoría de daño a la salud humana.

Observado la figura 4.9 podemos señalar que el proceso unitario que más contribuye a la emisión de CO<sub>2</sub> es la refinación del gas natural con 6,41 kg, representando un 44,00 % de las emisiones totales, producto del proceso de hidrocraqueo, y le sigue el proceso de fabricación del suavizante que genera 3,08 kg, representando un 21,17 %, producto de la quema del GLP para el proceso de calentamiento. Por el contrario, cuando se analiza la figura 4.10, después de la etapa de extracción y procesamiento del polietileno la cual genera 7,36 kg de CO<sub>2</sub> en total, el transporte de materias primas es la segunda etapa más generadora de CO<sub>2</sub> del ciclo de vida, con una emisión de 3,16 kg, producto de la suma de todos los procesos de transporte que individualmente no parecen significativos, pero unidos tienen una contribución considerable y similar a la contribución por la manufactura del suavizante de 3,08 kg.



**Figura 4.9 Emisión de CO<sub>2</sub> de cada proceso unitario.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV



**Figura 4.10 Emisión de CO<sub>2</sub> de cada etapa del ciclo de vida.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV

## **Emisión de óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>**

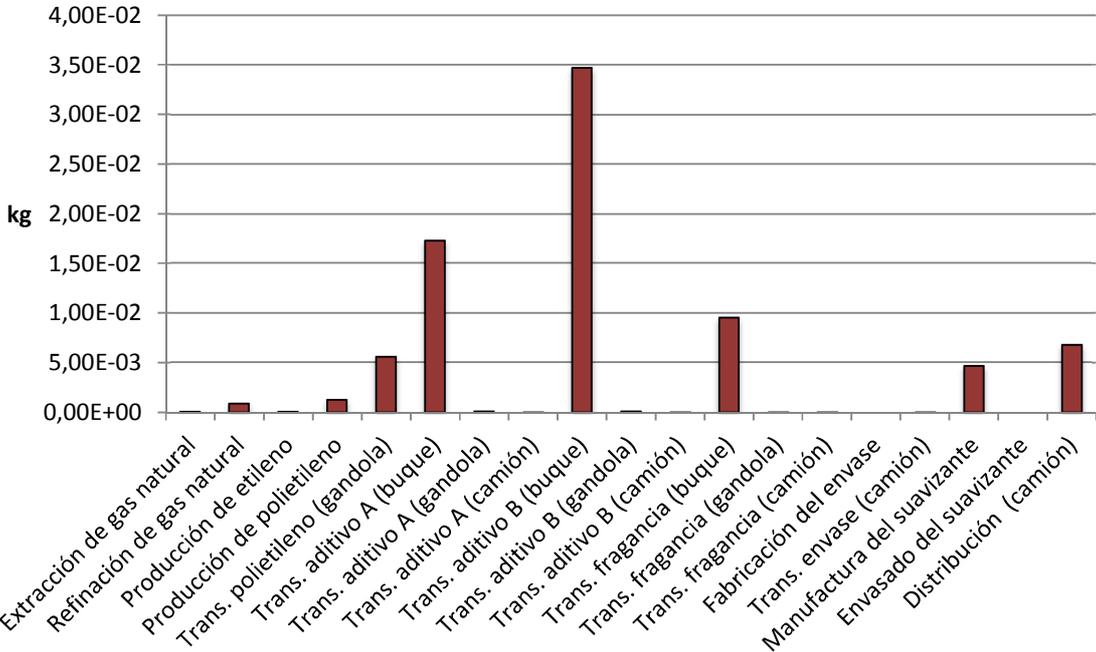
Los óxidos de nitrógeno están conformados principalmente por el monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Las emisiones de estos gases se producen como resultado de un proceso de combustión a altas temperaturas; el oxígeno y el nitrógeno que están en el aire entran al proceso de combustión y se combinan para formar estos gases tóxicos.

Luego estos gases se combinan con el agua de la atmósfera formando ácido nítrico, el cual precipita como lluvia ácida, la cual es muy perjudicial para el ecosistema, ya que acidifica los cuerpos de agua y la tierra; además son gases irritantes y tóxicos, y afectan principalmente el sistema respiratorio de los seres vivos; en el Eco-Indicador 99 estos gases son evaluados en las categorías de daño a la calidad del ecosistema y daño a la salud humana.

Como se mencionó anteriormente, en el ciclo de vida existen en casi todos los procesos unitarios algún proceso de combustión que utiliza combustibles fósiles, por lo cual se forman óxidos de nitrógeno en dichos procesos y se emiten a la atmósfera, dependiendo de la temperatura de combustión, se formarán en mayor proporción en algunos procesos que en otros.

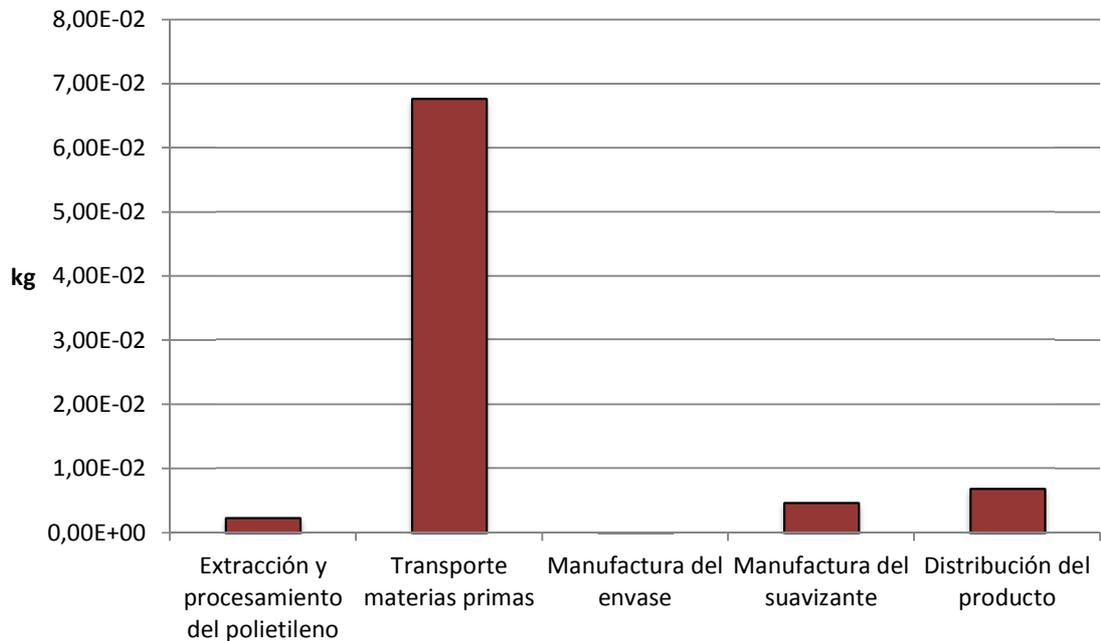
De la figura 4.11 se destacan los procesos de transporte, específicamente el transporte en buques como los mayores productores de NO<sub>x</sub> generando de mayor a menor contribución 0,0347 kg, 0,0174 kg y 0,00955 kg respectivamente, lo cual se comprueba al observar la figura 4.12

donde la etapa del transporte de la materia prima es la etapa que más contribuye con estas emisiones con 0,0676 kg representando el 83,07 % de todas las emisiones de NO<sub>x</sub> del ciclo de vida.



**Figura 4.11: Emisión de NO<sub>x</sub> de cada proceso unitario.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV



**Figura 4.12: Emisión de NO<sub>x</sub> de cada etapa del ciclo de vida.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV

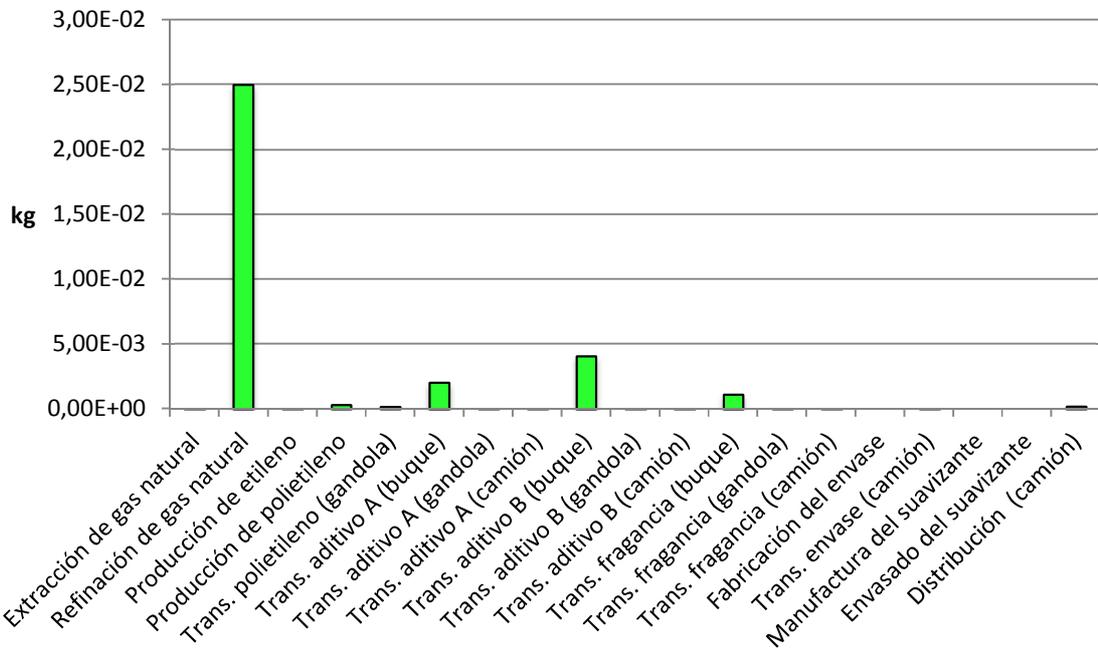
### Emisión de óxidos de azufre SO<sub>x</sub>

Por otro lado, las emisiones óxidos de azufre pueden estar conformadas por monóxido de azufre (SO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y/o trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>), estos se emiten a la atmósfera en procesos de combustión siempre y cuando los combustibles fósiles utilizados contenga azufre entre sus moléculas; el azufre es un contaminante común en el petróleo y el gas natural que se trata de eliminar lo más posibles en los procesos de refinación, ya que es muy dañino para el ambiente.

Al estar en la atmósfera, los óxidos de azufre se combinan con la humedad del ambiente creando ácido sulfúrico, principal componente de la

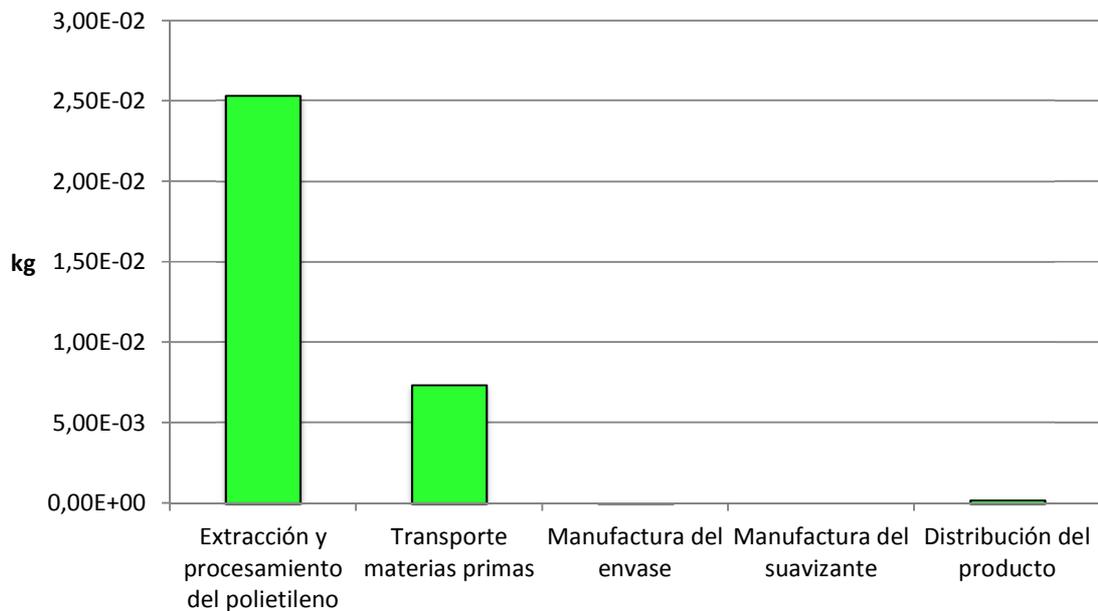
lluvia ácida junto con el ácido nítrico que forman los óxidos de nitrógeno. Por esta razón, el Eco-Indicador 99 lo evalúa bajo la categoría de daño al ecosistema, por su efecto en la lluvia ácida y la acidificación de los cuerpos de agua.

Para el caso de este análisis de ciclo de vida, observando la figura 4.13 se tiene que el proceso unitario de refinación del gas natural es el mayor contribuyente de  $\text{SO}_x$  con 0,0249 kg, esto es porque el gas natural crudo al refinarlo se le quitan sus impurezas, y una de las principales impurezas es el sulfuro de hidrógeno, el cual es transformado en  $\text{SO}_x$  en el proceso de refinación del gas natural y parte es emitido al ambiente. La pequeña contribución de la etapa del transporte de materias primas de 0,00736 kg que se observa en la figura 4.14 es debido a la presencia de azufre en el diesel utilizado como combustible que al quemarse produce  $\text{SO}_x$ , la cual solo representa un 22,39 % del total de las emisiones de óxidos de azufre del ciclo de vida contra un 76,97 % de la etapa de extracción y procesamiento de polietileno (0,0253 kg), siendo la contribución del resto de las etapas menos de un 1 %, resultando insignificante.



**Figura 4.13 Emisión de SO<sub>x</sub> de cada proceso unitario.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV



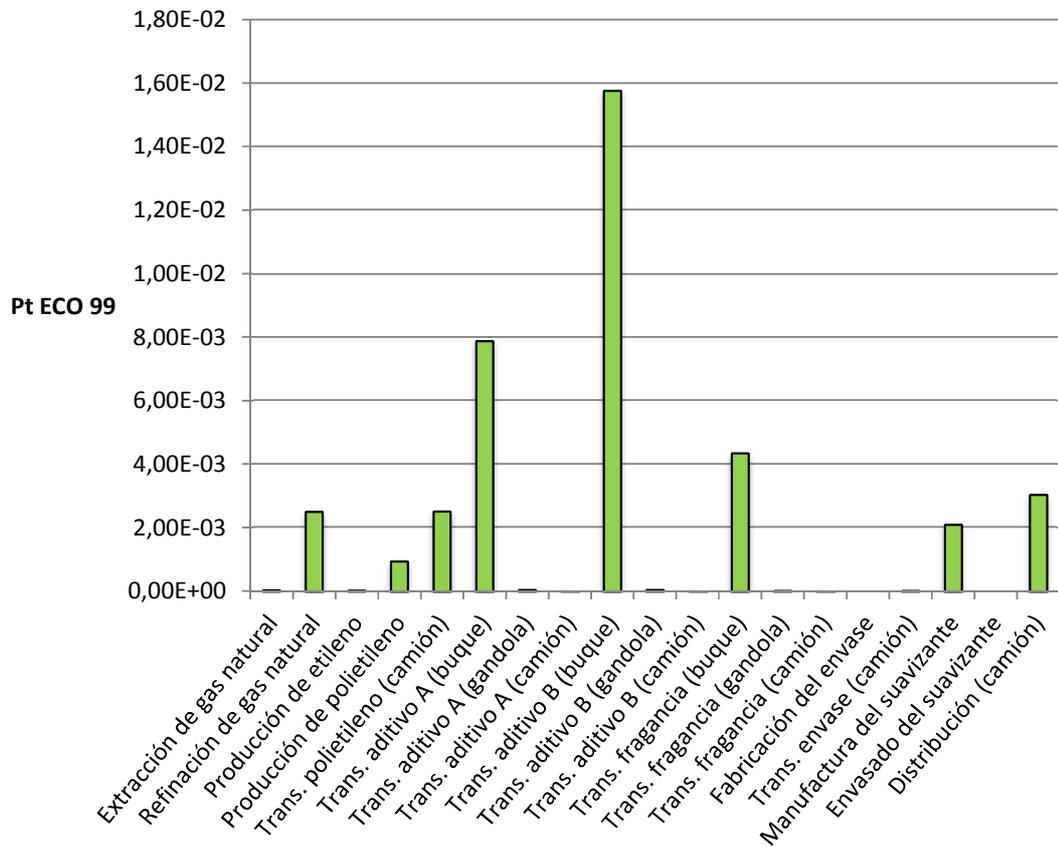
**Figura 4.14 Emisión de SO<sub>x</sub> de cada etapa del ciclo de vida.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV

## **Daño a la calidad del ecosistema**

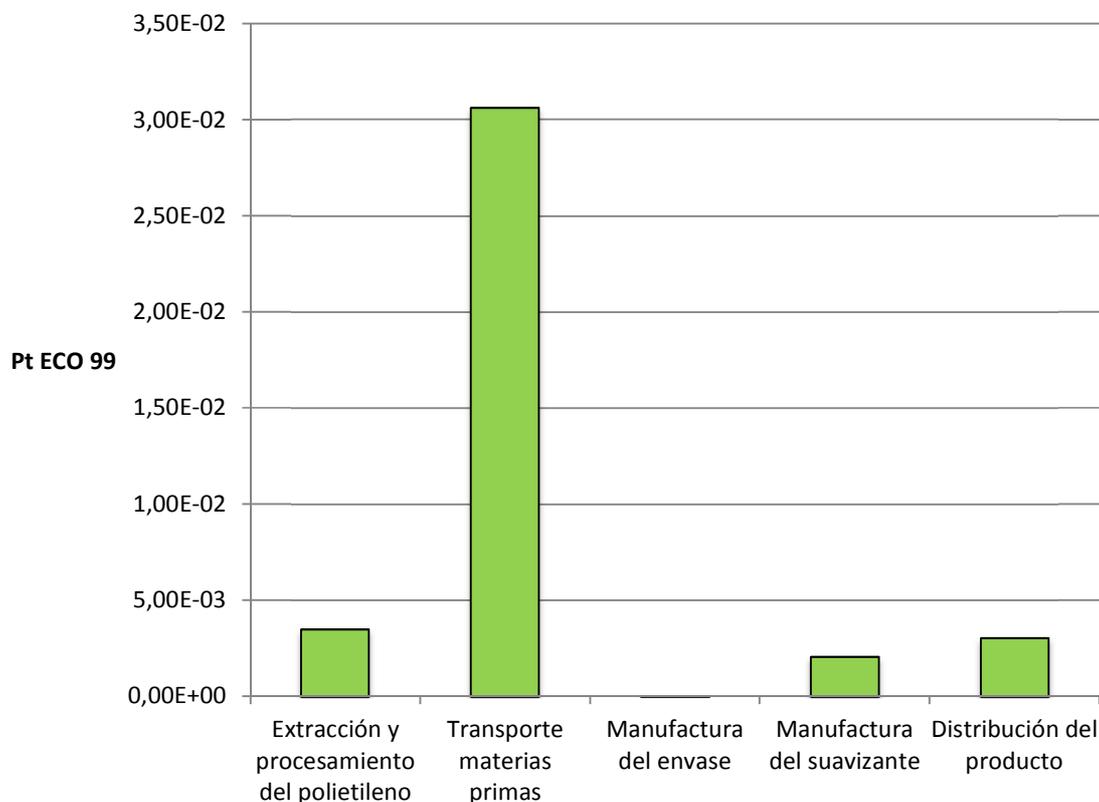
Después de analizar todas las emisiones significativas generadas en el ciclo de vida del suavizante, se analizó el impacto en las dos categorías donde tienen influencia como lo son el daño a la calidad del ecosistema y el daño a la salud humana.

Las emisiones significativas que inciden directamente en el daño a la calidad del ecosistema son las de  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$  afectando la subcategoría de acidificación y eutrofización del medio ambiente. Existen otros tipos de emisiones que tienen un impacto ambiental sobre el ecosistema, ya sea en la misma subcategoría o en la subcategoría de sustancias ecotóxicas, que aunque no fueron identificadas como flujos significativos, están calculadas en el inventario y la evaluación de cargas ambientales. En la figura 4.15 se puede apreciar que los procesos unitarios de transporte por buque son los que más valor de indicador arrojaron, el transporte del aditivo A arrojó 0,00787 Pt, el del aditivo B arrojó 0,0157 Pt y el de la fragancia resultó de 0,00433 Pt, esto era de esperarse, ya que son los procesos unitarios que más  $\text{NO}_x$  producen en el ciclo de vida, y el impacto de este es mayor que el registrado por  $\text{SO}_x$  y las demás sustancias. De manera conjunta, se puede apreciar en la figura 4.16 que la etapa de transporte de materia prima tiene la mayor carga ambiental con 0,0306 Pt, en lo que daño al ecosistema se refiere en todo el ciclo de vida.



**Figura 4.15 Valor del Eco-Indicador 99 para la categoría daño a la calidad del ecosistema para cada proceso unitario.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del EICV



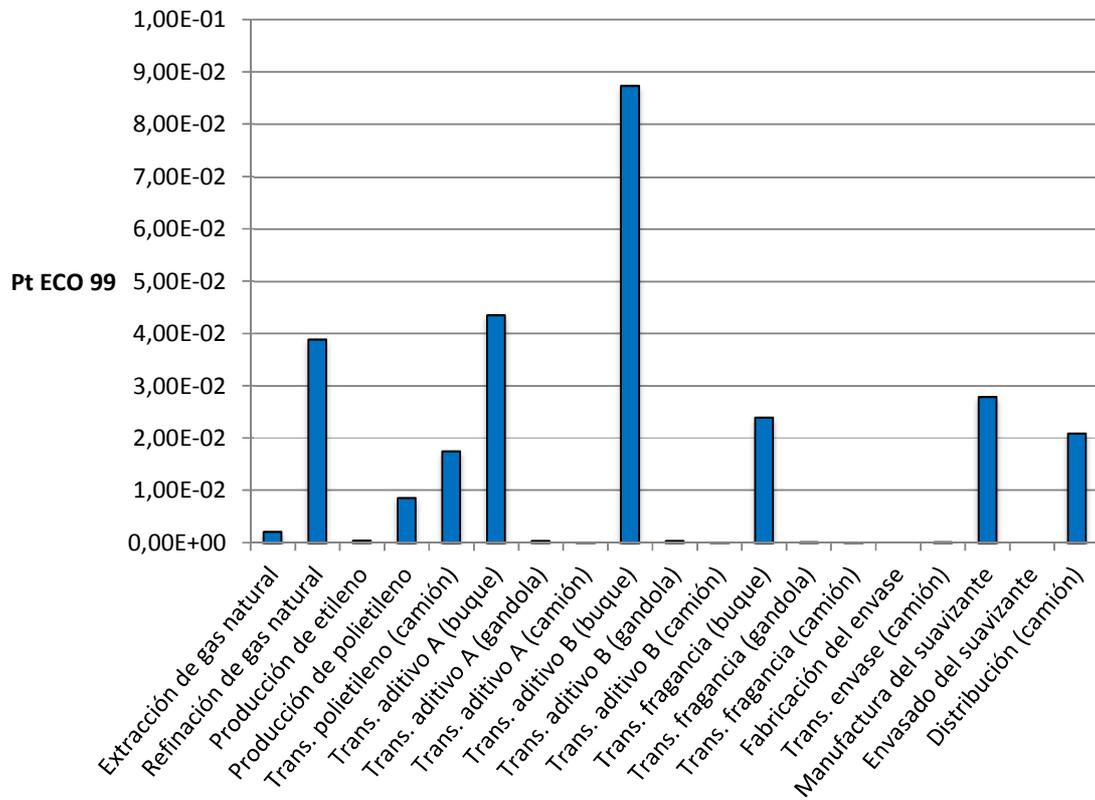
**Figura 4.16 Valor del Eco-Indicador 99 para la categoría daño a la calidad del ecosistema para cada etapa del ciclo de vida.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del EICV

### **Daño a la salud humana**

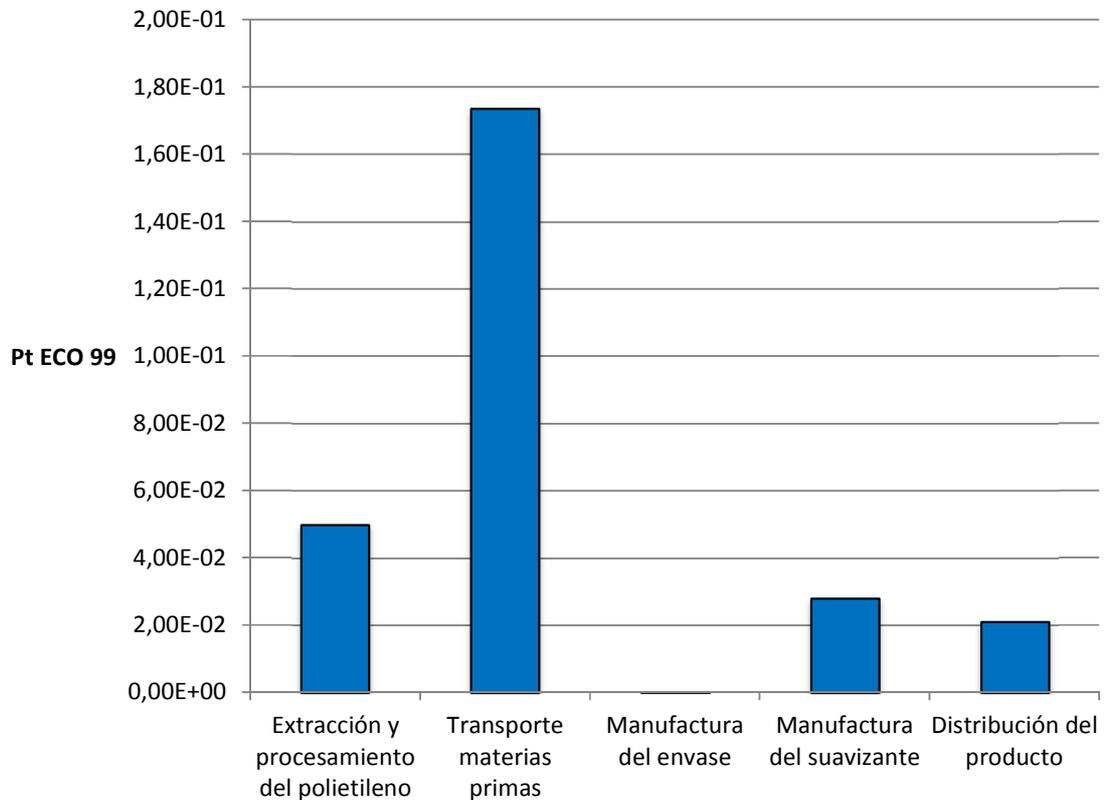
Por otro lado, el daño a la salud humana viene dado principalmente por las emisiones de CO<sub>2</sub> para la subcategoría de cambio climático y por el NO<sub>x</sub> para la subcategoría de efectos respiratorios, y por otras emisiones no significativas evaluadas en la subcategoría de emisión de sustancias cancerígenas.

Al igual que para el indicador de daño a la calidad del ecosistema, aquí se contabilizaron también las cargas ambientales generadas por el resto de las emisiones que están cuantificadas en el inventario del ciclo de vida, siempre y cuando estén categorizadas en la base de datos del Eco-Indicador 99. En la figura 4.17 podemos observar que los procesos unitarios que más dañan la salud son los procesos de transporte en buque del aditivo B con un indicador de 0,0873 Pt, seguido por la refinación del petróleo con 0,0388 Pt y la manufactura del suavizante con 0,0279 Pt. Mientras que al analizarlo por etapas, en la figura 4.18 se observó que la etapa de transporte, con un indicador de 0,173 Pt, es la que más carga ambiental posee representando un 63,71 % de la carga total en esta categoría de impacto. Estas cargas ambientales ocurren así por la combinación de las emisiones de NO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub> que son las que más impacto tienen en esta categoría.



**Figura 4.17 Valor del Eco-Indicador 99 para la categoría daño a la salud humana para cada proceso unitario.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del EICV



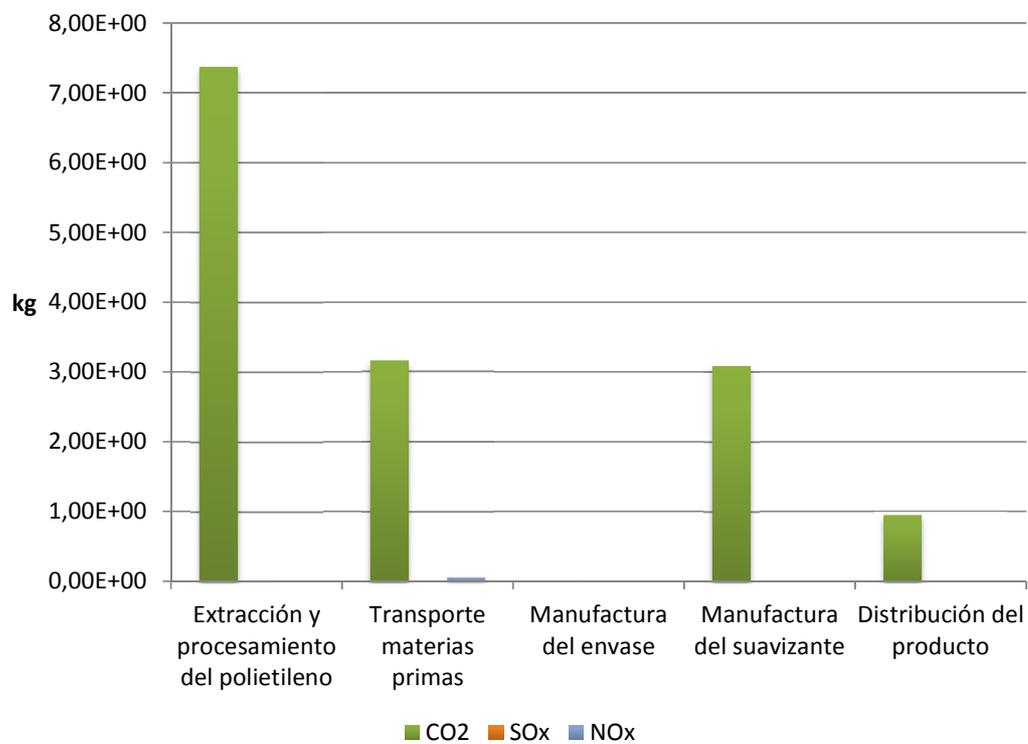
**Figura 4.18 Valor del Eco-Indicador 99 para la categoría daño a la salud humana para cada etapa del ciclo de vida.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del EICV

### **Análisis general y carga ambiental total**

En la figura 4.19 se graficaron todas las emisiones significativas evaluadas anteriormente, se puede observar claramente como la emisión de dióxido de carbono sobrepasa en cantidad a la del  $\text{NO}_x$  y la del  $\text{SO}_x$ , cabe destacar que los 14,60 kg de  $\text{CO}_2$  emitidos representan un 98,90 % del total de las emisiones cuantificadas en el inventario del ciclo de vida. De este total, la etapa de extracción y procesamiento de polietileno es la que más contribuye con 7,37 kg de  $\text{CO}_2$ , seguida por la etapa de transporte con 3,16 kg y la etapa de manufactura del suavizante con 3,08 kg; estos resultados se

deben a que las emisiones se generan en procesos de combustión de combustibles fósiles, en este caso el gas natural y el petróleo en sus presentaciones refinadas (diesel, GLP, gasolina, etc), y su principal producto es el CO<sub>2</sub>. En la tabla 4.13 se indican los valores totales para cada flujo significativo del ciclo de vida de un lote de 52 galones de suavizante de ropa.



**Figura 4.19 Valor de las emisiones significativas generadas en cada etapa del ciclo de vida.**

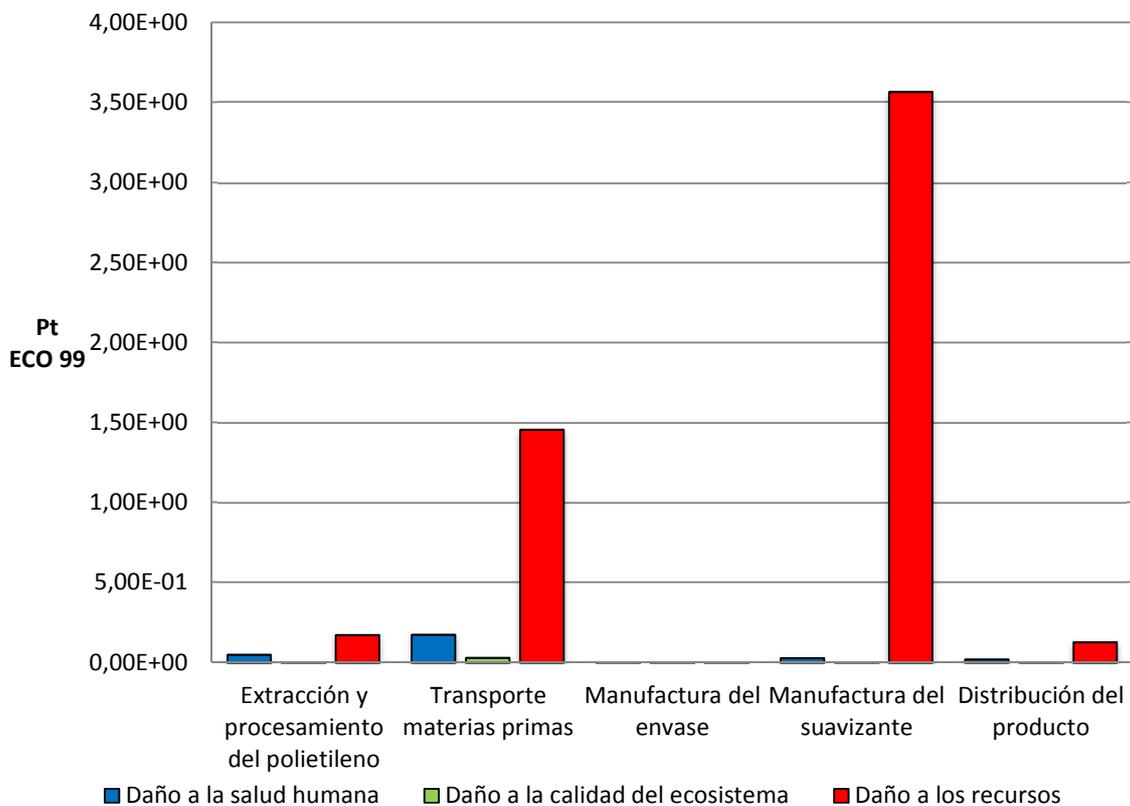
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV

**Tabla 4.13 Cantidad total de los flujos significativos**

<b>Flujos elementales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Recursos de la naturaleza</b>		
<b>Petróleo</b>	kg	5,48E+01
<b>Gas natural</b>	m <sup>3</sup>	4,21E-01
<b>Emisiones atmosféricas</b>		
<b>Dióxido de carbono</b>	kg	1,46E+01
<b>Óxidos de azufre</b>	kg	3,29E-02
<b>Óxidos de nitrógeno</b>	kg	8,14E-02

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del ICV

Al comparar las tres categorías de impacto que evalúa el Eco-Indicador 99 entre sí se puede observar, en la figura 4.20, que en todas las etapas del ciclo de vida la mayor carga está en la categoría de daño a los recursos, que como se dijo anteriormente es generada por el consumo de combustibles fósiles para fines energéticos utilizados a lo largo del ciclo de vida.



**Figura 4.20 Valores de cada categoría de carga ambiental para cada etapa del ciclo de vida.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del EICV.

Adicionalmente, dentro de esta categoría se puede destacar que el mayor peso lo tiene la manufactura del suavizante con 66,96 %, seguido por el transporte de materias primas con 27,40 %, esto se puede apreciar en la tabla X.X. Para las 2 categorías restantes, daño a la salud humana y daño a la calidad del ecosistema, la etapa que más carga genera es la del transporte de materia prima, con 63,71 % y 78,08 % respectivamente.

**Tabla 4.14 Contribución relativa dentro de la categoría de daño a la salud humana de cada etapa del ciclo de vida**

<b>Etapas del ciclo de vida</b>	<b>Daño a la salud humana</b>	<b>Contribución relativa</b>
<b>Extracción y procesamiento del polietileno</b>	4,99E-02	18,34%
<b>Transporte materias primas</b>	1,73E-01	63,71%
<b>Manufactura del envase</b>	1,92E-04	0,07%
<b>Manufactura del suavizante</b>	2,79E-02	10,26%
<b>Distribución del producto</b>	2,08E-02	7,62%
<b>Total (Pt ECO 99)</b>	<b>2,72E-01</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del EICV

**Tabla 4.15 Contribución relativa dentro de la categoría de daño a la calidad del ecosistema de cada etapa del ciclo de vida**

<b>Etapas del ciclo de vida</b>	<b>Daño a la calidad del ecosistema</b>	<b>Contribución relativa</b>
<b>Extracción y procesamiento del polietileno</b>	3,49E-03	8,90%
<b>Transporte materias primas</b>	3,06E-02	78,08%
<b>Manufactura del envase</b>	2,78E-05	0,07%
<b>Manufactura del suavizante</b>	2,07E-03	5,28%
<b>Distribución del producto</b>	3,01E-03	7,67%
<b>Total (Pt ECO 99)</b>	<b>3,92E-02</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del EICV

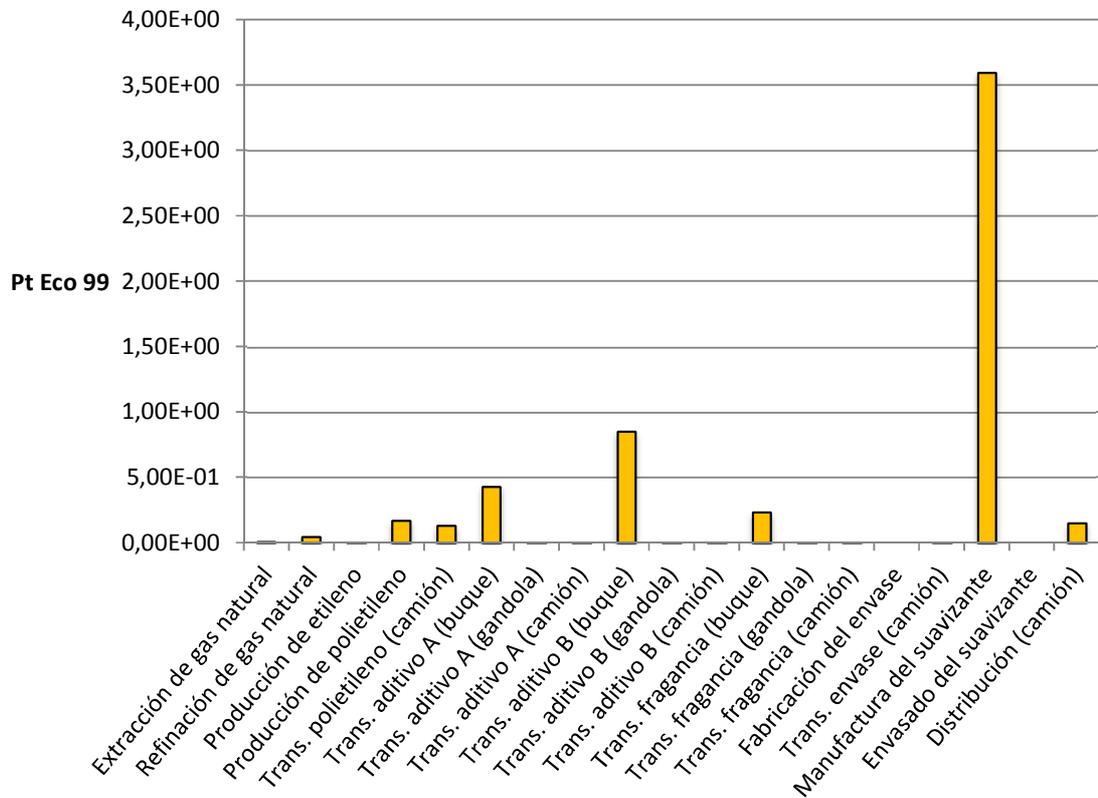
**Tabla 4.16 Contribución relativa dentro de la categoría de daño a los recursos de cada etapa del ciclo de vida**

<b>Etapas del ciclo de vida</b>	<b>Daño a los recursos</b>	<b>Contribución relativa</b>
<b>Extracción y procesamiento del polietileno</b>	1,72E-01	3,23%
<b>Transporte materias primas</b>	1,46E+00	27,40%
<b>Manufactura del envase</b>	1,17E-03	0,02%
<b>Manufactura del suavizante</b>	3,56E+00	66,96%
<b>Distribución del producto</b>	1,27E-01	2,38%
<b>Total (Pt ECO 99)</b>	5,32E+00	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del EICV

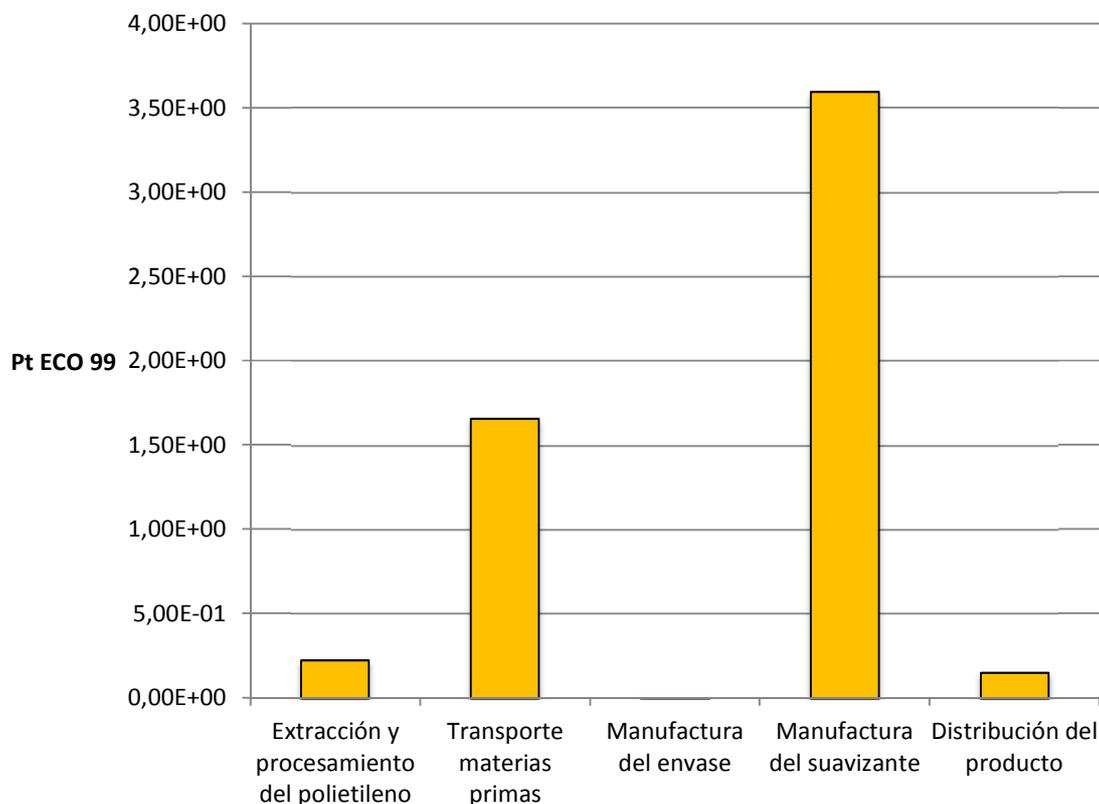
Estos resultados nos reflejan que si se analizan las categorías de impacto independientemente, podemos llegar a la conclusión que etapa de manufactura del suavizante y la etapa de transporte de materia prima son las etapas con más carga ambiental dentro del ciclo de vida, siendo las etapas críticas del sistema.

Sin embargo, analizando las figuras 4.21 y 4.22, nos damos cuenta que para un análisis global o total del indicador, el proceso unitario que más carga ambiental tiene es la manufactura del suavizante con 3,59 Pt, representando el 63,79 %, seguida por los procesos de transporte de materias primas con 1,46 Pt y una contribución relativa de 29,50 %. Esto, combinado con el resultado anterior, nos permite reconocer que el proceso de manufactura del suavizante es la etapa más crítica en el ámbito ambiental del sistema, seguida en un menor grado por el transporte de materias primas.



**Figura 4.21 Valor total del Eco-Indicador 99 para cada proceso unitario del ciclo de vida.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del EICV



**Figura 4.22 Valor total del Eco-Indicador 99 para cada etapa del ciclo de vida.**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del EICV

### Proposición de mejoras

Para la etapa más crítica en cargas ambientales, la manufactura del suavizante, la empresa tiene control directo y puede realizar mejoras para reducir esta carga ambiental. Por esta razón y con la base de que la carga ambiental viene principalmente dada por el consumo de GLP, se evaluó un poco más a fondo el sistema de calentamiento de la empresa, proceso en el cual se consume todo el combustible utilizado. Para esto se realizó un análisis de eficiencia del sistema de calentamiento utilizado por la empresa, para ello se estimó teóricamente la cantidad de energía requerida que para

calentar los 80 litros de agua utilizados en el proceso de producción hasta unos 80°C (ver cálculos detallados en el anexo III), dando como resultado que se requieren 20064 kJ de energía, mientras que 1 kg de GLP, combustible utilizado por el quemador, proporciona unos 48430 kJ aproximadamente, por lo que el sistema de calentamiento tiene una eficiencia de un 41,42%.

Esta eficiencia es la razón por la cual se quema tanto GLP en esta etapa, se recomendó a la empresa invertir en un sistema de calentamiento más eficiente, como por ejemplo una caldera industrial, de manera de consumir menos combustible y así reducir las emisiones, lo cual reduciría la carga ambiental del producto significativamente.

Por otro lado, analizando un poco la etapa de transporte de materias primas, la principal carga ambiental viene dada principalmente por el transporte en buques, consecuencia de que la mayoría de la materia prima es importada. Una buena proposición sería comprar materia prima nacional, para el caso particular de los aditivos esto no es posible porque no se producen en el país, pero para la fragancia se le propone a la empresa que evalúe cambiar su fragancia actual por una nacional que cumpla con sus estándares de calidad y reducir así la carga ambiental del producto.

### **Agua residual y residuos sólidos**

En la manufactura del suavizante se generan efluentes líquidos que son descargados en la cloaca municipal. Estos efluentes son producto de la

limpieza del tanque, máquina mezcladora e implementos utilizados en la fabricación. Esta agua residual no se evaluó de manera detallada, sino que sólo se determinó la cantidad generada por pesaje, es decir, pesando un envase vacío, luego se recolectaron todos los efluentes y se pesó el envase lleno. Dando como resultado 35,5 kg de agua residual generada por lote de suavizante fabricado.

El Eco-Indicador 99 no tiene un estimado de carga ambiental para el agua residual, sino para las sustancias que lo componen, y un análisis de efluentes profundo sería muy costoso y la empresa no lo aprobó, por lo que se evaluó de una manera muy general. Esta cantidad de agua residual generada puede ser considerada como elevada, por lo que puede ser considerado como un punto crítico también dentro del sistema, por lo que se le recomendó a la empresa que entrene a los empleados encargados del lavado de los equipos a utilizar mejor el agua o a encontrarle otro uso. Un posible uso que se le podría dar sería el utilizar esta agua para limpiar los pisos de la fábrica; como la mezcla resultante es jabonosa, y como la empresa también fabrica jabones y genera efluentes por estos procesos también, se podrían juntar ambos efluentes y utilizar esta agua con jabón para lavar los pisos de la fábrica, esto hará que la fábrica consuma menos cantidad de agua y jabón para el aseo de sus áreas de trabajo.

Por otro lado, se generan varios desechos sólidos no peligrosos en la manufactura del suavizante, como por ejemplo los sacos vacíos en donde viene la materia prima y los envases de la fragancia, estos no se analizaron en profundidad, ya que los sacos son reutilizados por la empresa para recoger la basura de las oficinas y los envases de las fragancias son

utilizados para recoger las muestras del lote que son guardadas y conservadas como testigos por seis meses para poder evaluar cualquier cambio que sufra el producto, o comparar cualquier producto devuelto con el mismo en caso de algún reclamo. A continuación, se presenta una tabla donde se resumen los desechos y residuos que se generan durante el ciclo de vida, a partir de la manufactura del envase.

**Tabla 4.17 Residuos y desechos generados en ambas fábricas**

<b>Etapas del ciclo de vida</b>	<b>Proceso unitario</b>	<b>Desecho o residuo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observación</b>
<b>Manufactura del envase</b>	Fabricación del envase	Sacos vacíos de PEAD	Unidad	1	Son vendidos como sacos para escombros
		Scrap de PEAD	Kg	0,82	Reciclados en la misma planta
<b>Manufactura del suavizante</b>	Fabricación del suavizante	Sacos vacíos*	-	-	Son reutilizados por la empresa
		Tambores vacíos*	-	-	Son reutilizados por la empresa
		Envases de fragancia vacíos	Unidad	1	Son reutilizados por la empresa
	Envasado del suavizante	Envases de PEAD dañados*	-	-	Devueltos al fabricante
		Tapas dañadas*	-	-	Material reciclable
		Sacos de plástico	-	-	Material reciclable

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- En la fase de interpretación del inventario de ciclo de vida se identificaron como flujos significativos las siguientes corrientes: de entrada: gas natural y petróleo; de salida: CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>.
- En el análisis de contribución del petróleo, la etapa en donde más se consume es la manufactura del suavizante con 37,10 kg, mientras que para la contribución del gas natural es la etapa de extracción y procesamiento de polietileno con 0,421 m<sup>3</sup>.
- Para la categoría de carga ambiental *daño al recurso*, la etapa de manufactura del suavizante es la que genera la mayor carga ambiental con un indicador de 3,56 Pt ECO 99.
- En el análisis de contribución de emisiones atmosféricas significativas, el CO<sub>2</sub> es el compuesto que más se emite en todo el ciclo de vida, siendo mayor su contribución consecuencia del proceso unitario de refinación del gas natural con 6,41 kg y de la manufactura del suavizante con 3,08 kg.
- En el análisis de contribución de emisiones atmosféricas significativas, el NO<sub>x</sub> es emitido principalmente en la etapa de transporte de materias primas con 0,0676 kg, mientras que el SO<sub>x</sub> es emitido en la etapa de extracción y procesamiento de polietileno con 0,0253 kg.
- Para la categoría de carga ambiental *daño a la calidad del ecosistema*, la etapa de transporte de materias primas es la que

genera la mayor carga ambiental con un indicador de 0,0306 Pt ECO 99.

- Para la categoría de carga ambiental *daño a la salud humana*, la etapa de transporte de materias primas es la que genera el mayor carga ambiental con un indicador de 0,173 Pt ECO 99.
- El producto *suavizante para el lavado de la ropa* posee un Eco Indicador 99 de 5,63 Pt ECO 99.
- La etapa que genera más carga ambiental es la manufactura del suavizante con 3,59 Pt, representando el 63,79 % del total de la carga ambiental, seguida por los procesos de transporte de materias primas con 1,46 Pt y una contribución relativa de 29,50 %.
- El sistema de calentamiento utilizado en la fabricación del suavizante es el punto más crítico de la carga ambiental del producto estudiado, seguido por el transporte en buques de la materia prima.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa manufacturera del suavizante cambiar el sistema de calentamiento por una caldera industrial de manera de reducir sus emisiones atmosféricas y reducir el consumo de GLP.
- Se recomienda a la empresa buscar un fabricante nacional de fragancias que cumpla con sus estándares de calidad, de manera de reducir la carga ambiental evitando traer esta materia prima en buques del extranjero.
- Se recomienda profundizar el estudio para incluir los flujos de entrada y salida que no fueron incluidos. En especial lo referido a consumo de agua y efluentes líquidos.
- Se recomienda profundizar el estudio para incluir el impacto ambiental proveniente del consumo eléctrico, de manera de revisar cuanto es su aporte y obtener un resultado para la etapa de fabricación del envase.
- Se recomienda profundizar el estudio para incluir las etapas de uso y disposición final del producto, de manera de estudiar las distintas maneras de manejo de desechos y reciclaje que se puedan obtener.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Mundial (2008). **Emisiones de dióxido de carbono**. Disponible en línea: <http://data.worldbank.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC>

Barreto, S. (2009). **Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV) simplificado de un aceite lubricante para automóvil**, Universidad de Carabobo, Venezuela.

Carrión, F. (1988). **Propiedades generales de los suavizantes textiles catiónicos: especificaciones de producto y sus efectos en los textiles**. Disponible en línea en: [upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/6274/1/Article07.pdf](http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/6274/1/Article07.pdf).

Chalmers. **Base de datos Edo-indicador 99**. Consultado el día 20 de Agosto de 2013. Disponible en línea en: <http://cpmdatabase.cpm.chalmers.se>

Christiansen, K. (1997). **Simplifying LCA: Just a cut?**, final report SETAC-Europe, LCA screening and streamlining working group.

Curan, A (2006). **Life cycle assessment: principles and practice**. Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA), Cincinnati, Estados Unidos.

De Carvalho, A. (2001). **Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento – Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento**. Universidad politécnica de Cataluña, España.

ECOIL (2004). **Análisis de ciclo de vida (ACV)**. Disponible en línea: [www.ecoil.tuc.gr/LCA-2\\_SP.pdf](http://www.ecoil.tuc.gr/LCA-2_SP.pdf).

Goedkoop, M, Effting y Collignom. (2000). **Eco-indicador 99, manual del diseñador**. Amersfoort, Holanda.

Goedkoop, M y Spriensma (2001). **The Eco-indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment**. Tercera Edición. Amersfoort, Holanda. Disponible en Línea en [www.pre.nl](http://www.pre.nl)

González, Francisco (2007). **Tipos de investigación**. Disponible en línea: [http://www.giaelec.org.ve/fglongatt/files/files\\_FormCompInv/PPTTipo\\_Inv.pdf](http://www.giaelec.org.ve/fglongatt/files/files_FormCompInv/PPTTipo_Inv.pdf)

Iglesias, Daniel H. (2005). **Relevamiento exploratorio del análisis del ciclo de vida de productos y su aplicación en el sistema agroalimentario**. En Contribuciones a la Economía, febrero 2005. Texto completo en: <http://www.eumed.net/ce/>

INE (2011). **XIV Censo nacional de población y vivienda**. Disponible en línea: <http://www.ine.gov.ve/CENSO2011/index.htm>

ISO 14040:2006. **Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework**. International Organization for Standardization. Suiza.

ISO 14044:2006. **Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines**. International Organization for Standardization. Suiza.

ISO 14049:2000. **Environmental management - Life cycle assessment - Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis**. International Organization for Standardization. Suiza.

ONU, 2011. **La población mundial alcanza hoy los 7.000 millones**. Consultado el 20 de Enero de 2012. Disponible en línea en: <http://www.un.org/spanish/News/story.asp?newsID=22135#.U2Aztle2yZQ>

Ortiz A, Sheyla K. (2009). **Propuesta de alternativas para el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos no peligrosos en Venezuela aplicando análisis de ciclo de vida y criterios relevantes integrados.** Universidad de Carabobo, Venezuela.

Pacheco, O. y Plaza, G. (2007). **Análisis de inventario del ciclo de vida de las bebidas gaseosas.** Revista Cienc. Technol. Año 9, Nº 9.

PDVSA. **Gas licuado de petróleo.** Consultado el 20 de Junio de 2013. Disponible en línea: [http://www.pdvsa.com/PESP/Pages\\_pespectostecnicos/gasnatural/queeselgas.html](http://www.pdvsa.com/PESP/Pages_pespectostecnicos/gasnatural/queeselgas.html)

Rodríguez, F. y Gómez, T. (2006). **Análisis del Ciclo de Vida de una lata de refresco carbonatado en Venezuela.** X Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Venezuela.

*Romero, B. (2003). **El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental.** Disponible en línea en: [www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/tend.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/tend.pdf).*

*Sabella, A. (2005). **El análisis de ciclo de vida como herramienta de valoración proyectual.** Revista Ideas Sostenibles, Año 2 Nº 10.*

Sevigné, E. (2011). **Análisis de Ciclo de Vida de la gestión de residuos de envases de PET, latas y bricks mediante SIG y SDDR en España.** España.

Textos Científicos. **Polietileno.** Consultado el 10 de abril de 2012. Disponible en línea: [www.textoscientificos.com](http://www.textoscientificos.com).

United Press International (2013). **CO2 levels reach 400 parts per million.** Consultado el 10 de agosto de 2013. Disponible en Línea:

[http://www.upi.com/Science\\_News/Technology/2013/05/11/CO2-levels-reach-400-parts-per-million/UPI-79071368282120/](http://www.upi.com/Science_News/Technology/2013/05/11/CO2-levels-reach-400-parts-per-million/UPI-79071368282120/)

Usón, A. y Zabala, I. (2009). **Análisis de ciclo de vida de la elaboración del vino. Reflexiones y propuestas para lograr un producto ecoeficiente.** Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza, España.

Vitalis (2009). **Venezuela recicla menos del 10% de sus residuos.** Consultado el 20 de Enero de 2012. Disponible en línea en: <http://www.vitalis.net/actualidad112.htm>

**ANEXOS**

## ANEXO I: HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

<b>ID:</b>	<b>Proceso Unitario:</b>	<b>Ubicación:</b>	
<b>Descripción del Proceso Unitario:</b>			
<b>Origen de la data / Persona que la suministra:</b>			
<b>Entrada de Materiales</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Muestreo</b>
<b>Entrada de Energías</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Muestreo</b>
<b>Consumo de Agua</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Muestreo</b>
<b>Salida de Materiales (incluyendo productos)</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Muestreo</b>
<b>Observaciones al Reverso de la Hoja</b>			
<b>Elaborado por:</b>			<b>Fecha:</b>

## ANEXO II: FICHAS DE LOS PROCESOS UNITARIOS

**Tabla II.1 Lista de fichas**

<b>Ficha</b>	<b>Proceso unitario registrado</b>
1	Extracción de gas natural
2	Refinación del gas natural
3	Producción de etileno
4	Producción de polietileno
5	Transporte en carguero transoceánico
6	Transporte en gandola
7	Transporte en camión
8	Fabricación del envase
9	Fabricación del suavizante
10	Envasado del suavizante

Fuente: Elaboración propia.

<b>Ficha 1</b>		
<b>Proceso Unitario</b>	Extracción de gas natural	
<b>Unidad referencial</b>	1 m <sup>3</sup>	
<b>Método de recolección de los datos</b>	Tomado de la base de datos US LCI DATABASE	
<b>Representividad de los datos</b>	No lo reporta	
<b>Tecnología</b>	Extracción de gas natural en pozos costa afuera, costa adentro, pozos mixtos de gas y petróleo, y pozos exclusivos de gas.	
<b>Procesos incluidos</b>	No lo reporta	
<b>Localización geográfica</b>	Norte América	
<b>Edad de la data</b>	Año 2008	
<b>Comentario general</b>	Incluye los datos para la extracción de gas natural en pozos costa afuera y costa adentro. También incluye los datos para pozos en donde se extrae el gas conjuntamente con el petróleo crudo y pozos de gas únicamente.	
<b>Descripción general del proceso unitario</b>		
<p>El gas natural se extrae por expansión, esto significa que la misma presión del gas contenido en los depósitos de las rocas, produce el impulso de los fluidos hacia las paredes del pozo para luego subir al exterior. Es natural que la presión de producción de gas del pozo, disminuya gradualmente a lo largo de la explotación del yacimiento, sin embargo su vida útil se puede extender utilizando compresores para imprimirle fuerza al gas que se encuentra bajo tierra y ayudarlo a llegar hasta el gasoducto.</p>		
<b>ENTRADAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Materiales de la tecnosfera</b>		
<b>Recursos de la naturaleza</b>		
Agua	m <sup>3</sup>	6,79E-04
<b>Recursos energéticos</b>		
Electricidad	kWh	2,87E-02
Gasolina	L	5,07E-04
Diesel	L	9,53E-04

Gas natural	m <sup>3</sup>	2,41E-02
Fueloil	L	5,88E-04
<b>SALIDAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Producto</b>		
Gas natural Crudo	m <sup>3</sup>	1
<b>Co-producto/desecho</b>		
Residuos sólidos	kg	1,92E-02
<b>Emisiones atmosféricas*</b>		
Acetaldehído	kg	5,83E-09
Acroleína	kg	7,03E-10
Arsénico	kg	2,34E-10
Benceno	kg	7,91E-09
Berilio	kg	5,41E-11
Butadieno	kg	2,97E-10
Cadmio	kg	5,01E-10
Cloruro de hidrógeno	kg	1,29E-07
Cobalto	kg	4,57E-10
Cobre	kg	9,50E-11
Cromo	kg	6,49E-10
Dicloro metano, HCC-30	kg	8,51E-10
Dióxido de carbono	kg	5,29E-02
Dioxinas**	kg	2,64E-15
Especies radiactivas, sin especificar	kg	2,44E-04
Fenoles***	kg	6,41E-10
Formaldehido	kg	4,03E-08
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	kg	1,28E-09
Manganeso	kg	4,53E-10
Mercurio	kg	1,56E-10
Metano	kg	8,81E-03
Monóxido de carbono	kg	1,02E-04
Monóxido de nitrógeno	kg	9,22E-07
Naftaleno	kg	3,16E-10

Níquel	kg	6,82E-09
Óxidos de azufre	kg	4,08E-06
Óxidos de nitrógeno	kg	6,25E-05
Partículas, > 2.5 µm, y < 10µm	kg	3,32E-06
Plomo	kg	4,42E-10
Propano	kg	1,96E-08
Selenio	kg	2,95E-10
Tetracloroetano	kg	1,36E-11
Tolueno	kg	3,11E-09
VOC, compuestos orgánicos volátiles	kg	3,62E-06
Xileno	kg	2,16E-09
Zinc	kg	6,33E-11
<b>Observaciones</b>		
<p>* Las emisiones registradas son la sumatoria de la quema de los combustibles fósiles utilizados en el proceso de extracción del gas natural por los diferentes equipos.</p> <p>** Medidas como la 2, 3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina.</p> <p>*** Fenoles medidos como triclorofenol y pentaclorofenol.</p>		

<b>Ficha 2</b>	
<b>Proceso Unitario</b>	Refinación del gas natural
<b>Unidad referencial</b>	1 m <sup>3</sup>
<b>Método de recolección de los datos</b>	Tomado de la base de datos US LCI DATABASE
<b>Representatividad de los datos</b>	Datos de fuentes primarias
<b>Tecnología</b>	Representa los procesos de endulzamiento de gas natural, y la combustión de hidrocraqueo.
<b>Procesos incluidos</b>	Incluye los requisitos materiales y energéticos y las emisiones ambientales para la combustión de un metro cúbico de gas natural en el hidrocraqueo.
<b>Localización geográfica</b>	Norte América
<b>Edad de la data</b>	Año 2001
<b>Comentario general</b>	El gas natural es comúnmente co-extraído con petróleo crudo. Sin embargo, hay bastantes diferencias entre el petróleo crudo y de gas natural para merecer módulos de datos independientes para cada producto.
<b>Descripción general del proceso unitario</b>	
<p>Existen tres pasos fundamentales en las operaciones de procesamiento de gas natural:</p> <p><b>El tratamiento</b>  Donde se eliminan elementos que pueden ser agua, compuestos ácidos como dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, nitrógeno, helio, y otros sólidos e impurezas, que de no ser eliminados podrían corroer los gasoductos y dañar el medio ambiente. El gas, antes de ser transportado y utilizado comercialmente debe ser purificado y haber pasado todas las normas de calidad que exigen los transportistas y consumidores.</p> <p>Durante el tratamiento se somete al gas natural a los procesos de extracción y fraccionamiento para separar sus componentes, y disponer de gas metano para su transportación y distribución bajo las normas de calidad establecidas.</p>	

Los componentes separados en este proceso, como son el etano, propano, butano y pentano, se utilizarán posteriormente de manera individual como productos cotizados en el mercado, gracias a su gran variedad de usos, entre los cuales podemos mencionar la recuperación mejorada de crudos, la materia prima para las refinerías, las plantas petroquímicas y el uso energético.

### **El acondicionamiento**

Es el procedimiento mediante el cual logramos llevar el gas en óptimas condiciones que satisfagan los requerimientos de los clientes y del mercado.

En esta etapa se utilizan secantes líquidos como por ejemplo Glicol, para retirar el agua y otras impurezas mediante un proceso de deshidratación.

### **El procesamiento**

Es la etapa de fraccionamiento en donde se separan los componentes del gas natural: etano, propano, butano y pentano. Estos cuatro son los principales gases naturales líquidos, los cuales forman parte de la familia de los hidrocarburos saturados que también se conocen con el nombre de parafinas.

Estos gases son de gran utilidad en la industria; por ejemplo el etano se utiliza como materia prima en la producción de etileno, que a su vez es el producto petroquímico más importante en la actualidad; y el propano, además de utilizarse en la producción de etileno, sirve para producir propileno, como gas licuado de petróleo (GPL) para calefacción, industrias y motores.

<b>ENTRADAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Materiales de la tecnosfera</b>		
Gas natural Crudo	m <sup>3</sup>	1,028
<b>Recursos de la naturaleza</b>		
<b>Recursos energéticos</b>		
Electricidad	kWh	0,015712
Gasolina	L	3,51E-05
Diesel	L	3,70E-05
Gas natural	m <sup>3</sup>	2,55E-02
Fueloil	L	3,65E-05
<b>SALIDAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>

<b>Producto</b>		
Gas natural Crackeado	m <sup>3</sup>	1
<b>Co-producto/desecho</b>		
<b>Emisiones atmosféricas*</b>		
Acetaldehído	kg	4,03E-10
Acroleína	kg	4,86E-11
Arsénico	kg	3,29E-09
Benceno	kg	3,50E-08
Berilio	kg	1,99E-10
Butadieno	kg	2,05E-11
Cadmio	kg	1,81E-08
Cloruro de hidrógeno	kg	6,16E-09
Cobalto	kg	1,41E-09
Cobre	kg	3,69E-12
Cromo	kg	2,30E-08
Dicloro metano, HCC-30	kg	4,09E-11
Dióxido de carbono	kg	4,62E+00
Dioxinas**	kg	1,27E-16
Especies radiactivas, sin especificar	kg	3,52E-03
Fenoles***	kg	3,08E-11
Formaldehido	kg	1,23E-06
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	kg	8,83E-11
Manganeso	kg	6,26E-09
Mercurio	kg	4,27E-09
Metano	kg	1,42E-03
Monóxido de carbono	kg	4,29E-04
Monóxido de nitrógeno	kg	3,69E-05
Naftaleno	kg	1,00E-08
Níquel	kg	3,49E-08
Óxidos de azufre	kg	1,80E-02
Óxidos de nitrógeno	kg	6,42E-04

Partículas, > 2.5 µm, y < 10 µm	kg	6,87E-05
Plomo	kg	8,23E-09
Propano	kg	1,36E-09
Selenio	kg	4,06E-10
Tetracloroetano	kg	6,45E-13
Tolueno	kg	2,15E-10
VOC, compuestos orgánicos volátiles	kg	6,57E-04
Xileno	kg	2,53E-04
Zinc	kg	2,46E-12
<b>Observaciones</b>		
<p>* Las emisiones registradas son la sumatoria de la quema de los combustibles fósiles utilizados en el proceso de refinación del gas natural por los diferentes equipos.</p> <p>** Medidas como la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina</p> <p>*** Fenoles medidos como triclorofenol y pentaclorofenol</p>		

<b>Ficha 3</b>	
<b>Proceso Unitario</b>	Producción de etileno
<b>Unidad referencial</b>	1 kg
<b>Método de recolección de los datos</b>	Tomado de la base de datos US LCI DATABASE
<b>Representatividad de los datos</b>	Datos de fuentes primarias
<b>Tecnología</b>	Craqueo con vapor de hidrocarburos (incluidos los líquidos de Gas natural y líquidos derivados del petróleo)
<b>Procesos incluidos</b>	Incluye las necesidades de material y de energía; y las emisiones ambientales de un kilogramo de producción de etileno.
<b>Localización geográfica</b>	Norte América
<b>Edad de la data</b>	Año 2008

<p><b>Comentario general</b></p>	<p>Numerosas corrientes de co-productos se producen durante este proceso. El gas combustible y el gas son dos co-productos elaborados que se exportan a otro proceso para el uso de combustible. Cuando los co-productos combustibles son exportados desde el hidrocraqueo, que llevan con ellos la parte asignada de las entradas y salidas para su producción. La relación de la masa del combustible exportado más la masa total de salida se elimina de las entradas y salidas totales del hidrocraqueador, y al resto de entradas y salidas se asignan a través de los productos de material de hidrocraqueo. Ningún crédito de energía se aplica a los combustibles exportados, ya que tanto las entradas y salidas de los combustibles exportados han sido retiradas del conjunto de datos.</p>	
<p align="center"><b>Descripción general del proceso unitario</b></p>		
<p>El etileno se obtiene de forma industrial en la industria petroquímica por medio de la des hidrogenación del etano.</p>		
$\text{Calor} + \text{C}_2\text{H}_6 \xrightarrow{\text{Catalizador}} \text{H}_2 + \text{CH}_2=\text{CH}_2$		
<p>Esta transformación es fuertemente endotérmica, es decir, requiere de calor para ocurrir. Por eso se lleva a cabo de hornos de pirolisis a unos 1000°C. Esta alta temperatura produce el rompimiento de enlaces, así que la formación de etileno se ve acompañada de la creación de otros productos secundarios no deseados, que son separados posteriormente por destilación o absorción.</p>		
<p><b>ENTRADAS</b></p>	<p>Unidad</p>	<p>Cantidad</p>
<p><b>Materiales de la tecnosfera</b></p>		
<p>Gas natural Crackeado</p>	<p>m<sup>3</sup></p>	<p>0,14184232</p>

<b>Recursos de la naturaleza</b>		
Agua	m <sup>3</sup>	7,38E-04
<b>Recursos energéticos</b>		
Electricidad	kWh	1,46E-01
Gasolina	L	9,14E+05
Diesel	L	7,94E-05
SALIDAS	Unidad	Cantidad
<b>Producto</b>		
Etileno	kg	1
<b>Co-producto/desecho</b>		
Gas refinado para producir olefinas	kg	8,30E-01
Petróleo refinado para producir olefinas	kg	1,86E-01
Residuos sólidos	kg	3,92E-03
<b>Emisiones atmosféricas*</b>		
Acetaldehído	kg	2,06E-09
Acroleína	kg	2,49E-10
Arsénico	kg	
Benceno	kg	2,51E-09
Berilio	kg	
Butadieno	kg	1,05E-10
Cadmio	kg	
Cloruro de hidrógeno	kg	
Cobalto	kg	
Cobre	kg	
Cromo	kg	
Dicloro metano, HCC-30	kg	
Dióxido de carbono	kg	4,05E-04
Dioxinas**	kg	
Especies radiactivas, sin especificar	kg	
Fenoles***	kg	
Formaldehido	kg	3,17E-09
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	kg	4,52E-10

Manganeso	kg	
Mercurio	kg	
Metano	kg	1,09E-06
Monóxido de carbono	kg	1,45E-05
Monóxido de dinitrógeno	kg	1,10E-08
Naftaleno	kg	
Níquel	kg	
Óxidos de azufre	kg	4,22E-06
Óxidos de nitrógeno	kg	7,25E-06
Partículas, > 2.5 µm, y < 10 µm	kg	1,00E-04
Plomo	kg	
Propano	kg	6,94E-09
Selenio	kg	
Tetracloroetano	kg	
Tolueno	kg	1,10E-09
VOC, compuestos orgánicos volátiles	kg	1,04E-05
Xileno	kg	7,66E-10
Zinc	kg	
<b>Observaciones</b>		
* Las emisiones registradas son la sumatoria de la quema de los combustibles fósiles utilizados en el proceso de producción de etileno por los diferentes equipos.		
** Medidas como la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina		
*** Fenoles medidos como triclorofenol y pentaclorofenol		

<b>Ficha 4</b>	
<b>Proceso Unitario</b>	Producción de polietileno
<b>Unidad referencial</b>	1 kg
<b>Método de recolección de los datos</b>	Tomado de la base de datos US LCI DATABASE
<b>Representatividad de los datos</b>	No lo reporta

<b>Tecnología</b>	Polimerización del etileno a través de una combinación de procedimientos en suspensión y en fase gaseosa UNIPOL	
<b>Procesos incluidos</b>	Incluye el material, las necesidades energéticas y las emisiones ambientales para la producción de un kilogramo de resina de polietileno de alta densidad.	
<b>Localización geográfica</b>	Norte América	
<b>Edad de la data</b>	Año 2008	
<b>Comentario general</b>	La chatarra se produce como un coproducto durante este proceso. Las cantidades pueden variar ligeramente entre la referencia a la fuente principal y el módulo y debido al redondeo.	
<b>Descripción general del proceso unitario</b>		
<p>Se produce en Venezuela utilizando el proceso CX, mundialmente reconocido por su capacidad de producir una amplia variedad de productos.</p> <p>En este proceso de síntesis, el etileno, el hidrógeno, los catalizadores y el hexano son introducidos en reactores de agitación, generando una pasta de polímero en hexano. Posteriormente, mediante un proceso de centrifugación y secado, se separa el polímero del hexano.</p> <p>Removido el hexano, el polvo de Polietileno es mezclado con aditivos y extruido para llevarlo a la forma granulada. El producto es finalmente secado, homogeneizado y empacado.</p>		
<b>ENTRADAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Materiales de la tecnosfera</b>		
Etileno	kg	0,99
<b>Recursos de la naturaleza</b>		
Agua	m <sup>3</sup>	6,79E-04
<b>Recursos energéticos</b>		
Electricidad	kWh	3,98E-01
Gas natural	m <sup>3</sup>	3,55E-02

Fueloil	L	6,01E-03
GLP	L	3,75E-05
<b>SALIDAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Producto</b>		
Resina de Polietileno	kg	1
<b>Co-producto/desecho</b>		
Residuos sólidos	kg	6,24E-04
<b>Emisiones atmosféricas*</b>		
Acetaldehído	kg	
Acroleína	kg	
Arsénico	kg	1,06E-09
Belirio	kg	1,35E-09
Benceno	kg	2,68E-11
Butadieno	kg	
Cadmio	kg	9,12E-10
Cloruro de hidrógeno	kg	5,03E-07
Cobalto	kg	4,38E-09
Cobre	kg	
Cromo	kg	1,40E-09
Dicloro metano, HCC-30	kg	3,47E-09
Dióxido de carbono	kg	8,93E-02
Dioxinas**	kg	1,08E-14
Especies radiactivas, sin especificar	kg	7,19E-04
Fenoles***	kg	2,62E-09
Formaldehido	kg	6,64E-08
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	kg	
Manganeso	kg	2,38E-09
Mercurio	kg	2,29E-10
Metano	kg	1,60E-05
Monóxido de carbono	kg	2,12E-04
Monóxido de dinitrógeno	kg	1,37E-06
Naftaleno	kg	1,16E-09

Níquel	kg	6,20E-08
Óxidos de azufre	kg	3,11E-05
Óxidos de nitrógeno	kg	1,28E-04
Partículas, > 2.5 µm, y < 10 µm	kg	4,68E-05
Plomo	kg	1,37E-09
Propano	kg	
Selenio	kg	5,05E-10
Tetracloroetano	kg	5,04E-11
Tolueno	kg	
VOC, compuestos orgánicos volátiles	kg	3,36E-06
Xileno	kg	
Zinc	kg	
<b>Observaciones</b>		
<p>* Las emisiones registradas son la sumatoria de la quema de los combustibles fósiles utilizados en el proceso de producción por los diferentes equipos, junto con las directas del proceso.</p> <p>** Medidas como la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina</p> <p>*** Fenoles medidos como triclorofenol y pentaclorofenol</p>		

<b>Ficha 5</b>	
<b>Proceso Unitario</b>	Transporte en carguero transoceánico
<b>Unidad referencial</b>	1 tkm
<b>Método de recolección de los datos</b>	Tomado de la base de datos US LCI DATABASE
<b>Representatividad de los datos</b>	90% de la flota mundial utiliza esta tecnología
<b>Tecnología</b>	Buques con turbinas de vapor que funcionan con fueloil
<b>Procesos incluidos</b>	Combustión del fueloil pesado
<b>Localización geográfica</b>	EEUU

<b>Edad de la data</b>	Año 2005	
<b>Comentario general</b>	Las emisiones atmosféricas son tomadas del modelo de transporte GREET. Versión 1.6.	
<b>Descripción general del proceso unitario</b>		
Este tipo de embarcación es utilizada para movilizar mercancía alrededor del mundo a través de los océanos recorriendo grandes distancias.		
<b>ENTRADAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Materiales de la tecnosfera</b>		
Fueloil	L	4,93E-03
<b>Recursos de la naturaleza</b>		
<b>Recursos energéticos</b>		
<b>SALIDAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Producto</b>		
Transporte de materiales	tkm	1
<b>Co-producto/desecho</b>		
<b>Emisiones atmosféricas</b>		
Acetaldehído	kg	
Acroleína	kg	
Arsénico	kg	
Benceno	kg	
Berilio	kg	
Butadieno	kg	
Cadmio	kg	
Cloruro de hidrógeno	kg	
Cobalto	kg	
Cobre	kg	
Cromo	kg	
Dicloro metano, HCC-30	kg	
Dióxido de carbono	kg	

Dioxinas**	kg	1,60E-02
Especies radiactivas, sin especificar	kg	
Fenoles***	kg	
Formaldehido	kg	
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	kg	
Manganeso	kg	
Mercurio	kg	
Metano	kg	7,87E-07
Monóxido de carbono	kg	4,28E-05
Monóxido de dinitrógeno	kg	3,89E-07
Naftaleno	kg	
Níquel	kg	
Óxidos de azufre	kg	5,05E-05
Óxidos de nitrógeno	kg	4,34E-04
Partículas, > 2.5 µm, y < 10 µm	kg	1,08E-05
Plomo	kg	
Propano	kg	
Selenio	kg	
Tetracloroeteno	kg	
Tolueno	kg	
VOC, compuestos orgánicos volátiles	kg	1,61E-05
Xileno	kg	
Zinc	kg	
<b>Observaciones</b>		

<b>Ficha 6</b>	
<b>Proceso Unitario</b>	Transporte en gandola
<b>Unidad referencial</b>	1 tkm

<b>Método de recolección de los datos</b>	Tomado de la base de datos US LCI DATABASE	
<b>Representatividad de los datos</b>	Flota promedio en EEUU	
<b>Tecnología</b>	Combustión del diesel en un camión de carga de más de 6400 kg de peso	
<b>Procesos incluidos</b>	Combustión del diesel	
<b>Localización geográfica</b>	EEUU	
<b>Edad de la data</b>	Año 2001	
<b>Comentario general</b>	Las emisiones atmosféricas son tomadas del Modelo de Transporte GREET. Versión 1.6.	
<b>Descripción general del proceso unitario</b>		
Promedio de la flota usada en Venezuela para transportar mercancía desde los puertos hasta los importadores por carretera.		
<b>ENTRADAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Materiales de la tecnosfera</b>		
Diesel	L	2,72E-02
<b>Recursos de la naturaleza</b>		
<b>Recursos energéticos</b>		
<b>SALIDAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Producto</b>		
Transporte de materiales	tkm	1
<b>Co-producto/desecho</b>		
<b>Emisiones atmosféricas</b>		
Acetaldehído	kg	
Acroleína	kg	
Arsénico	kg	
Benceno	kg	
Berilio	kg	

Butadieno	kg	
Cadmio	kg	
Cloruro de hidrógeno	kg	
Cobalto	kg	
Cobre	kg	
Cromo	kg	
Dicloro metano, HCC-30	kg	
Dióxido de carbono	kg	7,99E-02
Dioxinas**	kg	
Especies radiactivas, sin especificar	kg	
Fenoles***	kg	
Formaldehido	kg	
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	kg	
Manganeso	kg	
Mercurio	kg	
Metano	kg	1,29E-06
Monóxido de carbono	kg	1,27E-04
Monóxido de dinitrógeno	kg	1,99E-06
Naftaleno	kg	
Níquel	kg	
Óxidos de azufre	kg	1,76E-05
Óxidos de nitrógeno	kg	5,32E-04
Partículas, > 2.5 µm, y < 10 µm	kg	9,19E-06
Plomo	kg	
Propano	kg	
Selenio	kg	
Tetracloroeteno	kg	
Tolueno	kg	
VOC, compuestos orgánicos volátiles	kg	2,63E-05
Xileno	kg	
Zinc	kg	
<b>Observaciones</b>		

<b>Ficha 7</b>	
<b>Proceso Unitario</b>	Transporte en camión
<b>Unidad referencial</b>	1 tkm
<b>Método de recolección de los datos</b>	Tomado de la base de datos US LCI DATABASE
<b>Representividad de los datos</b>	Flota promedio en EEUU
<b>Tecnología</b>	Combustión de diesel en un camión de carga que pesa entre 3855,54 y 6350,29 kg
<b>Procesos incluidos</b>	Combustión del diesel
<b>Localización geográfica</b>	EEUU
<b>Edad de la data</b>	Año 2001
<b>Comentario general</b>	Las emisiones atmosféricas son tomadas del Modelo de Transporte GREET. Versión 1.6.
<b>Descripción general del proceso unitario</b>	
Camiones utilizados para transportar la materia prima desde el distribuidor hasta la planta del suavizante.	
<b>ENTRADAS</b>	<b>Unidad</b> <b>Cantidad</b>
<b>Materiales de la tecnosfera</b>	
Diesel	L      5,83E-02
<b>Recursos de la naturaleza</b>	
<b>Recursos energéticos</b>	
<b>SALIDAS</b>	<b>Unidad</b> <b>Cantidad</b>
<b>Producto</b>	
Transporte de materiales	tkm      1
<b>Co-producto/desecho</b>	
<b>Emisiones atmosféricas</b>	
Acetaldehído	kg
Acroleína	kg

Arsénico	kg	
Benceno	kg	
Berilio	kg	
Butadieno	kg	
Cadmio	kg	
Cloruro de hidrógeno	kg	
Cobalto	kg	
Cobre	kg	
Cromo	kg	
Dicloro metano, HCC-30	kg	
Dióxido de carbono	kg	1,71E-01
Dioxinas**	kg	
Especies radiactivas, sin especificar	kg	
Fenoles***	kg	
Formaldehido	kg	
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	kg	
Manganeso	kg	
Mercurio	kg	
Metano	kg	4,13E-06
Monóxido de carbono	kg	2,46E-04
Monóxido de dinitrógeno	kg	6,19E-06
Naftaleno	kg	
Níquel	kg	
Óxidos de azufre	kg	3,77E-05
Óxidos de nitrógeno	kg	1,22E-03
Partículas, > 2.5 µm, y < 10 µm	kg	2,35E-05
Plomo	kg	
Propano	kg	
Selenio	kg	
Tetracloroetano	kg	
Tolueno	kg	
VOC, compuestos orgánicos volátiles	kg	8,42E-05

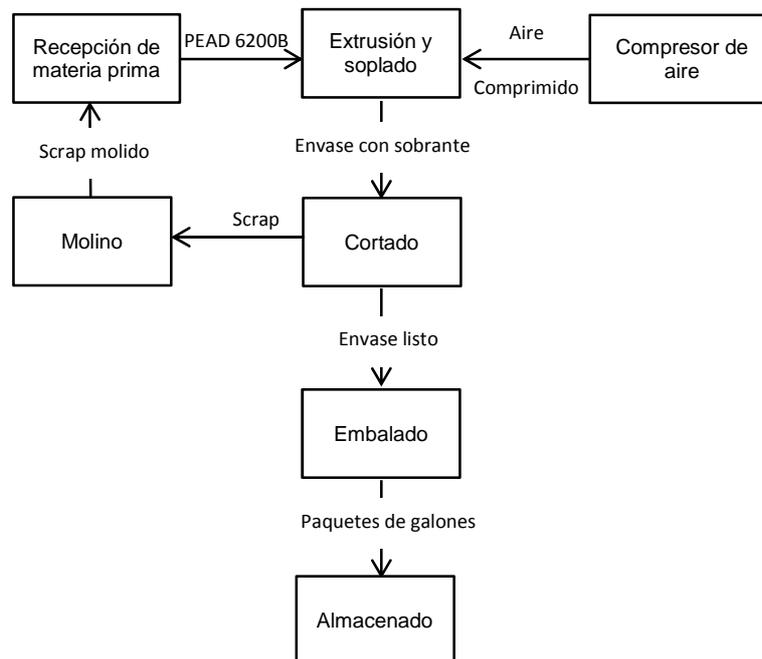
Xileno	kg	
Zinc	kg	
<b>Observaciones</b>		

<b>Ficha 8</b>	
<b>Proceso Unitario</b>	Fabricación del envase
<b>Unidad referencial</b>	1 unidad
<b>Método de recolección de los datos</b>	Los datos se recolectaron directamente en la planta de fabricación del envase.
<b>Representatividad de los datos</b>	Representa los datos de la producción de 1000 envases.
<b>Tecnología</b>	Tecnología promedio mundial de extrusión y soplado.
<b>Procesos incluidos</b>	Desde la recepción y almacenaje de la materiaprima, todo el proceso de fabricación y hasta el almacenaje del producto terminado.
<b>Localización geográfica</b>	Venezuela
<b>Edad de la data</b>	Corresponde a la producción del mes de enero de 2013
<b>Comentario general</b>	La información aquí suministrada corresponde ala elaboración del envase en la planta.
<b>Descripción general del proceso unitario</b>	
<p>El proceso comienza con la recepción de la materia prima, la cual llega en una gandola completamente cargada de sacos de 25 kilos de polietileno de alta densidad 6200B granulado, los cuales son descargados con un montacargas y almacenados. La planta cuenta con dos máquinas, una nueva, la cual tiene un ciclo de fabricación de 18 segundos por envase, y una más vieja, la cual tiene un ciclo de 20 segundos.</p>	

Las máquinas utilizan la tecnología de extrusión y soplado, son alimentadas con el polietileno de alta densidad , el cual es calentado en un tornillo sin fin hasta una temperatura de 180 °C, esto hace que el plástico se funda y salga por un boquilla, una vez salga la cantidad adecuada, un molde de acero se cierra sobre el plástico fundido y una cuchilla corta por la parte de arriba el plástico, luego una boquilla inyecta aire en el molde expandiendo el plástico hasta tocar y tomar la forma del molde, dicho molde es enfriado con agua para mantener su temperatura en 10°C, lo que hace que el plástico se endurezca al tocar la pared. Al cabo de 8 segundos el molde se abre y el envase se enfría por unos segundos, luego es agarrado por un operario que le quita el exceso de plástico (scrap), el cual es reciclado, triturándolo en un molino y mezclado con la materia prima virgen.

Luego los envases son embalados en bultos de 36 y vendidos a sus clientes.

### Flujograma del proceso\*



ENTRADAS	Unidad	Cantidad
<b>Materiales de la tecnosfera</b>		
Resina PEAD 6200B	kg	1,90E-01

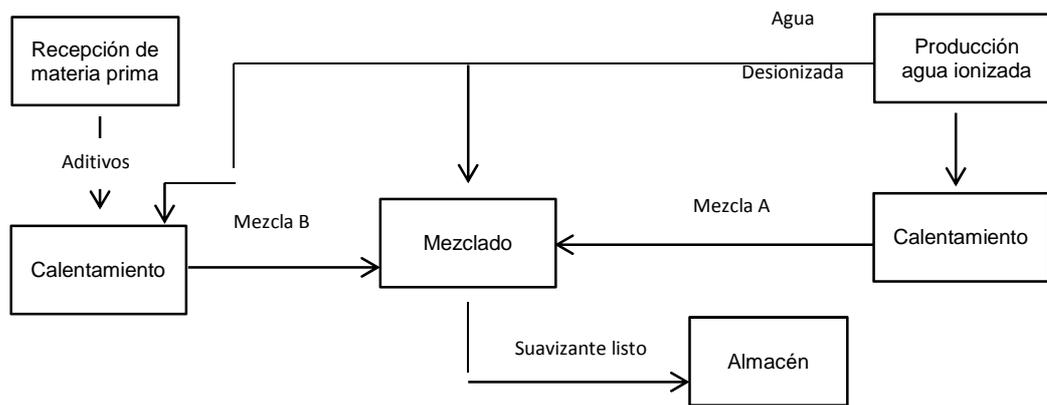
<b>Recursos de la naturaleza</b>		
<b>Recursos energéticos*</b>		
Electricidad	kWh	23,05E-02
<b>SALIDAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Producto</b>		
Envase	Unidad	1
<b>Co-producto/desecho</b>		
Scrap Plástico	kg	6,00E-02
<b>Observaciones</b>		
<p>El proceso de fabricación del envase no produce ni emisiones atmosféricas, ni efluentes líquidos de ningún tipo.</p> <p>* El flujograma del proceso es de elaboración propia.</p> <p>** No se contabilizó el gas natural utilizado como combustible del montacargas</p>		

<b>Ficha 9</b>	
<b>Proceso Unitario</b>	Fabricación del suavizante
<b>Unidad referencial</b>	177,17 Kg
<b>Método de recolección de los datos</b>	Los datos se recolectaron directamente en la planta de fabricación del suavizante. Las emisiones atmosféricas corresponden a las que se generan en una caldera de gas natural, tomando como referencia el dataset correspondiente tomado de la base de datos US LCI DATABASE.
<b>Representividad de los datos</b>	Representa la producción de 10 lotes de suavizante producidos en la planta.
<b>Tecnología</b>	Tecnología básica de un calentador a gas, una mezcladora y mano de obra.
<b>Procesos incluidos</b>	Desde la recepción y almacenaje de la materia prima hasta la mezcla final del producto.
<b>Localización geográfica</b>	Venezuela
<b>Edad de la data</b>	Corresponde a la producción de enero del año 2013.
<b>Comentario general</b>	La información aquí suministrada corresponde a la elaboración del suavizante en la planta.
<b>Descripción general del proceso unitario</b>	
<p>La materia prima es recibida en la planta en los camiones provenientes del distribuidor, es descargada con la ayuda de una zorra hidráulica y depositada en el almacén.</p> <p>El proceso de fabricación comienza con el precalentamiento de 30 litros de agua con la ayuda de un calentador a gas natural, lo cuales son vertidos en el tambor donde se fabricará el suavizante, luego se calientan otros 30 litros más hasta que alcancen los 70° C, una vez alcanzada la temperatura deseada, se agregan los aditivos A y B, los cuales son sólidos, hasta que se derritan, cuando pasan a estado líquido se adiciona el aditivo C con un mezclado</p>	

constante, esto provoca un proceso de emulsión de los otros aditivos con el agua, formando el suavizante, esta mezcla se vierte al tambor, luego es llevado el tambor a la máquina mezcladora, la cual se enciende y se le agregan rápidamente los 120 litros de agua restantes mientras se mezcla el producto.

El mezclado dura unos 20 minutos, luego se apaga la máquina y se deja reposar la mezcla hasta el día siguiente. El día siguiente se mezcla nuevamente y se agrega el conservante y la fragancia, luego se deja reposar hasta el día siguiente y está lista para ser envasada. Una vez finalizado el proceso, se lavan todos los utensilios utilizados.

### Flujograma del proceso\*



ENTRADAS	Unidad	Cantidad
<b>Materiales de la tecnosfera</b>		
Paquete de aditivos	kg	5,90E+00
<b>Recursos de la naturaleza</b>		
Agua*	kg	2,42E+02
<b>Recursos energéticos</b>		
Electricidad	kWh	6,86E-01
Gas natural	kg	1,00E+00
SALIDAS	Unidad	Cantidad
<b>Producto</b>		
Suavizante sin envasar	kg	177,17
<b>Co-producto/desecho</b>		

Agua residual	kg	3,17E+01
<b>Emisiones atmosféricas</b>		
Acetaldehído	kg	
Acroleína	kg	
Arsénico	kg	
Benceno	kg	
Berilio	kg	
Butadieno	kg	
Cadmio	kg	
Cloruro de hidrógeno	kg	
Cobalto	kg	
Cobre	kg	
Cromo	kg	
Dicloro metano, HCC-30	kg	
Dióxido de carbono	kg	3,08E+00
Dioxinas**	kg	
Especies radiactivas, sin especificar	kg	
Fenoles***	kg	
Formaldehido	kg	
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	kg	
Manganeso	kg	
Mercurio	kg	
Metano	kg	4,66E-05
Monóxido de carbono	kg	7,93E-04
Monóxido de dinitrógeno	kg	2,09E-04
Naftaleno	kg	
Níquel	kg	
Óxidos de azufre	kg	
Óxidos de nitrógeno	kg	4,66E-03
Partículas, > 2.5 µm, y < 10 µm	kg	1,40E-04
Plomo	kg	
Propano	kg	

Selenio	kg	
Tetracloroetano	kg	
Tolueno	kg	
VOC, compuestos orgánicos volátiles	kg	8,15E-05
Xileno	kg	
Zinc	kg	
<b>Observaciones</b>		
<p>* Flujoograma del proceso de elaboración propia.</p> <p>** Se contabilizó el agua para la fabricación y el agua utilizada para la limpieza del tambor, la máquina mezcladora y los utensilios utilizados.</p>		

<b>Ficha 10</b>	
<b>Proceso Unitario</b>	Invasado del suavizante
<b>Unidad referencial</b>	1 envase lleno
<b>Método de recolección de los datos</b>	Los datos se recolectaron directamente en la planta de fabricación del suavizante.
<b>Representividad de los datos</b>	Representa los datos del envasado de 500 galones de suavizante
<b>Tecnología</b>	Invasado manual
<b>Procesos incluidos</b>	Incluye el llenado del tanque de llenado, el envasado de los galones, etiquetado y almacenamiento
<b>Localización geográfica</b>	Venezuela
<b>Edad de la data</b>	Corresponde a la producción del año 2012
<b>Comentario general</b>	Actualmente la planta está envasando el suavizante de manera manual, se producen efluentes por el lavado de los utensilios y tanques utilizados, se está tramitando la compra de una máquina envasadora que hará el

	proceso más eficiente a finales de año.	
<b>Descripción general del proceso unitario</b>		
El proceso de llenado se lleva a cabo de forma manual de la siguiente manera: un operario transvasa con un recipiente el suavizante al tanque de llenado, dicho tanque posee una llave que es manipulada por otro operario y deja caer el producto por gravedad. Luego de envasados son lavados si se presenta algún derrame, etiquetados y dispuestos en paletas dentro del almacén para ser vendidos.		
<b>ENTRADAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Materiales de la tecnosfera*</b>		
Envases tipo galón	Unidad	1
Etiqueta	Unidad	1
Tapa de polipropileno	Unidad	1
Suavizante sin envasar	kg	3,40E+00
<b>Recursos de la naturaleza</b>		
Agua	kg	4,00E+00
<b>Recursos energéticos</b>		
<b>SALIDAS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Producto</b>		
Galón de suavizante	Unidad	1
<b>Co-producto/desecho</b>		
Agua residual	kg	4,00E+00
<b>Observaciones</b>		
El proceso de envasado no utiliza energía eléctrica por ser un proceso manual, solo la energía humana suministrada por los operarios. Tampoco se producen emisiones atmosféricas, y los únicos desechos son los papeles donde vienen adheridas las etiquetas, los cuales por criterio de masa establecido no fueron contabilizados.		

### ANEXO III: PROCEDIMIENTO DE CÁLCULOS

#### Cálculo de la eficiencia del quemador

La eficiencia del quemador se estimó de manera referencial utilizando la siguiente ecuación:

$$E = \frac{Q_t}{Q_r} \cdot 100\%$$

Donde:

E: Eficiencia (%).

$Q_t$  : Calor teórico (kJ).

$Q_r$ : Calor real (kJ).

Pero primero se calculó la cantidad teórica de calor requerido para calentar los 80 litros necesarios de agua para el proceso con la siguiente fórmula:

$$Q_t = C \cdot m \cdot \Delta T$$

Donde:

C: Calor específico (kJ/kg.°C)

m: Masa a calentar (kg)

$\Delta T$ : Diferencia de temperatura (°C)

La capacidad calorífica del agua es de 4,18, la diferencia de temperatura es de 60 °C (25°C iniciales y se quiere calentar hasta las 85°C) y se quieren calentar 80 kg de agua, sustituyendo en la fórmula anterior tenemos:

$$Q_t = 4,18 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 80kg \cdot 60^\circ C = 20064 kJ$$

La cantidad teórica de calor requerida es de 20064 kJ para calentar toda el agua del proceso. Ahora bien, conociendo que se quema 1 kg de gas licuado de petróleo en el proceso, y conociendo su poder calorífico (48,43 MJ/kg) se puede calcular la cantidad de calor generado por su combustión:

$$Q_r = Pc \cdot mc$$

Donde:

Pc: Poder calorífico (kJ/kg)

mc: Masa (kg)

$$Q_r = 48430 \frac{kJ}{kg} \cdot 1kg = 48430kJ$$

Con ambos resultados, sustituimos en la ecuación de la eficiencia y obtenemos:

$$E = \frac{20064}{48430} * 100\% = 41,42\%$$

### **Cálculo de las emisiones atmosféricas**

Para el cálculo de las emisiones atmosféricas, se sumaron las emisiones generadas directamente por el proceso unitario con las generadas por el uso de cada combustible reportado en la *dataset* del proceso correspondiente. Fueron tomados los *datasets* de la base de datos US LCI DATABASE para la quema de diesel, gasolina, fueloil y gas natural dependiendo del caso en el equipo reportado. Estos cálculos se llevaron a cabo en los siguientes procesos unitarios ocurridos fuera de las fábricas estudiadas: **extracción del gas natural, refinación del gas natural, producción de etileno y producción de polietileno.**

Por otra parte, para el caso del proceso unitario **fabricación del suavizante**, el cual utiliza gas licuado de petróleo para el calentamiento en su proceso, se aproximaron las emisiones generadas a la *dataset* de la base de datos US LCI DATABASE correspondiente a la quema de GLP en una caldera industrial y se ajustaron a los valores de consumo calculados para ese proceso de fabricación.

A continuación se presentan las tablas en las que aparecen los resultados de los cálculos aplicados.

<b>PROCESO: Extracción de gas natural</b>	<b>Extracción de gas natural</b>	<b>Combustión de diesel en una caldera (L)</b>	<b>Combustión de gasolina en un equipo (L)</b>	<b>Combustión de gas natural en una caldera (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Combustión de fueloil en una caldera (L)</b>	<b>TOTAL para 1m<sup>3</sup> de gas natural</b>
<b>Cantidad de combustible consumido</b>		9,53E-04	5,07E-04	2,41E-02	5,88E-04	
<b>Emisiones atmosféricas</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>
Acetaldehído			5,83E-09			5,83E-09
Acroleína			7,03E-10			7,03E-10
Arsénico		6,33E-11		7,74E-11	9,30E-11	2,34E-10
Benceno			7,09E-09	8,12E-10	1,51E-11	7,91E-09
Berilio		4,75E-11		4,64E-12	1,96E-12	5,41E-11
Butadieno			2,97E-10			2,97E-10
Cadmio		4,75E-11		4,26E-10	2,81E-11	5,01E-10
Cloruro de hidrógeno		7,99E-08			4,93E-08	1,29E-07
Cobalto				3,25E-11	4,24E-10	4,57E-10
Cobre		9,50E-11				9,50E-11
Cromo		4,75E-11		5,42E-10	5,96E-11	6,49E-10
Dicloro metano, HCC-30		5,11E-10			3,40E-10	8,51E-10
Dióxido de carbono		2,60E-03	1,06E-03	4,73E-02	1,92E-03	5,29E-02
Dioxinas, 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina		1,58E-15			1,05E-15	2,64E-15
Especies radiactivas, S/E		1,03E-04		8,27E-05	5,85E-05	2,44E-04
Fenoles		3,85E-10			2,56E-10	6,41E-10
Formaldehido			8,96E-09	2,90E-08	2,33E-09	4,03E-08

<b>PROCESO: Extracción de gas natural</b>	<b>Extracción de gas natural</b>	<b>Combustión de diesel en una caldera (L)</b>	<b>Combustión de gasolina en un equipo (L)</b>	<b>Combustión gas natural en una caldera (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Combustión de fueloil en una caldera (L)</b>	<b>TOTAL para 1m<sup>3</sup> de gas natural</b>
<b>Emisiones atmosféricas</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>
Hidrocarburos aromáticos policíclicos			1,28E-09			1,28E-09
Manganeso		9,50E-11		1,47E-10	2,11E-10	4,53E-10
Mercurio		4,75E-11		1,01E-10	7,96E-12	1,56E-10
Metano	8,81E-03	5,82E-09	4,67E-07	8,70E-07	7,52E-08	8,81E-03
Monóxido de carbono		5,72E-07	6,86E-05	3,25E-05	3,76E-07	1,02E-04
Monóxido de nitrógeno		1,26E-08	3,09E-08	8,70E-07	8,36E-09	9,22E-07
Naftaleno				2,36E-10	7,96E-11	3,16E-10
Níquel		4,75E-11		8,12E-10	5,96E-09	6,82E-09
Óxidos de azufre		5,70E-07	2,54E-07	2,45E-07	3,01E-06	4,08E-06
Óxidos de nitrógeno		2,74E-06	1,70E-05	3,87E-05	4,14E-06	6,25E-05
Partículas >2,5 µm y <10µm		1,14E-07	1,34E-07	2,93E-06	1,43E-07	3,32E-06
Plomo		1,43E-10		1,93E-10	1,06E-10	4,42E-10
Propano			1,96E-08			1,96E-08
Selenio		2,38E-10		9,28E-12	4,81E-11	2,95E-10
Tetracloroetano		8,71E-12			4,94E-12	1,36E-11
Tolueno			3,11E-09			3,11E-09
VOC, compuestos orgánicos volátiles		2,29E-08	1,44E-06	2,13E-06	2,11E-08	3,62E-06
Xileno			2,16E-09			2,16E-09
Zinc		6,33E-11				6,33E-11

<b>PROCESO: Refinación del gas natural</b>	<b>Refinación del gas natural e hidrocrackeo</b>	<b>Combustión diesel en caldera (L)</b>	<b>Combustión gasolina en equipo (L)</b>	<b>Combustión gas natural en caldera (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Combustión fueloil en caldera (L)</b>	<b>TOTAL para refinar 1 m<sup>3</sup> de gas</b>
<b>Cantidad de combustible utilizado</b>		3,70E-05	3,51E-05	2,55E-02	3,65E-05	
<b>Emisiones atmosféricas</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>
Acetaldehído			4,03E-10			4,03E-10
Acroleína			4,86E-11			4,86E-11
Arsénico	3,20E-09	2,46E-12		8,16E-11	5,78E-12	3,29E-09
Benceno	3,36E-08		4,90E-10	8,57E-10	9,37E-13	3,50E-08
Berilio	1,92E-10	1,84E-12		4,90E-12	1,22E-13	1,99E-10
Butadieno			2,05E-11			2,05E-11
Cadmio	1,76E-08	1,84E-12		4,49E-10	1,74E-12	1,81E-08
Cloruro de hidrógeno		3,10E-09			3,06E-09	6,16E-09
Cobalto	1,35E-09			3,43E-11	2,63E-11	1,41E-09
Cobre		3,69E-12				3,69E-12
Cromo	2,24E-08	1,84E-12		5,71E-10	3,70E-12	2,30E-08
Dicloro metano, HCC-30		1,98E-11			2,11E-11	4,09E-11
Dióxido de carbono	4,57E+00	1,01E-04	7,32E-05	4,99E-02	1,19E-04	4,62E+00
Dioxinas, 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina		6,15E-17			6,54E-17	1,27E-16
Especies radiactivasS/E	3,42E-03	4,01E-06		8,72E-05	3,63E-06	3,52E-03
Fenoles		1,49E-11			1,59E-11	3,08E-11
Formaldehido	1,20E-06		6,20E-10	3,06E-08	1,44E-10	1,23E-06

<b>PROCESO: Refinación del gas natural</b>	<b>Refinación del gas natural e hidrocraqueo</b>	<b>Combustión diesel en una caldera (L)</b>	<b>Combustión gasolina en un equipo (L)</b>	<b>Combustión gas natural en una caldera (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Combustión fueloil en una caldera (L)</b>	<b>TOTAL para refinar 1 m<sup>3</sup> de gas</b>
<b>Emisiones atmosféricas</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>
Hidrocarburos aromáticos policíclicos			8,83E-11			8,83E-11
Manganeso	6,09E-09	3,69E-12		1,55E-10	1,31E-11	6,26E-09
Mercurio	4,16E-09	1,84E-12		1,06E-10	4,95E-13	4,27E-09
Metano	1,42E-03	2,26E-10	3,23E-08	9,17E-07	4,67E-09	1,42E-03
Monóxido de carbono	3,90E-04	2,22E-08	4,75E-06	3,43E-05	2,33E-08	4,29E-04
Monóxido de nitrógeno	3,60E-05	4,89E-10	2,14E-09	9,17E-07	5,19E-10	3,69E-05
Naftaleno	9,77E-09			2,49E-10	4,95E-12	1,00E-08
Níquel	3,36E-08	1,84E-12		8,57E-10	3,70E-10	3,49E-08
Óxidos de azufre	1,80E-02	2,21E-08	1,76E-08	2,58E-07	1,87E-07	1,80E-02
Óxidos de nitrógeno	6,00E-04	1,06E-07	1,17E-06	4,08E-05	2,57E-07	6,42E-04
Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	6,56E-05	4,43E-09	9,30E-09	3,09E-06	8,86E-09	6,87E-05
Plomo	8,01E-09	5,53E-12		2,04E-10	6,61E-12	8,23E-09
Propano			1,36E-09			1,36E-09
Selenio	3,84E-10	9,22E-12		9,79E-12	2,99E-12	4,06E-10
Tetracloroetano		3,38E-13			3,07E-13	6,45E-13
Tolueno			2,15E-10			2,15E-10
VOC, compuestos orgánicos volátiles	6,54E-04	8,91E-10	9,95E-08	2,25E-06	1,31E-09	6,57E-04
Xileno	2,53E-04		1,50E-10			2,53E-04
Zinc		2,46E-12				2,46E-12

<b>PROCESO: Producción de etileno</b>	<b>Producción de etileno</b>	<b>Combustión diesel en un equipo (L)</b>	<b>Combustión gasolina en un equipo (L)</b>	<b>TOTAL para producir 1 kg de etileno</b>
<b>Consumo de combustibles</b>		7,94E-05	9,14E-05	
<b>Emisiones atmosféricas</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>
Acetaldehído		1,01E-09	1,05E-09	2,06E-09
Acroleína		1,22E-10	1,27E-10	2,49E-10
Arsénico				
Benceno		1,23E-09	1,28E-09	2,51E-09
Berilio				
Butadieno		5,16E-11	5,35E-11	1,05E-10
Cadmio				
Cloruro de hidrógeno				
Cobalto				
Cobre				
Cromo				
Dicloro metano, HCC-30				
Dióxido de carbono		2,14E-04	1,91E-04	4,05E-04
Dioxinas, 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina				
Especies radiactivas, sin especificar				
Fenoles				
Formaldehido		1,56E-09	1,62E-09	3,17E-09
Hidrocarburos aromáticos policíclicos		2,22E-10	2,30E-10	4,52E-10
Manganeso				
Mercurio				
Metano	1,00E-06	1,06E-08	8,42E-08	1,09E-06
Monóxido de carbono	1,00E-06	1,11E-06	1,24E-05	1,45E-05
Monóxido de dinitrógeno		5,39E-09	5,57E-09	1,10E-08
Naftaleno				
Níquel				

<b>PROCESO: Producción de etileno</b>	<b>Producción de etileno</b>	<b>Combustión diesel en un equipo (L)</b>	<b>Combustión gasolina en un equipo (L)</b>	<b>TOTAL para producir 1 kg de etileno</b>
<b>Emisiones atmosféricas</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>
Óxidos de azufre	4,12E-06	4,75E-08	4,58E-08	4,22E-06
Óxidos de nitrógeno		4,19E-06	3,06E-06	7,25E-06
Partículas, > 2.5 µm, y < 10 µm	1,00E-04	1,31E-07	2,42E-08	1,00E-04
Plomo				
Propano		3,40E-09	3,53E-09	6,94E-09
Selenio				
Tetracloroetano				
Tolueno		5,40E-10	5,60E-10	1,10E-09
VOC, compuestos orgánicos volátiles	1,00E-05	1,07E-07	2,59E-07	1,04E-05
Xileno		3,76E-10	3,90E-10	7,66E-10
Zinc				

<b>PROCESO: Producción de polietileno</b>	<b>Producción de polietileno</b>	<b>Combustión gas natural en una caldera (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Combustión fueloil en una caldera (L)</b>	<b>Combustión GLP en una caldera (L)</b>	<b>TOTAL para producir 1 kg de polietileno</b>
<b>Consumo de combustibles</b>		3,55E-02	6,01E-03	3,75E-05	
<b>Emisiones atmosféricas</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>
Acetaldehído					
Acroleína					
Arsénico		1,14E-10	9,50E-10		1,06E-09
Benceno		1,19E-09	1,54E-10		1,35E-09
Berilio		6,83E-12	2,00E-11		2,68E-11
Butadieno					
Cadmio		6,26E-10	2,87E-10		9,12E-10
Cloruro de hidrógeno			5,03E-07		5,03E-07
Cobalto		4,78E-11	4,33E-09		4,38E-09
Cobre					
Cromo		7,97E-10	6,08E-10		1,40E-09
Dicloro metano, HCC-30			3,47E-09		3,47E-09
Dióxido de carbono		6,96E-02	1,96E-02	6,47E-05	8,93E-02
Dioxinas, 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina			1,08E-14		1,08E-14
Especies radiactivas, sin especificar		1,22E-04	5,97E-04		7,19E-04
Fenoles			2,62E-09		2,62E-09
Formaldehido		4,27E-08	2,38E-08		6,64E-08

<b>PROCESO: Producción de polietileno</b>	<b>Producción de polietileno</b>	<b>Combustión gas natural en una caldera (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Combustión fueloil en una caldera (L)</b>	<b>Combustión GLP en una caldera (L)</b>	<b>TOTAL para producir 1 kg de polietileno</b>
<b>Emisiones atmosféricas</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>
Hidrocarburos aromáticos policíclicos					
Manganeso		2,16E-10	2,16E-09		2,38E-09
Mercurio		1,48E-10	8,13E-11		2,29E-10
Metano	1,40E-05	1,28E-06	7,68E-07	9,76E-10	1,60E-05
Monóxido de carbono	1,60E-04	4,78E-05	3,84E-06	1,66E-08	2,12E-04
Monóxido de dinitrógeno		1,28E-06	8,53E-08	4,39E-09	1,37E-06
Naftaleno		3,47E-10	8,13E-10		1,16E-09
Níquel		1,19E-09	6,08E-08		6,20E-08
Óxidos de azufre	4,80E-08	3,60E-07	3,07E-05		3,11E-05
Óxidos de nitrógeno	2,90E-05	5,69E-05	4,22E-05	9,76E-08	1,28E-04
Partículas, > 2.5 µm, y < 10 µm	4,10E-05	4,30E-06	1,46E-06	2,93E-09	4,68E-05
Plomo		2,84E-10	1,09E-09		1,37E-09
Propano					
Selenio		1,37E-11	4,92E-10		5,05E-10
Tetracloroetano			5,04E-11		5,04E-11
Tolueno					
VOC, compuestos orgánicos volátiles		3,14E-06	2,16E-07	1,71E-09	3,36E-06
Xileno					
Zinc					

<b>PROCESO: Manufactura del suavizante</b>	<b>Combustión de 1 litro de GLP en una caldera</b>	<b>TOTAL para producir 1 lote de suavizante</b>
<b>Consumo de combustibles</b>		1,79E+00
<b>Emisiones atmosféricas</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>
Acetaldehído		
Acrolein		
Arsénico		
Benceno		
Berilio		
Butadieno		
Cadmio		
Cloruro de hidrógeno		
Cobalto		
Cobre		
Cromo		
Dicloro metano, HCC-30		
Dióxido de carbono	1,72E+00	3,08E+00
Dioxinas, 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina		
Especies radiactivas, sin especificar		
Fenoles		
Formaldehido		
Hidrocarburos aromáticos policíclicos		
Manganeso		
Mercurio		
Metano	2,60E-05	4,66E-05
Monóxido de carbono	4,43E-04	7,93E-04
Monóxido de dinitrógeno	1,17E-04	2,09E-04
Naftaleno		
Níquel		
Óxidos de azufre		
Óxidos de nitrógeno	2,60E-03	4,66E-03
Partículas, > 2.5 um, y < 10um	7,81E-05	1,40E-04
Plomo		
Propano		

<b>PROCESO: Manufactura del suavizante</b>	<b>Combustión de 1 litro de GLP en una caldera</b>	<b>TOTAL para producir 1 lote de suavizante</b>
<b>Emisiones atmosféricas</b>	<b>(kg)</b>	<b>(kg)</b>
Selenio		
Tetracloroetano		
Tolueno		
VOC, compuestos orgánicos volátiles	4,55E-05	8,15E-05
Xileno		
Zinc		

**ANEXO IV: DATOS DE LOS PROCESOS DE TRANSPORTE PARA EL CÁLCULO REFERENCIAL DE LA UNIDAD FUNCIONAL (Tkm/UF)**

<b>Material</b>	<b>Origen</b>	<b>Destino</b>	<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Distancia (Ida y vuelta)</b>	<b>tkm/UF</b>
<b>Polietileno</b>	Maracaibo	Planta Plásticos	Gandola >28 TM	1056	10,43328
<b>Envases vacíos</b>	Planta plásticos	Planta Suavizante	Camión 350/750	7,4	0,0511
<b>Aditivo A</b>	Italia	Puerto Cabello	Buque de carga	20000	40
<b>Aditivo A</b>	Puerto Cabello	Distribuidor	Gandola >28 TM	118	0,236
<b>Aditivo A</b>	Distribuidor	Planta Suavizante	Camión 350/750	9,2	0,0184
<b>Aditivo B</b>	Malasia	Puerto Cabello	Buque de carga	40000	80
<b>Aditivo B</b>	Puerto Cabello	Distribuidor	Gandola >28 TM	118	0,236
<b>Aditivo B</b>	Distribuidor	Planta Suavizante	Camión 350/750	9,2	0,0184
<b>Fragancia</b>	Alemania	Puerto Cabello	Buque de carga	22000	22
<b>Fragancia</b>	Puerto Cabello	Distribuidor	Gandola >28 TM	118	0,118
<b>Fragancia</b>	Distribuidor	Planta Suavizante	Camión 350/750	9,2	0,0092
<b>Distribución</b>	Planta suavizante	Distribuidor	Camión 350/750	30	5,5725

## ANEXO V: RESULTADOS DE LA CARGA AMBIENTAL DE CADA PROCESO UNITARIO

### 1.- Proceso unitario extracción del gas natural

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	5,27E-06	2,11E-03 Pt Eco 99	23,62%
Daño al recurso (MJ)	3,38E-05	6,76E-03 Pt Eco 99	75,86%
PDF.m <sup>2</sup> .año	1,15E-07	4,61E-05 Pt Eco 99	0,52%
<b>Carga ambiental total</b>		8,92E-03 Pt Eco 99	100,00%

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “extracción de gas natural”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
3,44E-02	Gas natural	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	4,49E-03 ( 50,38% )
2,37E-02	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	2,27E-03 ( 25,48% )
8,31E-09	Acetaldehído	Salida	Emisión	Aire	-	3,42E-10 (< 0,01%)
1,13E-08	Benceno	Salida	Emisión	Aire	-	8,71E-10 (< 0,01%)
4,24E-10	Butadieno	Salida	Emisión	Aire	-	1,95E-10 (< 0,01%)
7,15E-10	Cadmio	Salida	Emisión	Aire	-	3,04E-06 ( 0,03% )
1,36E-10	Cobre	Salida	Emisión	Aire	-	1,54E-08 (< 0,01%)
9,25E-10	Cromo	Salida	Emisión	Aire	-	4,22E-05 ( 0,47% )

Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
1,21E-09	Dicloro metano, HCC-30	Salida	Emisión	Aire	-	1,83E-11 (< 0,01%)
7,55E-02	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	4,10E-04 ( 4,60% )
3,76E-15	2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina	Salida	Emisión	Aire	-	1,75E-08 (< 0,01%)
9,14E-10	Fenoles	Salida	Emisión	Aire	-	1,72E-07 (< 0,01%)
5,75E-08	Formaldehido	Salida	Emisión	Aire	-	6,56E-09 (< 0,01%)
2,23E-10	Mercurio	Salida	Emisión	Aire	-	1,44E-08 (< 0,01%)
1,26E-02	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	1,44E-03 ( 16,17% )
1,31E-06	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	2,36E-06 ( 0,03% )
9,72E-09	Níquel	Salida	Emisión	Aire	-	5,37E-06 ( 0,06% )
5,82E-06	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	4,72E-07 (< 0,01%)
8,92E-05	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	2,45E-04 ( 2,75% )
4,73E-06	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	1,20E-06 ( 0,01% )
6,31E-10	Plomo	Salida	Emisión	Aire	-	1,25E-07 (< 0,01%)
2,80E-08	Propano	Salida	Emisión	Aire	-	2,78E-10 (< 0,01%)
1,95E-11	Tetracloro-Eteno	Salida	Emisión	Aire	-	3,07E-12 (< 0,01%)
4,43E-09	Tolueno	Salida	Emisión	Aire	-	1,57E-10 (< 0,01%)
5,16E-06	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	8,65E-08 (< 0,01%)
3,09E-09	Xileno	Salida	Emisión	Aire	-	1,78E-10 (< 0,01%)
9,03E-11	Zinc	Salida	Emisión	Aire	-	2,03E-08 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>8,92E-03 Pt Eco 99</b>

<b>Entradas y salidas sin parámetros de caracterización</b>					
<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Aspecto</b>				
	<b>Sustancia</b>	<b>Dirección</b>	<b>Grupo</b>	<b>Ambiente receptor</b>	<b>localización geográfica</b>
1,00E-09	Acroleína	Salida	Emisión	Aire	-
3,33E-10	Arsénico	Salida	Emisión	Aire	-
7,72E-11	Berilio	Salida	Emisión	Aire	-
1,84E-07	Cloruro de hidrógeno	Salida	Emisión	Aire	-
6,51E-10	Cobalto	Salida	Emisión	Aire	-
4,10E-02	Electricidad (kWh)	Entrada	Recurso Refinado	Tecnosfera	-
3,48E-04	Especies radiactivas S/E (kBq)	Salida	Emisión	Aire	-
1,43E+00	Gas natural crudo (m <sup>3</sup> )	Salida	Producto	Tecnosfera	-
1,82E-09	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Salida	Emisión	Aire	-
6,47E-10	Manganeso	Salida	Emisión	Aire	-
1,46E-04	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-
4,50E-10	Naftaleno	Salida	Emisión	Aire	-
4,21E-10	Selenio	Salida	Emisión	Aire	-

## 2.- Proceso unitario refinación del gas natural

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	9,71E-05	3,88E-02 Pt Eco 99	84,35%
Daño al recurso (MJ)	2,37E-05	4,74E-03 Pt Eco 99	10,29%
PDF.m <sup>2</sup> .año	6,17E-06	2,47E-03 Pt Eco 99	5,36%
<b>Carga ambiental total</b>		4,60E-02 Pt Eco 99	100,00%

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “refinación de gas natural”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
3,53E-02	Gas natural	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	4,61E-03 ( 10,01% )
1,31E-03	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	1,26E-04 ( 0,27% )
5,59E-10	Acetaldehído	Salida	Emisión	Aire	-	2,30E-11 (< 0,01%)
4,85E-08	Benceno	Salida	Emisión	Aire	-	3,75E-09 (< 0,01%)
2,85E-11	Butadieno	Salida	Emisión	Aire	-	1,31E-11 (< 0,01%)
2,51E-08	Cadmio	Salida	Emisión	Aire	-	1,07E-04 ( 0,23% )
5,12E-12	Cobre	Salida	Emisión	Aire	-	5,83E-10 (< 0,01%)
3,19E-08	Cromo	Salida	Emisión	Aire	-	1,46E-03 ( 3,16% )
5,68E-11	Dicloro metano, HCC-30	Salida	Emisión	Aire	-	8,57E-13 (< 0,01%)
6,41E+00	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	3,49E-02 ( 75,72% )

Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
1,76E-16	2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina	Salida	Emisión	Aire	-	8,19E-10 (< 0,01%)
4,28E-11	Fenoles	Salida	Emisión	Aire	-	8,05E-09 (< 0,01%)
1,71E-06	Formaldehido	Salida	Emisión	Aire	-	1,95E-07 (< 0,01%)
5,93E-09	Mercurio	Salida	Emisión	Aire	-	3,84E-07 (< 0,01%)
1,97E-03	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	2,26E-04 ( 0,49% )
5,12E-05	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	9,18E-05 ( 0,20% )
4,84E-08	Níquel	Salida	Emisión	Aire	-	2,67E-05 ( 0,06% )
2,49E-02	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	2,03E-03 ( 4,40% )
8,91E-04	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	2,45E-03 ( 5,32% )
9,53E-05	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	2,42E-05 ( 0,05% )
1,14E-08	Plomo	Salida	Emisión	Aire	-	2,26E-06 (< 0,01%)
1,88E-09	Propano	Salida	Emisión	Aire	-	1,87E-11 (< 0,01%)
8,94E-13	Tetracloro-Eteno	Salida	Emisión	Aire	-	1,41E-13 (< 0,01%)
2,98E-10	Tolueno	Salida	Emisión	Aire	-	1,05E-11 (< 0,01%)
9,11E-04	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	1,53E-05 ( 0,03% )
3,51E-04	Xileno	Salida	Emisión	Aire	-	2,02E-05 ( 0,04% )
3,41E-12	Zinc	Salida	Emisión	Aire	-	7,68E-10 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>4,60E-02 Pt Eco 99</b>

<b>Entradas y salidas sin parámetros de caracterización</b>					
<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Aspecto</b>				
	<b>Sustancia</b>	<b>Dirección</b>	<b>Grupo</b>	<b>Ambiente receptor</b>	<b>localización geográfica</b>
6,74E-11	Acroleína	Salida	Emisión	Aire	-
4,57E-09	Arsénico	Salida	Emisión	Aire	-
2,76E-10	Berilio	Salida	Emisión	Aire	-
8,55E-09	Cloruro de hidrógeno	Salida	Emisión	Aire	-
1,95E-09	Cobalto	Salida	Emisión	Aire	-
2,18E-02	Electricidad (kWh)	Entrada	Recurso Refinado	Tecnosfera	-
4,88E-03	Especies radiactivas S/E (kBq)	Salida	Emisión	Aire	-
1,43E+00	Gas natural crudo (m <sup>3</sup> )	Entrada	Producto	Tecnosfera	-
1,39E+00	Gas natural refinado (m <sup>3</sup> )	Salida	Producto	Tecnosfera	-
1,22E-10	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Salida	Emisión	Aire	-
8,68E-09	Manganeso	Salida	Emisión	Aire	-
5,95E-04	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-
1,39E-08	Naftaleno	Salida	Emisión	Aire	-
5,64E-10	Selenio	Salida	Emisión	Aire	-

### 3.- Proceso unitario producción de etileno

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	1,09E-06	4,37E-04 Pt Eco 99	46,45%
Daño al recurso (MJ)	2,34E-06	4,69E-04 Pt Eco 99	49,85%
PDF.m <sup>2</sup> .año	8,71E-08	3,49E-05 Pt Eco 99	3,70%
<b>Carga ambiental total</b>		9,41E-04 Pt Eco 99	100,00%

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “producción de etileno”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
4,88E-03	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	4,69E-04 ( 49,85% )
2,02E-08	Acetaldehído	Salida	Emisión	Aire	-	8,30E-10 (< 0,01%)
2,45E-08	Benceno	Salida	Emisión	Aire	-	1,89E-09 (< 0,01%)
1,03E-09	Butadieno	Salida	Emisión	Aire	-	4,73E-10 (< 0,01%)
3,96E-03	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	2,16E-05 ( 2,29% )
3,10E-08	Formaldehido	Salida	Emisión	Aire	-	3,54E-09 (< 0,01%)
1,07E-05	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	1,23E-06 ( 0,13% )
1,07E-07	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	1,92E-07 ( 0,02% )
4,12E-05	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	3,35E-06 ( 0,36% )
7,10E-05	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	1,95E-04 ( 20,72% )

Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
9,80E-04	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	2,49E-04 ( 26,45% )
6,79E-08	Propano	Salida	Emisión	Aire	-	6,76E-10 (< 0,01%)
1,08E-08	Tolueno	Salida	Emisión	Aire	-	3,80E-10 (< 0,01%)
1,01E-04	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	1,70E-06 ( 0,18% )
7,50E-09	Xileno	Salida	Emisión	Aire	-	4,32E-10 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>9,41E-04 Pt Eco 99</b>

Entradas y salidas sin parámetros de caracterización						
Cantidad (kg)	Aspecto					localización geográfica
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor		
2,43E-09	Acroleína	Salida	Emisión	Aire	-	-
7,22E-03	Agua (m <sup>3</sup> )	Entrada	Recurso	-	-	-
1,43E+00	Electricidad (kWh)	Entrada	Recurso Refinado	Tecnosfera	-	-
9,78E+00	Etileno	Salida	Producto	Tecnosfera	-	-
1,39E+00	Gas natural refinado (m <sup>3</sup> )	Entrada	Producto	Tecnosfera	-	-
4,42E-09	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Salida	Emisión	Aire	-	-
1,42E-04	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	-

#### 4.- Proceso unitario producción de polietileno

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	2,14E-05	8,55E-03 Pt Eco 99	5,04%
Daño al recurso (MJ)	8,00E-04	1,60E-01 Pt Eco 99	94,41%
PDF.m <sup>2</sup> .año	2,34E-06	9,35E-04 Pt Eco 99	0,55%
<b>Carga ambiental total</b>		1,70E-01 Pt Eco 99	100,00%

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “producción de polietileno”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
3,51E-01	Gas natural	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	4,58E-02 ( 27,00% )
1,19E+00	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	1,14E-01 ( 67,41% )
1,33E-08	Benceno	Salida	Emisión	Aire	-	1,03E-09 (< 0,01%)
9,01E-09	Cadmio	Salida	Emisión	Aire	-	3,84E-05 ( 0,02% )
1,39E-08	Cromo	Salida	Emisión	Aire	-	6,33E-04 ( 0,37% )
3,43E-08	Dicloro metano, HCC-30	Salida	Emisión	Aire	-	5,17E-10 (< 0,01%)
8,82E-01	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	4,80E-03 ( 2,83% )
1,06E-13	2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina	Salida	Emisión	Aire	-	4,94E-07 (< 0,01%)
2,58E-08	Fenoles	Salida	Emisión	Aire	-	4,86E-06 (< 0,01%)
6,56E-07	Formaldehido	Salida	Emisión	Aire	-	7,49E-08 (< 0,01%)

Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
2,27E-09	Mercurio	Salida	Emisión	Aire	-	1,47E-07 (< 0,01%)
1,59E-04	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	1,82E-05 ( 0,01% )
1,35E-05	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	2,42E-05 ( 0,01% )
6,13E-07	Níquel	Salida	Emisión	Aire	-	3,38E-04 ( 0,20% )
3,08E-04	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	2,50E-05 ( 0,01% )
1,27E-03	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	3,48E-03 ( 2,05% )
4,62E-04	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	1,17E-04 ( 0,07% )
1,36E-08	Plomo	Salida	Emisión	Aire	-	2,68E-06 (< 0,01%)
4,98E-10	Tetracloro-Eteno	Salida	Emisión	Aire	-	7,85E-11 (< 0,01%)
3,32E-05	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	5,56E-07 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>1,70E-01 Pt Eco 99</b>

<b>Entradas y salidas sin parámetros de caracterización</b>					
<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Aspecto</b>				
	<b>Sustancia</b>	<b>Dirección</b>	<b>Grupo</b>	<b>Ambiente receptor</b>	<b>localización geográfica</b>
1,05E-08	Arsénico	Salida	Emisión	Aire	-
6,71E-03	Agua (m <sup>3</sup> )	Entrada	Recurso	-	-
2,65E-10	Berilio	Salida	Emisión	Aire	-
4,97E-06	Cloruro de hidrógeno	Salida	Emisión	Aire	-
4,33E-08	Cobalto	Salida	Emisión	Aire	-
3,94E+00	Electricidad (kWh)	Entrada	Recurso Refinado	Tecnosfera	-
7,10E-03	Especies radiactivas, S/E	Salida	Emisión	Aire	-
9,78E+00	Etileno	Entrada	Producto	Tecnosfera	-
9,88E+00	Polietileno	Salida	Producto	Tecnosfera	-
2,35E-08	Manganeso	Salida	Emisión	Aire	-
2,09E-03	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-
1,15E-08	Naftaleno	Salida	Emisión	Aire	-
4,99E-09	Selenio	Salida	Emisión	Aire	-
4,98E-10	Tetracloroetano	Salida	Emisión	Aire	-

## 5.- Proceso unitario transporte del polietileno en gandolas

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	4,35E-05	1,74E-02 Pt Eco 99	13,22%
Daño al recurso (MJ)	5,59E-04	1,12E-01 Pt Eco 99	84,89%
PDF.m <sup>2</sup> .año	6,20E-06	2,48E-03 Pt Eco 99	1,89%
<b>Carga ambiental total</b>		1,32E-01 Pt Eco 99	100,00%

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “transporte del polietileno”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
1,16E+00	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	1,12E-01 ( 84,89% )
8,33E-01	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	4,53E-03 ( 3,45% )
1,34E-05	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	1,54E-06 (< 0,01%)
2,08E-05	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	3,73E-05 ( 0,03% )
1,84E-04	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	1,49E-05 ( 0,01% )
5,55E-03	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	1,53E-02 ( 11,60% )
9,59E-05	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	2,44E-05 ( 0,02% )
2,74E-04	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	4,60E-06 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>1,32E-01 Pt Eco 99</b>

Entradas y salidas sin parámetros de caracterización					
Cantidad (kg)	Aspecto				
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica
10,43328 tkm	Transporte polietileno gandola	Entrada	Carga	Tecnosfera	-
10,43328 tkm	Transporte polietileno gandola	Salida	Carga	Tecnosfera	-
1,32E-03	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-

#### 6.- Proceso unitario transporte aditivo A por buque

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	1,09E-04	4,36E-02 Pt Eco 99	10,18%
Daño al recurso (MJ)	1,89E-03	3,77E-01 Pt Eco 99	87,98%
PDF.m <sup>2</sup> .año	1,97E-05	7,87E-03 Pt Eco 99	1,84%
<b>Carga ambiental total</b>		4,29E-01 Pt Eco 99	100,00%

<b>Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “Transporte aditivo A buque”</b>						
<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Aspecto</b>					<b>Impacto ambiental puntos ECO 99</b>
	<b>Sustancia</b>	<b>Dirección</b>	<b>Grupo</b>	<b>Ambiente receptor</b>	<b>localización geográfica</b>	
3,93E+00	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	3,77E-01 ( 87,98% )
6,39E-01	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	3,48E-03 ( 0,81% )
3,15E-05	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	3,61E-06 (< 0,01%)
1,56E-05	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	2,79E-05 (< 0,01%)
2,02E-03	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	1,64E-04 ( 0,04% )
1,74E-02	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	4,77E-02 ( 11,13% )
4,30E-04	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	1,09E-04 ( 0,03% )
6,43E-04	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	1,08E-05 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>4,29E-01 Pt Eco 99</b>

<b>Entradas y salidas sin parámetros de caracterización</b>					
<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Aspecto</b>				
	<b>Sustancia</b>	<b>Dirección</b>	<b>Grupo</b>	<b>Ambiente receptor</b>	<b>localización geográfica</b>
40 tkm	Transporte aditivo A buque	Entrada	Carga	Tecnosfera	-
40 tkm	Transporte aditivo A buque	Salida	Carga	Tecnosfera	-
1,71E-03	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-

## 7.- proceso unitario transporte aditivo A gandola

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	9,84E-07	3,94E-04 Pt Eco 99	13,22%
Daño al recurso (MJ)	1,26E-05	2,53E-03 Pt Eco 99	84,89%
PDF.m <sup>2</sup> .año	1,40E-07	5,61E-05 Pt Eco 99	1,89%
<b>Carga ambiental total</b>		2,98E-03 Pt Eco 99	100,00%

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “transporte aditivo A gandola”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
2,63E-02	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	2,53E-03 ( 84,89% )
1,89E-02	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	1,03E-04 ( 3,45% )
3,04E-07	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	3,49E-08 (< 0,01%)
4,70E-07	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	8,43E-07 ( 0,03% )
4,15E-06	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	3,37E-07 ( 0,01% )
1,26E-04	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	3,45E-04 ( 11,60% )
2,17E-06	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	5,51E-07 ( 0,02% )
6,20E-06	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	1,04E-07 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>2,98E-03 Pt Eco 99</b>

Entradas y salidas sin parámetros de caracterización					
Cantidad (kg)	Aspecto				
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica
0,236 tkm	Transporte aditivo A gandola	Entrada	Carga	Tecnosfera	-
0,236 tkm	Transporte aditivo A gandola	Salida	Carga	Tecnosfera	-
3,00E-05	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-

#### 8.- Proceso unitario transporte aditivo A camión

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	1,73E-07	6,91E-05 Pt Eco 99	13,79%
Daño al recurso (MJ)	2,11E-06	4,22E-04 Pt Eco 99	84,21%
PDF.m <sup>2</sup> .año	2,50E-08	1,00E-05 Pt Eco 99	2,00%
<b>Carga ambiental total</b>		5,01E-04 Pt Eco 99	100,00%

<b>Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “transporte aditivo A camión”</b>						
<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Aspecto</b>					<b>Impacto ambiental puntos ECO 99</b>
	<b>Sustancia</b>	<b>Dirección</b>	<b>Grupo</b>	<b>Ambiente receptor</b>	<b>localización geográfica</b>	
4,40E-03	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	4,22E-04 ( 84,21% )
3,15E-03	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	1,71E-05 ( 3,42% )
7,59E-08	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	8,71E-09 (< 0,01%)
1,14E-07	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	2,04E-07 ( 0,04% )
6,94E-07	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	5,63E-08 ( 0,01% )
2,24E-05	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	6,16E-05 ( 12,29% )
4,33E-07	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	1,10E-07 ( 0,02% )
1,55E-06	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	2,60E-08 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>5,01E-04 Pt Eco 99</b>

<b>Entradas y salidas sin parámetros de caracterización</b>					
<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Aspecto</b>				
	<b>Sustancia</b>	<b>Dirección</b>	<b>Grupo</b>	<b>Ambiente receptor</b>	<b>localización geográfica</b>
0,0184 tkm	Transporte aditivo A camión	Entrada	Carga	Tecnosfera	-
0,0184 tkm	Transporte aditivo A camión	Salida	Carga	Tecnosfera	-
4,52E-06	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-

## 9.- Proceso unitario transporte aditivo B buque

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	2,18E-04	8,73E-02 Pt Eco 99	10,18%
Daño al recurso (MJ)	3,77E-03	7,54E-01 Pt Eco 99	87,98%
PDF.m <sup>2</sup> .año	3,94E-05	1,57E-02 Pt Eco 99	1,84%
<b>Carga ambiental total</b>		<b>8,57E-01 Pt Eco 99</b>	<b>100,00%</b>

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “transporte aditivo B buque”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
7,85E+00	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	7,54E-01 ( 87,98% )
1,28E+00	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	6,95E-03 ( 0,81% )
6,30E-05	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	7,23E-06 (< 0,01%)
3,11E-05	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	5,58E-05 (< 0,01%)
4,04E-03	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	3,28E-04 ( 0,04% )
3,47E-02	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	9,54E-02 ( 11,13% )
8,61E-04	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	2,19E-04 ( 0,03% )
1,29E-03	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	2,15E-05 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>8,57E-01 Pt Eco 99</b>

Entradas y salidas sin parámetros de caracterización					
Cantidad (kg)	Aspecto				
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica
80 tkm	Transporte aditivo B buque	Entrada	Carga	Tecnosfera	-
80 tkm	Transporte aditivo B buque	Salida	Carga	Tecnosfera	-
3,42E-03	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-

#### 10.- Proceso unitario transporte aditivo B gandola

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	9,84E-07	3,94E-04 Pt Eco 99	13,22%
Daño al recurso (MJ)	1,26E-05	2,53E-03 Pt Eco 99	84,89%
PDF.m <sup>2</sup> .año	1,40E-07	5,61E-05 Pt Eco 99	1,89%
<b>Carga ambiental total</b>		2,98E-03 Pt Eco 99	100,00%

**Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “transporte aditivo B gandola”**

Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
2,63E-02	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	2,53E-03 ( 84,89% )
1,89E-02	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	1,03E-04 ( 3,45% )
3,04E-07	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	3,49E-08 (< 0,01%)
4,70E-07	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	8,43E-07 ( 0,03% )
4,15E-06	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	3,37E-07 ( 0,01% )
1,26E-04	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	3,45E-04 ( 11,60% )
2,17E-06	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	5,51E-07 ( 0,02% )
6,20E-06	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	1,04E-07 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>2,98E-03 Pt Eco 99</b>

**Entradas y salidas sin parámetros de caracterización**

Cantidad (kg)	Aspecto				
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica
0,236 tkm	Transporte aditivo B gandola	Entrada	Carga	Tecnosfera	-
0,236 tkm	Transporte aditivo B gandola	Salida	Carga	Tecnosfera	-
3,00E-05	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-

### 11.- Proceso unitario transporte aditivo B camión

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	1,73E-07	6,91E-05 Pt Eco 99	13,79%
Daño al recurso (MJ)	2,11E-06	4,22E-04 Pt Eco 99	84,21%
PDF.m <sup>2</sup> .año	2,50E-08	1,00E-05 Pt Eco 99	2,00%
<b>Carga ambiental total</b>		<b>5,01E-04 Pt Eco 99</b>	<b>100,00%</b>

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “transporte aditivo B camión”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
4,40E-03	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	4,22E-04 ( 84,21% )
3,15E-03	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	1,71E-05 ( 3,42% )
7,59E-08	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	8,71E-09 (< 0,01%)
1,14E-07	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	2,04E-07 ( 0,04% )
6,94E-07	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	5,63E-08 ( 0,01% )
2,24E-05	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	6,16E-05 ( 12,29% )
4,33E-07	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	1,10E-07 ( 0,02% )
0,00E+00	Tolueno	Salida	Emisión	Aire	-	0,00E+00 (< 0,01%)
1,55E-06	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	2,60E-08 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>5,01E-04 Pt Eco 99</b>

Entradas y salidas sin parámetros de caracterización					
Cantidad (kg)	Aspecto				
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica
0,0184 tkm	Transporte aditivo B camión	Entrada	Carga	Tecnosfera	-
0,0184 tkm	Transporte aditivo B camión	Salida	Carga	Tecnosfera	-
4,52E-06	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-

## 12.- Proceso unitario transporte fragancia buque

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	6,00E-05	2,40E-02 Pt Eco 99	10,18%
Daño al recurso (MJ)	1,04E-03	2,07E-01 Pt Eco 99	87,98%
PDF.m <sup>2</sup> .año	1,08E-05	4,33E-03 Pt Eco 99	1,84%
<b>Carga ambiental total</b>		2,36E-01 Pt Eco 99	100,00%

<b>Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “transporte fragancia buque”</b>						
<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Aspecto</b>					<b>Impacto ambiental puntos ECO 99</b>
	<b>Sustancia</b>	<b>Dirección</b>	<b>Grupo</b>	<b>Ambiente receptor</b>	<b>localización geográfica</b>	
2,16E+00	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	2,07E-01 ( 87,98% )
3,52E-01	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	1,91E-03 ( 0,81% )
1,73E-05	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	1,99E-06 (< 0,01%)
8,56E-06	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	1,53E-05 (< 0,01%)
1,11E-03	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	9,02E-05 ( 0,04% )
9,55E-03	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	2,62E-02 ( 11,13% )
2,37E-04	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	6,01E-05 ( 0,03% )
3,54E-04	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	5,92E-06 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>2,36E-01 Pt Eco 99</b>

<b>Entradas y salidas sin parámetros de caracterización</b>					
<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Aspecto</b>				
	<b>Sustancia</b>	<b>Dirección</b>	<b>Grupo</b>	<b>Ambiente receptor</b>	<b>localización geográfica</b>
22 tkm	Transporte aditivo fragancia buque	Entrada	Carga	Tecnosfera	-
22 tkm	Transporte aditivo fragancia buque	Salida	Carga	Tecnosfera	-
9,42E-04	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-

### 13.- Proceso unitario transporte fragancia gandola

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	4,92E-07	1,97E-04 Pt Eco 99	13,22%
Daño al recurso (MJ)	6,32E-06	1,26E-03 Pt Eco 99	84,89%
PDF.m <sup>2</sup> .año	7,01E-08	2,81E-05 Pt Eco 99	1,89%
<b>Carga ambiental total</b>		1,49E-03 Pt Eco 99	100,00%

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “transporte fragancia gandola”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
1,32E-02	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	1,26E-03 ( 84,89% )
9,43E-03	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	5,13E-05 ( 3,45% )
1,52E-07	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	1,74E-08 (< 0,01%)
2,35E-07	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	4,21E-07 ( 0,03% )
2,08E-06	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	1,69E-07 ( 0,01% )
6,28E-05	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	1,73E-04 ( 11,60% )
1,08E-06	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	2,75E-07 ( 0,02% )
3,10E-06	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	5,20E-08 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>1,49E-03 Pt Eco 99</b>

Entradas y salidas sin parámetros de caracterización					
Cantidad (kg)	Aspecto				
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica
0,118 tkm	Transporte fragancia gandola	Entrada	Carga	Tecnosfera	-
0,118 tkm	Transporte fragancia gandola	Salida	Carga	Tecnosfera	-
1,50E-05	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-

#### 14.- Proceso unitario transporte fragancia camión

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	8,64E-08	3,46E-05 Pt Eco 99	13,79%
Daño al recurso (MJ)	1,06E-06	2,11E-04 Pt Eco 99	84,21%
PDF.m <sup>2</sup> .año	1,25E-08	5,01E-06 Pt Eco 99	2,00%
<b>Carga ambiental total</b>		2,51E-04 Pt Eco 99	100,00%

**Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “transporte fragancia camión”**

Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
2,20E-03	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	2,11E-04 ( 84,21% )
1,57E-03	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	8,56E-06 ( 3,42% )
3,80E-08	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	4,35E-09 (< 0,01%)
5,69E-08	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	1,02E-07 ( 0,04% )
3,47E-07	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	2,82E-08 ( 0,01% )
1,12E-05	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	3,08E-05 ( 12,29% )
2,17E-07	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	5,50E-08 ( 0,02% )
7,75E-07	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	1,30E-08 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>2,51E-04 Pt Eco 99</b>

**Entradas y salidas sin parámetros de caracterización**

Cantidad (kg)	Aspecto				
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica
0,0092 tkm	Transporte fragancia camión	Entrada	Carga	Tecnosfera	-
0,0092 tkm	Transporte fragancia camión	Salida	Carga	Tecnosfera	-
2,26E-06	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-

### 15.- Proceso unitario fabricación de los envases

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	0,00E+00	0,00+E00 Pt Eco 99	0,00 %
Daño al recurso (MJ)	0,00E+00	0,00+E00 Pt Eco 99	0,00 %
PDF.m <sup>2</sup> .año	0,00E+00	0,00+E00 Pt Eco 99	0,00 %
<b>Carga ambiental total</b>		0,00+E00 Pt Eco 99	0,00%

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “fabricación de los envases”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>0,00E+0,0 Pt Eco 99</b>

Entradas y salidas sin parámetros de caracterización					
Cantidad (kg)	Aspecto				
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica
1,25E+01	Electricidad (kWh)	Entrada	Recurso Refinado	Tecnosfera	-
52	Envases de polietileno	Salida	Producto	Tecnosfera	-
3,12E+00	Scrap de polietileno	Salida	Residuo	Tecnosfera	-
9,88E+00	Polietileno	Entrada	Producto	Tecnosfera	-

## 16.- Proceso unitario transporte de los envases

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	4,80E-07	1,92E-04 Pt Eco 99	13,79%
Daño al recurso (MJ)	5,86E-06	1,17E-03 Pt Eco 99	84,21%
PDF.m <sup>2</sup> .año	6,95E-08	2,78E-05 Pt Eco 99	2,00%
<b>Carga ambiental total</b>		<b>1,39E-03 Pt Eco 99</b>	<b>100,00%</b>

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “transporte de los envases”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
1,22E-02	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	1,17E-03 ( 84,21% )
8,74E-03	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	4,76E-05 ( 3,42% )
2,11E-07	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	2,42E-08 (< 0,01%)
3,16E-07	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	5,67E-07 ( 0,04% )
1,93E-06	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	1,56E-07 ( 0,01% )
6,23E-05	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	1,71E-04 ( 12,29% )
1,20E-06	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	3,06E-07 ( 0,02% )
4,30E-06	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	7,21E-08 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>1,39E-03 Pt Eco 99</b>

Entradas y salidas sin parámetros de caracterización					
Cantidad (kg)	Aspecto				
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica
0,05110144 tkm	Transporte fragancia camión	Entrada	Carga	Tecnosfera	-
0,05110144 tkm	Transporte fragancia camión	Salida	Carga	Tecnosfera	-
1,26E-05	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-

#### 17.- Proceso unitario manufactura del suavizante

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	6,98E-05	2,79E-02 Pt Eco 99	0,78%
Daño al recurso (MJ)	1,78E-02	3,56E+00 Pt Eco 99	99,17%
PDF.m <sup>2</sup> .año	5,17E-06	2,07E-03 Pt Eco 99	0,06%
<b>Carga ambiental total</b>		3,59E+00 Pt Eco 99	100,00%

<b>Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “manufactura del suavizante”</b>						
<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Aspecto</b>					<b>Impacto ambiental puntos ECO 99</b>
	<b>Sustancia</b>	<b>Dirección</b>	<b>Grupo</b>	<b>Ambiente receptor</b>	<b>localización geográfica</b>	
3,71E+01	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	3,56E+00 ( 99,17% )
3,08E+00	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	1,68E-02 ( 0,47% )
4,66E-05	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	5,34E-06 (< 0,01%)
2,09E-04	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	3,75E-04 ( 0,01% )
4,66E-03	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	1,28E-02 ( 0,36% )
1,40E-04	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	3,55E-05 (< 0,01%)
8,15E-05	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	1,37E-06 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>3,59E+00 Pt Eco 99</b>

<b>Entradas y salidas sin parámetros de caracterización</b>					
<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Aspecto</b>				
	<b>Sustancia</b>	<b>Dirección</b>	<b>Grupo</b>	<b>Ambiente receptor</b>	<b>localización geográfica</b>
1,71E-04	Agua (m <sup>3</sup> )	Entrada	Recurso	-	
6,86E-01	Electricidad (kWh)	Entrada	Recurso Refinado	Tecnosfera	-
1,77E+02	Suavizante para ropa	Salida	Producto	Tecnosfera	-
7,93E-04	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-

### 18.- Proceso unitario envasado del suavizante

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	0,00E+00	0,00E+00 Pt Eco 99	0,00%
Daño al recurso (MJ)	0,00E+00	0,00E+00 Pt Eco 99	0,00%
PDF.m <sup>2</sup> .año	0,00E+00	0,00E+00 Pt Eco 99	0,00%
<b>Carga ambiental total</b>		0,00E+00 Pt Eco 99	0,00%

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “envasado del suavizante”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>0,00E+0,0 Pt Eco 99</b>

Entradas y salidas sin parámetros de caracterización					
Cantidad (kg)	Aspecto				
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica
4,00E+00	Agua	Entrada	Recurso	-	
1,77E+02	Suavizante para ropa	Entrada	Producto	Tecnosfera	-
52	Envases de polietileno (unidad)	Entrada	Producto	Tecnosfera	-

## 19.- Proceso unitario distribución del producto

Resumen de la carga ambiental			
Indicador de categoría	Impacto en el indicador	Impacto ponderado	
		Absoluto	Relativo
DALYs	5,19E-05	2,08E-02 Pt Eco 99	13,79%
Daño al recurso (MJ)	6,34E-04	1,27E-01 Pt Eco 99	84,21%
PDF.m <sup>2</sup> .año	7,51E-06	3,01E-03 Pt Eco 99	2,00%
<b>Carga ambiental total</b>		<b>1,50E-01 Pt Eco 99</b>	<b>100,00%</b>

Resultado de la evaluación de la carga ambiental del proceso “distribución del producto”						
Cantidad (kg)	Aspecto					Impacto ambiental puntos ECO 99
	Sustancia	Dirección	Grupo	Ambiente receptor	localización geográfica	
1,32E+00	Petróleo	Entrada	<b>Energía</b>	-	-	1,27E-01 ( 84,21% )
9,45E-01	Dióxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-	5,14E-03 ( 3,42% )
2,28E-05	Metano	Salida	Emisión	Aire	-	2,61E-06 (< 0,01%)
3,42E-05	Monóxido de dinitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	6,12E-05 ( 0,04% )
2,08E-04	Óxidos de azufre	Salida	Emisión	Aire	-	1,69E-05 ( 0,01% )
6,73E-03	Óxidos de nitrógeno	Salida	Emisión	Aire	-	1,85E-02 ( 12,29% )
1,30E-04	Partículas, > 2,5 µm, y < 10 µm	Salida	Emisión	Aire	-	3,30E-05 ( 0,02% )
0,00E+00	Tolueno	Salida	Emisión	Aire	-	0,00E+00 (< 0,01%)
4,65E-04	VOC, Compuestos orgánicos volátiles	Salida	Emisión	Aire	-	7,79E-06 (< 0,01%)
<b>Carga ambiental Total</b>						<b>1,50E-01 Pt Eco 99</b>

<b>Entradas y salidas sin parámetros de caracterización</b>					
<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Aspecto</b>				
	<b>Sustancia</b>	<b>Dirección</b>	<b>Grupo</b>	<b>Ambiente receptor</b>	<b>localización geográfica</b>
5,5233 tkm	Transporte producto camión	Entrada	Carga	Tecnosfera	-
5,5233 tkm	Transporte producto camión	Salida	Carga	Tecnosfera	-
1,36E-03	Monóxido de carbono	Salida	Emisión	Aire	-