

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL EN LA LINEA DE
PRODUCCIÓN DE BOTONES EN HIERRO DE LA REFERENCIA DT-0057-27L
EN LA EMPRESA FANTAXIAS SAS APOYADO EN LA METODOLOGÍA DE
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA**

JHON MANUEL GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ
Ingeniero industrial

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL
2013**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL EN LA LINEA DE
PRODUCCIÓN DE BOTONES EN HIERRO DE LA REFERENCIA DT-0057-27L
EN LA EMPRESA FANTAXIAS SAS APOYADO EN LA METODOLOGÍA DE
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA**

JHON MANUEL GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ
Ingeniero industrial

**Trabajo de aplicación para optar al título de
Magister en Ingeniería Ambiental**

Director
FREDY AUGUSTO AVELLANEDA VARGAS
Ingeniero Químico. PhD

Codirector
PAOLA ANDREA ACEVEDO PABÓN
Ingeniero Químico, Doctor en Ingeniería Química

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

2013

AGRADECIMIENTOS

A las directivas de FANTAXIAS S.A.S. por abrir las puertas de su empresa permitiendo desarrollar en ella el presente trabajo de aplicación y brindar una valiosa colaboración en todo momento.

A los maestros de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander y en especial a aquellos que durante estos cuatro semestres académicos han logrado transmitirme unos excelentes conocimientos a través de las cátedras impartidas como parte del programa de Maestría en Ingeniería Ambiental en esta institución.

Al doctor Fredy Augusto Avellaneda Vargas, quien asumió la dirección en la realización el presente trabajo por su paciencia y sus inapreciables consejos y comentarios que hicieron posible su culminación.

A la doctora Paola Andrea Acevedo Pabón, profesor adscrito a la escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander, por sus observaciones y consejos para el mejoramiento del presente trabajo, en especial por el apoyo en el uso del software utilizado como herramienta de análisis.

A todos los miembros de FANTAXIAS S.A.S. quienes de una u otra manera siempre brindaron su apoyo en los momentos oportunos.

Mil gracias a las ingenieras químicas Angie Lorena Rangel Cárdenas y Hefziba Yaneth Rodríguez Núñez, quienes realizaron múltiples visitas a las instalaciones de la empresa para recolectar información básica para el desarrollo de este trabajo, así como actividades en laboratorio para poder caracterizar algunas de las sustancias involucradas en la línea de producción bajo estudio.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	18
1. MARCO TEÓRICO	21
1.1. Antecedentes	21
1.2. Impacto Ambiental	23
1.3. Metodologías de evaluación de impacto ambiental	24
1.4. Metodología de análisis de ciclo de vida (ACV)	27
2. ESTRUCTURA METODOLÓGICA	35
2.1. Definición de Parámetros para el análisis.	35
2.2. Diagrama de Proceso.	36
2.3. Inventario de Ciclo de Vida.	36
2.4. Evaluación del impacto ambiental.	37
2.5. Interpretación y análisis de los resultados obtenidos.	41
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	42
3.1. Definición de Parámetros para el análisis.	42
3.2. Definición de procesos unitarios.	45
3.3. Inventario de Ciclo de Vida.	57
3.4. Evaluación del impacto ambiental.	65
3.5. Interpretación y análisis de los resultados obtenidos.	71
4. CONCLUSIONES	89
5. RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS	99

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Etapas de un análisis de ciclo de vida y aplicaciones.	29
Figura 2.	Estructura metodológica	35
Figura 3.	Imágenes del botón DT-0057-27L y la puntilla R-0124	44
Figura 4.	Lámina de hierro	46
Figura 5.	Troqueladora Raskin B-4	47
Figura 6.	Cuerpos y tapas para el botón a partir de láminas de hierro calibre 0.25mm	47
Figura 7.	Secuencia de cubas para baños de chapado electrolítico	47
Figura 8.	Ensamble de piezas	48
Figura 9.	Puntilla lisa encabezada	49
Figura 10.	Puntilla anillada	49
Figura 11.	Alambre de Aluminio calibre 2.35 mm	50
Figura 12.	Encabezadora Gwo Ling Machinery Co. LTD FA-5	50
Figura 13.	Encabezadora Gwo Ling Machinery Co. LTD FA-5	50
Figura 14.	Puntillas lisas	51
Figura 15.	Laminadora de rosca Gwo Ling Machinery Co. LTD AS-003HD	51
Figura 16.	Diagrama de Proceso línea de producción de botones para jean referencia DT-0057-27L.	52
Figura 17.	Diagrama de Proceso de la etapa de troquelado de la línea de producción de botones para jean de la referencia DT-0057-27L.	53
Figura 18.	Diagrama de Proceso de la etapa de galvanizado de la línea de producción de botones para jean de la referencia DT-0057-27L.	54

Figura 19.	Diagrama de Proceso de la etapa de ensamble de la línea de producción de botones para jean de la referencia DT-0057-27L.	55
Figura 20.	Diagrama de Proceso de la etapa de producción de la puntilla R-0124.	56
Figura 21.	Diagrama de Proceso de la etapa de producción de la puntilla de la línea de producción de botones para jean de la referencia DT-0057-27L.	57
Figura 22.	Documentación del proyecto en SimaPro 7.1.	67
Figura 23.	Procesos Unitarios en SimaPro 7.1.	67
Figura 24.	Corrientes de Salida en SimaPro 7.1.	68
Figura 25.	Emisiones al agua en SimaPro 7.1.	69
Figura 26.	Emisiones al aire en SimaPro 7.1.	70
Figura 27.	Consumo de energía eléctrica en SimaPro 7.1.	70
Figura 28.	Perfil medioambiental.	72
Figura 29.	Perfil medioambiental – Proceso Unitario de Troquelado.	73
Figura 30.	Perfil medioambiental – Proceso Unitario de Galvanizado.	75
Figura 31.	Perfil medioambiental Proceso Unitario de Producción de Puntillas.	83
Figura 32.	Niveles de Ruido en la línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	87
Fig 33– F61	Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.	110 - 124
Figura 62.	Niveles de pH en los puntos de muestreo para el proceso unitario de galvanizado y rango permitido.	125
Figura 63.	Concentraciones de cobre.	126
Figura 64.	Concentraciones de níquel.	127
Figura 65.	Concentraciones de hierro.	128
Figura 66.	Resultados análisis de cianuros.	129
Figura 67.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Acidificación – Proceso de Troquelado - línea de	146

	producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	
Figura 68.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Eutrofización – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	146
Figura 69.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Cambio Climático – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	147
Figura 70.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Fuentes de Energía Fósil no Renovable – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	147
Figura 71.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Oxidación Fotoquímica – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	148
Figura 72.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Agotamiento de la Capa de Ozono – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	148
Figura 73.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Toxicidad Humana Agua – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	149
Figura 74.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Acidificación – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	150
Figura 75.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Eutrofización – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	150

Figura 76.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental cambio Climático – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	151
Figura 77.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Fuentes de Energía no Renovable – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	151
Figura 78.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Oxidación Fotoquímica – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	152
Figura 79.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Agotamiento de la Capa de Ozono – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	152
Figura 80.	Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Toxicidad Humana Agua – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	153

LISTA DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Principales metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental.	24
Tabla 2.	Nomenclatura para las corrientes de masa y energía	36
Tabla 3.	Categorías de Impacto Ambiental utilizadas.	39
Tabla 4.	Caracterización de un botón para jean de la referencia <i>DT-0057-27L</i> .	44
Tabla 5.	Procesos Unitarios involucrados en la línea de producción de botones para jean de la referencia <i>DT-0057-27L</i> fabricados con hierro.	46
Tabla 6.	Procesos Unitarios involucrados en la línea de producción de puntillas para jean de la referencia R-0124 fabricadas con aluminio.	49
Tabla 7.	Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de troquelado.	58
Tabla 8.	Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de galvanizado.	59
Tabla 9.	Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de ensamble.	63
Tabla 10.	Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de producción de puntillas.	63
Tabla 11.	Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de empaque de botones y puntillas.	65
Tabla 12.	Caracterización ambiental línea de producción botones para jean <i>DT-0057-27L</i> .	71
Tabla 13.	Principales sustancias que hacen parte de la carga	85

	contaminante en el proceso unitario de Galvanizado.	
Tabla 14.	Principales sustancias que hacen parte de la carga contaminante en el proceso unitario de Troquelado.	86
Tabla 15.	Principales herramientas usadas para realizar evaluaciones del impacto ambiental generado en el ciclo de vida de productos y procesos.	99
Tabla 16.	Principales programas de computador que pueden ser usados para realizar los cálculos durante la evaluación del impacto ambiental generado durante un proceso de producción.	102
Tabla 17.	Principales bases de datos existentes en el medio para su uso en los análisis de impacto ambiental realizados con el apoyo de la metodología de análisis de ciclo de vida.	106
Tabla 18.	Procesos unitarios involucrados en la línea de producción de botones en hierro de la referencia dt-0057-271	108
Tabla 19.	Procesos unitarios involucrados en la línea de producción de puntillas en aluminio de la referencia r-0124	109
Tabla 20.	Caracterización de la categoría de impacto Acidificación para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.	130
Tabla 21.	Caracterización de la categoría de impacto Acidificación para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.	130
Tabla 22.	Caracterización de la categoría de impacto Eutrofización para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.	131
Tabla 23.	Caracterización de la categoría de impacto Eutrofización para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.	132
Tabla 24.	Caracterización de la categoría de impacto Calentamiento	133

	global para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.	
Tabla 25.	Caracterización de la categoría de impacto Calentamiento global para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.	134
Tabla 26.	Caracterización de la categoría de impacto Energía Fósil no renovable para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.	135
Tabla 27.	Caracterización de la categoría de impacto Energía Fósil no renovable para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.	136
Tabla 28.	Caracterización de la categoría de impacto Oxidación Fotoquímica para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.	137
Tabla 29.	Caracterización de la categoría de impacto Oxidación Fotoquímica para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.	139
Tabla 30.	Caracterización de la categoría de impacto Agotamiento de la capa de ozono para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.	140
Tabla 31.	Caracterización de la categoría de impacto Agotamiento de la capa de ozono para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.	141
Tabla 32.	Caracterización de la categoría de impacto Toxicidad humana para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.	142
Tabla 33.	Caracterización de la categoría de impacto Toxicidad humana para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.	144

LISTA DE ANEXOS

		Página
Anexo A	Principales herramientas usadas para realizar evaluaciones del impacto ambiental generado en el ciclo de vida de productos y procesos.	101
Anexo B	Principales programas de computador que pueden usarse para realizar los cálculos durante la evaluación del impacto ambiental generado durante un proceso de producción.	105
Anexo C	Principales bases de datos existentes en el medio para su uso en los análisis de impacto ambiental realizados con el apoyo de la metodología de análisis de ciclo de vida.	111
Anexo D	Procesos unitarios involucrados en la línea de producción de botones en hierro de la referencia DT-0057-27L	113
Anexo E	Procesos unitarios involucrados en la línea de producción de puntillas en aluminio de la referencia R-0124	115
Anexo F	Corrientes de entrada para los procesos unitarios que conforman la línea de producción de producción de botones y puntillas procesadas en Simapro 7.1.	116
Anexo G	Niveles de pH en los puntos de muestreo para el proceso unitario de galvanizado y rango permitido.	131
Anexo H	Concentraciones de cobre en las descargas del área de galvanizado.	132
Anexo I	Concentraciones de níquel en las descargas del área de galvanizado.	133
Anexo J	Concentraciones de hierro en las descargas del área de galvanizado.	134
Anexo K	Resultados análisis de cianuros en las descargas del área de galvanizado.	135

Anexo L	Caracterización de las categorías de impacto para los procesos unitarios de troquelado y galvanizado procesados en Simapro 7.1.	136
Anexo M	Agentes contaminantes para las categorías de impacto ambiental en el proceso de Troquelado en la línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	152
Anexo N	Agentes contaminantes para las categorías de impacto ambiental en el proceso de Galvanizado en la línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.	156
Anexo O	Glosario sobre ACV	160

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE BOTONES EN HIERRO DE LA REFERENCIA DT-0057-27L EN LA EMPRESA FANTAXIAS SAS APOYADO EN LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA. *

AUTOR: JHON MANUEL GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ **

PALABRAS CLAVE: Impacto ambiental, herraje, electrorecubrimiento, ACV, simapro.

DESCRIPCIÓN

En el presente estudio, se realizó la evaluación del impacto ambiental que potencialmente puede ser generado por medio de emisiones al aire y vertimientos líquidos generados en la línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L los cuales son fabricados a partir de hierro en lámina como principal materia prima al interior de la empresa FANTAXIAS S.A.S. ubicada en la ciudad de Bucaramanga.

El estudio se realizó por medio de la metodología de análisis de ciclo de vida aplicada de la puerta a la puerta en la planta de producción, dividiendo el sistema en las etapas de troquelado, galvanizado, ensamble, producción de puntillas y empaque. Se tomó como unidad de medida una pieza de producto terminado, el cual está conformado por un botón y una puntilla de acople.

Una vez obtenido el inventario de entradas y salidas de materiales insumos y energía a cada subproceso del sistema bajo estudio, se procedió por medio del software SimaPro 7.1 a evaluar el impacto ambiental negativo que de manera potencial se puede generar en la línea de producción seleccionada utilizando las técnicas EDIP 2003 y EDP 2007, obteniéndose como resultado que las etapas con mayor incidencia ambiental son las de troquelado con un gran aporte en materia de agotamiento de la capa de ozono y galvanizado por concepto de acidificación.

Por último, se plantearon algunas alternativas de mejora a aplicar en el proceso, para efectos de disminuir el impacto negativo que de manera potencial puede generar la empresa al medio ambiente para el caso particular bajo estudio, las cuales a su vez pueden ser adoptadas para otros procesos similares realizados por cualquier empresa con características semejantes.

* Trabajo de Aplicación.

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Maestría en Ingeniería Ambiental. Director: Fredy Augusto Avellaneda Vargas Phd. Codirector: Paola Andrea Acevedo Pabón Phd.

ABSTRACT

TITLE: POTENTIAL ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN PRODUCTION LINE BUTTONS ON REFERENCE IRON DT-0057-27L IN FANTAXIAS SAS COMPANY SUPPORTED IN LIFE CYCLE ANALYSIS METHODOLOGY. *

AUTHOR: JHON MANUEL GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ **

KEYWORDS

Environmental impact, ironwork, electroplating, LCA, SimaPro.

DESCRIPTION

In this study, we conducted environmental impact assessment that can potentially be generated through air emissions and liquid effluents generated in the production line of the reference buttons DT-0057-27L which are manufactured from iron sheet as the main raw material within the company FANTAXIAS SAS located in the city of Bucaramanga.

The study was conducted using the methodology of life cycle analysis applied to the door to door in the production plant, dividing the system into stages of punching, galvanized, assembly, and packaging. Was taken as unit of measure a piece of finished product, which consists of a button and a sprig of coupling.

Once the inventory of inputs and outputs of materials and energy inputs to each thread in the system under study, we proceeded through the software SimaPro 7.1 to assess the environmental impact of potentially negative that can be generated in the selected production line using the techniques EDIP 2003 y EDP 2007, the result indicate that the stages more environmental impact are the punch with a great contribution in terms of depletion of the ozone layer and galvanized concept of acidification.

Finally, some improvement alternatives were proposed to be applied in the process, for the purpose of reducing the negative impact of potential so the company can create the environment for the particular case under study, which in turn can be adopted for other similar processes performed by any company with similar characteristics.

* Work of Application

** Faculty of Physical-Chemical Engineerings. Chemical Engineering School. Master of Environmental Engineering. Director: Fredy Augusto Avellaneda Vargas Phd. Codirector: Paola Andrea Acevedo Pabón Phd.

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se acudió a la metodología de Análisis de Ciclo de Vida aplicándola en la modalidad de la puerta a la puerta a un producto representativo de la línea de producción de artículos en hierro al interior de la planta de producción de la empresa FANTAXIAS SAS ubicada en la calle 28 # 6-56 del barrio Girardot en la ciudad de Bucaramanga; empresa en la que desde el año 1989, se producen artículos metálicos para la industria del cuero y la confección, herrajes para muebles y madera y regalos empresariales, los cuales son comercializados en todo el país y en los principales mercados latinoamericanos.

En las instalaciones de FANTAXAS SAS se desarrollan procesos que por su naturaleza y los materiales e insumos utilizados durante los mismos, se generan impactos negativos al medio ambiente.

Sin embargo, durante varios años, se ha mostrado un gran interés por parte de las directivas de la empresa en buscar alternativas de reducción de dichos impactos, y es así como se han abierto las puertas para el desarrollo de estudios e implementación de estrategias en procura de mejorar los procesos, con lo cual se esperaba de manera tácita que se mitigaran en cierta medida dichos impactos.

Dos estudios anteriores que vale la pena tener en consideración son: en primera instancia el estudio titulado “Caracterización y Mejoramiento del proceso de Electrodeposición de metales usado actualmente en la empresa FANTAXIAS LTDA” (Ramírez y Joya, 2005), en el cual se desarrolló una caracterización del proceso galvánico, mediante el seguimiento de las propiedades de los baños electrolíticos y la medición de las propiedades de los recubrimientos electrolíticos obtenidos en el producto final.

Así mismo, en la misma empresa fue desarrollado un estudio titulado “Evaluación de la carga contaminante de los vertimientos líquidos de la empresa de herrajes FANTAXIAS LTDA” (Guerrero y Romero, 2006), en el que se desarrolló la evaluación de la carga contaminante de las aguas residuales vertidas en los procesos de recubrimiento metálico con base al decreto 1594 de 1984, la directiva 76/464 de la Unión Europea CEE 1976 y la norma EPA para los Estados Unidos de 1982, con el fin de determinar el impacto potencial generado.

Es importante resaltar el hecho de que este estudio fue desarrollado de manera paralela a estudios similares adelantados en las líneas de producción de piezas en aluminio, latón y zamac en la misma empresa.

Los resultados obtenidos al apoyarse en la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, la cual es una metodología enfocada hacia el desarrollo sostenible, se convierten en una herramienta útil para la empresa con miras a tomar decisiones de una manera acertada en procura de preservar el medio ambiente respetando las normas y legislación vigente en el país, y a la vez le permiten a FANTAXIAS SAS ser más competitiva a nivel nacional e internacional.

El estudio realizado al estar enfocado hacia la evaluación del impacto ambiental potencial generado en la línea de producción seleccionada, permitió hacer un análisis detallado de cada proceso unitario que la conforma, y los resultados muestran la energía suministrada y los flujos de material al interior del sistema así como el impacto medioambiental potencial generado durante el tiempo en que se realizó el estudio, considerando todo el sistema productivo en dicha línea.

Estos resultados son válidos mientras no varíen las condiciones iniciales del proyecto.

Objetivo principal.

El objetivo general de este trabajo de aplicación es realizar la evaluación del impacto ambiental potencial generado en la línea de producción de botones para jean de la referencia DT-0057-27L fabricados con hierro en la empresa FANTAXIAS SAS apoyándose en la metodología de Análisis de Ciclo de Vida mediante el uso de la herramienta informática SimaPro versión 7.1.

Objetivos específicos.

Identificar cuales etapas de la línea de producción de botones para jean de la referencia DT-0057-27L generan impactos ambientales negativos importantes.

Proponer alternativas de mejora para las etapas del proceso que permitan disminuir la magnitud del impacto ambiental negativo dentro de la línea de producción.

FANTAXIAS SAS.

Dentro de sus instalaciones, la empresa FANTAXIAS SAS cuenta con las secciones de diseño, moldeo, troquelería, encabezado, bifurcado, pulido, taller de mantenimiento, taller de troqueles, satinado, galvanoplastia (en la que se realiza el recubrimiento de las piezas por medio del proceso de electrodeposición), despachos y oficinas administrativas. A su vez, en torno a la empresa, algunas familias vecinas al igual que algunos reclusos en las prisiones tanto de hombres como de mujeres de la ciudad, y reclusos de la quinta brigada del ejército, prestan sus servicios en algunas labores como el pulido de piezas (FANTAXÍAS S.A.S, 2012).

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

A mediados del siglo XVIII, con el inicio de la revolución industrial la cual es ante todo una revolución de tipo energético, se dió origen a un consumo incontrolado de combustibles fósiles en todo el mundo, aumentando de esta manera la emisión de gases de efecto invernadero, lo que provocará un aumento de la temperatura global de más de 4 ° C (hasta a 15 ° C en algunas partes de la tierra) durante el período 2000 - 2100 (Laleman et al., 2011).

Conscientes de esta realidad, a partir de la segunda mitad del siglo XX, asociaciones a nivel mundial empezaron a buscar un enlace armonioso y compatible entre naturaleza y desarrollo (Vargas, 2009), ya que toda actividad humana tiene asociado un impacto negativo dentro y fuera de su entorno; generando contaminación, alterando el equilibrio ecológico y causando la mortandad de algunas especies animales y vegetales, e incluso llegando a destruir en forma definitiva la vida misma (Rivera, 1999).

Paralelo a esta realidad y como respuesta a la misma se ha fomentado por parte de los consumidores a nivel mundial una tendencia ambientalista, tanto así que además de exigir calidad y buen precio en cada uno de los productos y servicios adquiridos en el mercado, se está pasando a exigir además una garantía por parte de los fabricantes de la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente durante la cadena productiva, el despacho, y la vida útil de cada bien o servicio.

Por su parte, los procesos de producción acelerados son promovidos por el crecimiento poblacional y el consumo creciente de bienes y servicios, los cuales

demandan la participación de profesionales de diversas disciplinas para prevenir, mitigar y controlar los impactos que pueden ser generados sobre el medio ambiente, con el fin de evitar una degradación costosa e irreversible de los recursos naturales, preservando de esta manera la dinámica de los ecosistemas naturales.

Es así como surge el término de sustentabilidad, el cual ha sido adoptado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como el principal objetivo político para el desarrollo futuro de la humanidad, concepto de gran aplicabilidad en el desarrollo de productos. Así mismo, en la conferencia de Rio de Janeiro, en 1992, se estableció que el desarrollo sustentable es la tarea más importante del siglo XXI (Norris, 2007).

Por otro lado, en la Agenda 21 se abordó este mismo tema para varias áreas políticas e industriales, definiéndose el desarrollo sustentable como aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente sin sacrificar la posibilidad de las futuras generaciones para satisfacer sus necesidades (Klöpffer, 2003), definiéndose así los pilares del desarrollo sustentable: crecimiento económico, equilibrio ecológico y progreso social (Benetto et al., 2009).

Por su parte, en el año 2002, los líderes de varios gobiernos y representantes de la industria y la sociedad civil a nivel mundial se reunieron en el encuentro mundial para el Desarrollo Sustentable en Johannesburgo, en el cual se pronosticaron los compromisos y los obstáculos que tendría la humanidad en relación a los desafíos del Desarrollo Sustentable, surgiendo un llamado para reducir los impactos en la salud y el medio ambiente en los sistemas productivos, usando donde sea apropiado modelos científicos como lo es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), mostrando un gran potencial para realizar evaluaciones sólidas de sustentabilidad, incluyendo impactos económicos y sociales (Karakosta et al., 2009).

En Colombia ha sido desarrollado un proyecto orientado al fortalecimiento de la gestión ambiental industrial sostenible en las pymes del país, mediante la incorporación de los conceptos fundamentales de la producción más limpia. Dicho proyecto, fue creado en el año 2001 por el Ministerio del Medio Ambiente quien en primera instancia contó con la ayuda de la Corporación Promoción de la Pequeña Empresa Ecoeficiente Latinoamericana *PROPEL* y años más tarde con la ayuda de la Fundación Suiza para el Desarrollo Sostenible en América Latina *FUNDES* (Norris et al., 2005).

Como resultado de este esfuerzo, se publicaron las Guías Ambientales: *Buenas Prácticas de Producción Más Limpia para el Sector PYME en Colombia*, las cuales proponen acciones concretas para el ahorro y uso eficiente del agua y la energía y para el mejoramiento continuo de las pymes al enfocar el desempeño ambiental de sus actividades propias y conexas, hacia esquemas que además de impulsar el mejoramiento del desempeño ambiental, permiten insertar en la gestión los aspectos propios de la competitividad empresarial.

1.2. Impacto ambiental

Se entiende impacto ambiental como el efecto producido por una actividad humana o un hecho de la naturaleza, que modifique las condiciones de subsistencia o de supervivencia de los ecosistemas. Estas acciones humanas provocan efectos colaterales sobre la salud de las personas, animales o vegetales o en sus interrelaciones (Chacón, 2008).

1.3. Metodologías de evaluación de impacto ambiental

Al hablar de desarrollo sostenible se hace necesaria la adopción de métodos y herramientas que suministren información sobre el impacto medioambiental causado por cada uno de los distintos procesos desarrollados al interior de las organizaciones y que a su vez faciliten la adopción de medidas de mitigación (Chiabrando et al., 2011).

Los métodos usualmente aceptados están destinados a medir tanto los impactos directos, que involucran pérdida parcial o total de un recurso o el deterioro de una variable ambiental, como la acumulación de impactos ambientales y la inducción de riesgos potenciales.

Para la obtención de la información requerida en las evaluaciones ambientales destaca la utilización de metodologías y técnicas de medición, ya que con ellas es posible realizar adecuadamente una predicción, identificación e interpretación del impacto en los diferentes componentes del medio ambiente (Espinoza, 2007). En la Tabla 1 se relacionan algunas de las metodologías más comunes.

Tabla 1. Principales metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental.

Método	Descripción
Listas de chequeo	Consisten en listas ordenadas de factores ambientales que son potencialmente afectados por una acción humana. Su principal utilidad es identificar todas las posibles consecuencias ligadas a la acción propuesta, asegurando en una primera etapa de la evaluación de impacto ambiental que ninguna alteración relevante sea omitida. Permiten identificar impactos sobre: suelo (usos, rasgos físicos, etc), agua (calidad, alteración de caudales, etc), atmósfera (calidad del aire, variación de temperatura, etc), flora (especies en peligro, deforestación, etc), fauna (especies raras, especies en peligro, etc.), recursos (paisajes naturales, pantanos, etc), recreación (pérdida de

	<p>pesca, camping, etc), culturales (afectación de comunidades indígenas, cambios de costumbres, etc), y en general sobre los elementos del ambiente de interés especial.</p>
Diagramas de flujo	<p>Se utilizan para establecer relaciones de causalidad, generalmente lineales, entre la acción propuesta y el medio ambiente afectado. También son usados para discutir impactos indirectos. La aplicación se hace muy compleja en la medida en que se multiplican las acciones y los impactos ambientales involucrados. Son útiles cuando hay cierta simplicidad en los impactos involucrados.</p> <p>Tienen la ventaja de ser relativamente fáciles de construir y de proponer una relación de causalidad que puede ser útil. Sin embargo, no facilitan la cuantificación de impactos y se limitan a mostrar relaciones causa-efecto de carácter lineal.</p> <p>Como metodologías de evaluación de impacto ambiental, los diagramas de flujo son estrictamente complementarios con las matrices y otras alternativas utilizadas.</p>
Redes	<p>Son una extensión de los diagramas de flujo a fin de incorporar impactos de largo plazo. Los componentes ambientales están generalmente interconectados, formando tramas o redes y a menudo se requiere de aproximaciones ecológicas para identificar impactos secundarios y terciarios. Las condiciones causantes de impacto en una red son establecidas a partir de listas de actividades del proyecto.</p> <p>Se utilizan, en orden jerárquico, los impactos primarios, los impactos secundarios y terciarios, y así sucesivamente hasta obtener las interacciones respectivas.</p> <p>Son útiles como guías en el trabajo de evaluación de impactos ambientales para detectar impactos indirectos o secundarios; en proyectos complejos o con muchas componentes pueden ser muy importantes para identificar las interacciones mutuas. Proporcionan resúmenes útiles y concisos de los impactos globales de un proyecto.</p> <p>Su principal desventaja es que no proveen criterios para decidir si un impacto en particular es importante o no. Cuando la red es muy densa, se genera confusión y dificultad para interpretar la información.</p>
Matrices de causa-efecto	<p>Consisten en un listado de acciones humanas y otro de indicadores de impacto ambiental, que se relacionan en un diagrama matricial. Son muy útiles cuando se trata de identificar el origen de ciertos impactos, pero tienen limitaciones para establecer interacciones, definir impactos secundarios o terciarios y realizar consideraciones temporales o espaciales.</p> <p>Su uso puede llevarse a cabo con una recolección moderada de datos técnicos y ecológicos, pero requiere en forma imprescindible de una cierta familiaridad con el área afectada por el proyecto y con la naturaleza del mismo. Es fundamental un ejercicio de consulta a expertos, al personal involucrado, a las autoridades responsables de la</p>

	protección ambiental y al público involucrado. Todos pueden contribuir a una rápida identificación de los posibles impactos.
Análisis de Ciclo de Vida (ACV)	<p>Es una herramienta metodológica que sirve para medir las cargas ambientales de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida, desde que se obtienen las materias primas hasta su fin de vida.</p> <p>Estas cargas están relacionadas con los efectos ambientales derivados del consumo de materias primas y energía necesarias para su manufactura, las emisiones y residuos generados en el proceso de producción, así como los efectos ambientales ocasionados por el fin de vida útil del producto (Baumann y Tillman, 2004).</p> <p>Se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema para obtener unos resultados que muestren sus impactos ambientales potenciales, con el objetivo de poder determinar estrategias para la reducción de los mismos.</p> <p>Los elementos que se tienen en cuenta dentro del ACV, se conocen como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inputs/entradas: Uso de recursos y materias primas, partes y productos, transporte, electricidad, energía, etc, que se tienen en cuenta en cada proceso/fase del sistema. - Outputs/salidas: Emisiones al aire, al agua y al suelo, así como los residuos y los subproductos que se tienen en cuenta en cada proceso/fase del sistema.

Fuente: [Banco Interamericano de Desarrollo].

De estas metodologías, se eligió para el presente estudio la de Análisis de Ciclo de Vida, por tratarse de una de las metodologías mas utilizadas en la actualidad para realizar evaluaciones de impacto ambiental y además permite evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad.

Al hacer uso de este tipo de metodología enfocada para realizar estudios al interior de una organización en particular sus directivas cuentan con un gran apoyo con el cual soportar la toma de decisiones en procura de cumplir expectativas y normas existentes, y por otro lado alcanzar mayores ventajas competitivas.

La metodología del Análisis de Ciclo de Vida permite así evaluar e identificar desde un punto de vista ambiental, los puntos críticos de cada una de las etapas o subsistemas que constituyen un proceso productivo global, desde la extracción de

las materias primas hasta la recepción en el mercado del producto final, incorporando la reducción del impacto ambiental que supone el reciclado del material.

1.4. Metodología de análisis de ciclo de vida (ACV)

La primera definición de esta herramienta fue propuesta por la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), sociedad que publica una serie de guías con el objetivo de sistematizar estudios de ACV, permitiendo comparar los casos allí analizados, al mismo tiempo que algunas revistas de carácter científico, dentro de las cuales se destacan AICHE Journal y Environmental Science & technology comienzan a recibir y publicar artículos en los cuales se tratan trabajos relacionados con ACV.

En la norma UNE-EN ISO 14040 se define el ACV como una técnica para evaluar los aspectos medioambientales y los impactos potenciales asociados con un producto, proceso o actividad, mediante la recolección de un inventario de las entradas y salidas; y la interpretación de los resultados de las fases de análisis y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio. Esta técnica permite además realizar comparaciones entre productos y procesos para elegir desde un punto de vista ambiental cuál es el de mejor desempeño (AENOR, 2006).

1.4.1. Estandarización de la metodología ACV

La aplicación de ACV en la selección de procesos, optimización y diseño fue aceptada gradualmente con el transcurrir de los años, lo cual permitió su desarrollo metodológico (Clift, 1998), (Clift, 1997), (Azapagic, 1999).

El desarrollo y la complejidad del ACV hicieron necesario el establecimiento de un protocolo metodológico estandarizado, el cual fue desarrollado por la International Standard Organization (ISO) y plasmado en la serie de ISO 14040 (Comandaru et al., 2012), quedando resumidas posteriormente por un lado en la norma UNE EN ISO 14040 versión 2006, por medio de la cual se trata el tema de la gestión ambiental y el análisis de ciclo de vida y se establecen unos principios y un marco de referencia, y por otro lado, la norma UNE EN ISO 14044 versión 2006, en la cual también se trata el tema de la gestión ambiental y el análisis de ciclo de vida, pero en particular se establecen los requisitos y las directrices para hacer uso de esta metodología (AENOR, 2006).

Para que sea posible realizar un estudio por medio de esta metodología, se hace necesario identificar y cuantificar las materias primas, la energía y los residuos vertidos al medio asociado para de esta manera, determinar el impacto producido por el uso de esa energía, por el consumo de esas materias primas y también por las descargas al medio (Curran, 2004).

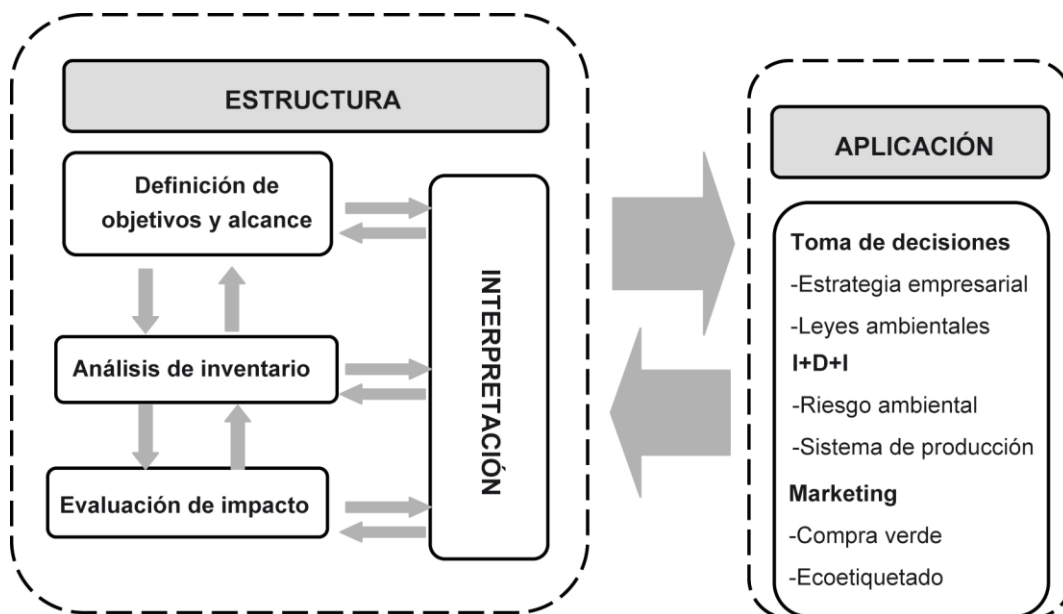
Dentro de los sectores industriales en los cuales se han adelantado estudios de ACV en Colombia se encuentran: sector agrícola (azucarero, cafetero y floricultor), fabricación de empaques, sector químico (producción de agroquímicos y detergentes), sector de los polímeros (producción de grifería y jeringas), sector metalmecánico (fabricación de autopartes y maquinaria), sector de la construcción (proyectos de ingeniería civil), sector petroquímico (producción de guantes de látex), sector de servicios (empresas de servicios públicos), entre otros (Chacón, 2008).

1.4.2. Etapas de un ACV

De acuerdo a la estandarización realizada, la metodología del ACV se puede resumir en una serie de etapas interrelacionadas entre si (ver Figura 1).

Estas etapas son: definición de objetivos y alcance, desarrollo del inventario de ciclo de vida, evaluación del impacto de ciclo de vida, interpretación de resultados (Chen et al., 2012).

Figura 1. Etapas de un análisis de ciclo de vida y aplicaciones.



Fuente: Adaptado de Norma española UNE-EN ISO 14040 versión 2006

1.4.2.1. Definición de Objetivos y Alcance:

Define el objetivo y el uso previsto del estudio, así como el alcance de acuerdo con los límites del sistema, la unidad funcional y los flujos dentro del ciclo de vida, la calidad exigida a los datos, y los parámetros tecnológicos y de evaluación.

1.4.2.2. Desarrollo del Inventario de Ciclo de Vida (ICV):

Es la fase del ACV en la que se recogen los datos correspondientes a las entradas y salidas para todas las etapas que componen el proceso o sistema de producto.

1.4.2.3. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV):

Es la fase del ACV en la que el inventario de entradas y salidas es transformado en indicadores de potenciales impactos ambientales al medio ambiente, a la salud humana y a la disponibilidad de recursos naturales.

1.4.2.4. Interpretación de resultados:

Es la fase del ACV en la que los resultados del ICV y la EICV son interpretados de acuerdo al objetivo y alcance marcados inicialmente.

En esta fase se realiza un análisis de los resultados y se establecen las conclusiones.

1.4.3. Límites en un ACV de un proceso o producto

Dependiendo del alcance establecido para un ACV en particular se pueden establecer los límites del sistema y el estudio a realizar se clasifica de la siguiente manera (Arnold, 2010):

1.4.3.1. ACV “de la cuna a la tumba”.

Incluye todas las entradas/salidas de los procesos que participan a lo largo del ciclo de vida: la extracción de materias primas y el procesamiento de los materiales necesarios para la manufactura de componentes, el uso del producto y finalmente su reciclaje y/o la gestión final. El transporte, almacenaje, distribución y otras

actividades intermedias entre las fases del ciclo de vida también se incluyen cuando tienen la relevancia suficiente.

1.4.3.2. ACV “de la cuna a la puerta”.

El alcance del sistema se limita a las entradas/salidas desde que se obtienen las materias primas hasta que el producto se pone en el mercado (a la salida de la planta de fabricación/montaje).

1.4.3.3. ACV “de la puerta a la puerta”.

Se limita el estudio al sistema productivo tomando en consideración las entradas/salidas del proceso de fabricación, excluyendo del estudio las etapas de obtención de materias primas, transporte, uso, y disposición final.

1.4.4. Principales herramientas usadas para realizar evaluaciones del impacto ambiental en el marco de la metodología de ACV.

De manera formal existen diferentes herramientas que pueden ser usadas para llevar a cabo la etapa de evaluación del impacto del inventario en el ciclo de vida de productos y procesos dentro de las cuales se encuentran: Eco-indicador 99, CML 2001, RECIPE, IPCC, EDIP 2003, EDP 2007, EPS2000, ECOPOINTS 97, TRACI, IMPACT 2002+, cuyas especificaciones aparecen registradas en el anexo A.

El software SimaPro versión 7.1 tiene a disposición del usuario algunas de esas herramientas de evaluación y a su vez cada una de ellas trae incorporadas algunas categorías de impacto.

En este estudio se usaron dos de esas herramientas, al considerar que son útiles para el desarrollo ambiental de productos y procesos:

1.4.4.1. Método de evaluación ambiental EDP 2007 (Environmental Product Declarations).

Método utilizado para la creación de declaraciones ambientales de producto, publicado en la página web sueca del Consejo de Gestión Ambiental (SEMC) [Tomado de simapro 7.1].

Las categorías de impacto ambiental seleccionadas para este método fueron:

- Cambio Climático
- Fuentes de energía fósil no renovable
- Reducción de la Capa de Ozono
- Eutrofización
- Acidificación
- Formación de Oxidantes Fotoquímicos

1.4.4.2. Método de evaluación ambiental EDIP 2003 (Environmental Design of Industrial Products).

Método desarrollado por el Instituto de Desarrollo de Productos de la Universidad Técnica de Dinamarca. Está orientado hacia el diseño ambiental de productos industriales [Tomado de simapro 7.1].

La categoría de impacto ambiental seleccionada para este método fue:

- Toxicidad Humana.

1.4.5. Principales programas de computador disponibles para evaluar ACV.

Actualmente existe en el mercado una amplia variedad de programas comerciales basados en la metodología del ACV disponibles para llevar a cabo los cálculos necesarios durante el desarrollo de una evaluación de impacto ambiental apoyado en dicha metodología, incluyen bases de datos que pueden variar en extensión y en la calidad de los datos. En estos programas se introducen los datos del inventario para poder realizar los cálculos de la fase de análisis del inventario, obteniéndose los resultados para las diferentes categorías de impacto elegidas. Los más usados son Gabi, Simapro, Umberto y Team.

Para llevar a cabo este estudio se ha utilizado Simapro, un programa desarrollado por la empresa holandesa Pré Consultants, que permite realizar el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) mediante el uso de bases de datos de inventario creadas por el usuario y bibliográficas, como por ejemplo las proporcionadas por Ecoinvent. Sus características principales son una interfaz intuitiva, diversos asistentes de ayuda (wizards), y la posibilidad de exportar procesos en tablas Excel o base de datos ASP, la posibilidad de calcular en cada etapa la evaluación de impacto, conocer la probabilidad mediante el análisis de Monte Carlo, realizar gráficas en forma de árbol que representan el proceso y diferentes escenario de residuos.

De manera general, las bases de datos contenidas en un software están definidas en función del formato utilizado para los datos y son actualizadas de manera regular para evitar que avances tecnológicos provoquen un envejecimiento prematuro de la validez de los datos existentes (Gobierno Vasco, 2009).

En el anexo B aparecen las principales características de algunos de los programas de computador que pueden ser usados para realizar los cálculos necesarios al momento de adelantar la evaluación del impacto ambiental que puede ser generado durante un proceso de producción.

1.4.6. Principales Bases de datos para evaluar ACV.

En el marco de un análisis de impacto ambiental apoyado en la metodología usada en el presente estudio, se pueden diferenciar dos tipos de bases de datos en función de los datos que contengan:

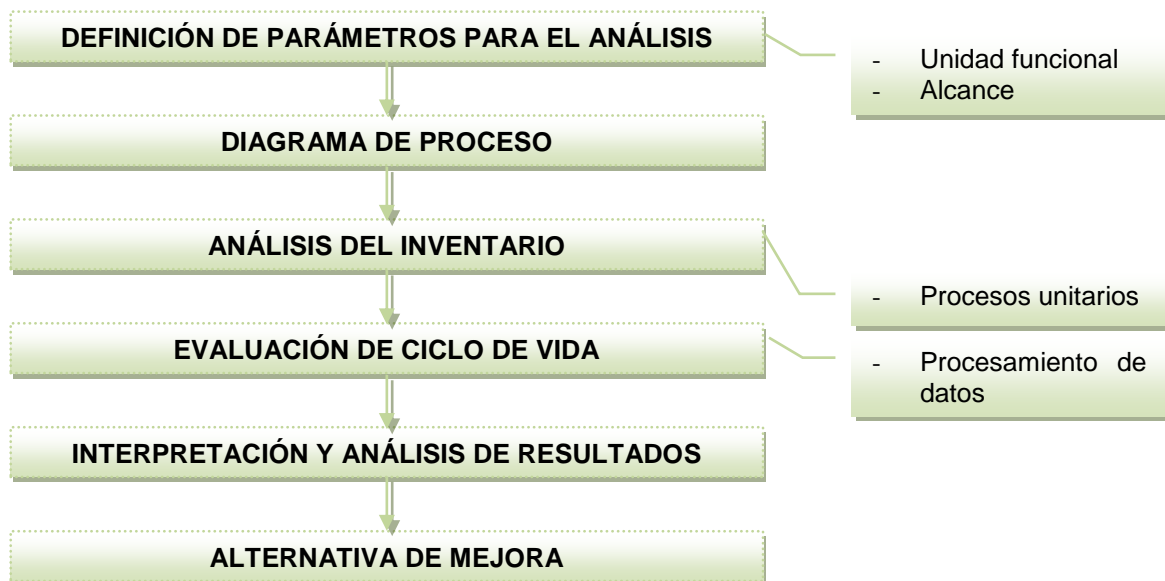
- Bases de datos con las entradas/salidas que se emplean para simular el sistema analizado, las cuales están formadas por datos de muy diversos materiales y procesos. A través de éstas bases de datos es posible asignar a cada entrada/salida recogida en el inventario una serie de datos que le aportarán la información sobre su impacto ambiental, los factores de caracterización, normalización...etc.
- Bases de datos con los datos que cada metodología de evaluación del impacto ambiental necesita para que la herramienta que llevará a cabo la evaluación haga los cálculos. Estas bases de datos están formadas por los factores de caracterización, ponderación y demás datos que cada metodología de evaluación de impacto ambiental necesita para llevar a cabo los cálculos de obtención de resultados. La principal característica de los datos de estas bases es la de estar recogidos en un formato pre-determinado y común, con lo que las herramientas de análisis pueden diseñarse para poder aceptar los datos en los formatos que decidan incluir.

En el anexo C se muestran de manera resumida las principales bases de datos existentes en el medio para su uso en los análisis de impacto ambiental realizados con el apoyo de la metodología de análisis de ciclo de vida.

2. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

Con base en las directrices propuestas en la norma internacional UNE EN ISO 14040–2006, se estructuró el estudio de la siguiente manera (ver Figura 2):

Figura 2. Estructura metodológica



Fuente: [Adaptado del estándar internacional UNE EN ISO 14040 - 2006]

2.1. Definición de Parámetros para el análisis.

Previa definición del objetivo del estudio, basado en la metodología establecida en la norma internacional UNE EN ISO 14040 versión 2006, se procedió a establecer los límites del sistema, y el método de evaluación utilizado. Así mismo, se definió la unidad funcional para tener una referencia con la cual relacionar las entradas y salidas al y del sistema.

2.2. Diagrama de Proceso.

Para poder ver con claridad el sistema a analizar, se procedió a diseñar el diagrama de operaciones de cada uno de los procesos que hacen parte de la línea de producción elegida.

En estos diagramas se muestra la secuencia cronológica de todas las etapas involucradas, así como las entradas de materiales e insumos necesarios y las salidas de subproductos y productos así como de emisiones y vertimientos generados a causa de las operaciones que hacen parte del proceso, desde la entrada de la materia prima al sistema hasta el empaque final del producto terminado.

En la Tabla 2 aparece la nomenclatura utilizada en los diagramas de proceso:

Tabla 2. Nomenclatura para las corrientes de masa y energía

Corriente	Nomenclatura
Masa	FX_i
Energía	EX_i

Fuente: [Autor del trabajo de aplicación]

En donde:

X: Letra inicial del proceso unitario

i: Numeración de la corriente

2.3. Inventario de Ciclo de Vida.

Por medio de balances de masa y energía, registros de compras y estudios ya existentes en la empresa FANTAXIAS SAS, se procedió con el apoyo de dos

estudiantes de ingeniería química de la Universidad Industrial de Santander a cuantificar las entradas y las salidas del sistema recopilando información sobre el uso de recursos y las descargas al aire, al agua y al suelo, asociados con la línea de producción de botones para jean de la referencia DT-0057-27L y con la producción de puntillas referencia R-0124 de aluminio.

2.4. Evaluación del impacto ambiental.

Esta fase está dirigida a evaluar los impactos ambientales potenciales usando los resultados del análisis del inventario, por medio de la herramienta informática SimaPro 7.1.

2.4.1. Herramienta informática SimaPro 7.1.

Para poder procesar los datos se acudió a la herramienta informática SimaPro versión 7.1, la cual permite estructurar las primeras dos fases del Análisis de Ciclo de Vida y ayuda con los cálculos del inventario.

SimaPro es un producto de PRE Consultants en Amersfoort Holanda, una empresa que esta directamente vinculada con el “Life Cycle Initiative” de la UNEP y SETAC en Paris, Francia. Esta herramienta permite analizar y realizar un seguimiento del rendimiento ambiental de los productos y/o procesos, además de facilitar el análisis y la representación gráfica de ciclos complejos de un modo sistemático y transparente siguiendo las recomendaciones de la norma ISO 14040 (Goedkoop y Oele, 2006).

Algunas de las principales características del programa Simapro 7.1 son:

- Dispone de protocolos que permiten la elaboración guiada de los análisis a realizar.
- Es posible modificar en cualquier momento los parámetros utilizados en el estudio.
- Permite además de evaluar el impacto ambiental, realizar análisis de costos, aunque este último no hace parte del alcance del estudio realizado en FANTAXIAS SAS.
- La alimentación de datos para el inventario de entradas y salidas se realiza en formato tipo fichas.
- Permite la redacción de informes de acuerdo con la familia de normas ISO 14040.
- Permite el análisis de incertidumbre de los datos, escenarios de fin de vida, análisis de sensibilidad y Monte Carlo, los cuales no hacen parte del presente estudio.
- Permite exportar la información en formato Ecospold y en Excel.

2.4.2. Herramientas de evaluación del inventario utilizadas.

Las dos herramientas elegidas están incorporadas en el programa Simapro 7.1 y cada una de ellas ofrece una serie de categorías de impacto, de las cuales como ya se mencionó se eligieron en total siete, de acuerdo a los impactos ambientales de interés. [Sociedad de Toxicología y Química Ambiental SETAC].

En la Tabla 3 aparece registrada la explicación de cada una de esas categorías.

Tabla 3. Categorías de Impacto Ambiental utilizadas.

CATEGORIA DE IMPACTO AMBIENTAL		UNIDAD DE REFERENCIA	FACTOR DE CARACTERIZACION
Cambio Climático	<p>Fenómeno observado en las medidas de la temperatura que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas.</p> <p>Cuantifica las emisiones de GEI: CO₂, CH₄, N₂O, CFCs, HFCs.</p>	<p>kg. eq CO₂</p> <p>Contribución a la absorción de calor resultante de la emisión de 1 kg de un gas con efecto invernadero y la emisión equivalente de CO₂ a lo largo de un periodo de tiempo T.</p>	Potencial de Calentamiento Global (PCG)
Fuentes de energía fósil no renovable	<p>Energía consumida para la obtención de materias primas, fabricación, distribución, uso y fin de vida del elemento analizado.</p> <p>Se consideran las fuentes de energía fósil.</p>	<p>MJ</p> <p>Energía consumida.</p>	Cantidad Consumida
Reducción de la Capa de Ozono	<p>Efectos negativos sobre la capacidad de protección frente a las radiaciones UV solares de la capa de ozono atmosférica.</p> <p>Cuantifica las emisiones de: compuestos orgánicos halogenados.</p>	<p>kg. eq. CFC-11</p> <p>Contribución a la disminución de la capa de ozono resultante de la emisión de 1 kg de un compuesto orgánico alogenado, así como a la emisión equivalente de CFC-11 a lo largo de un periodo de tiempo T.</p>	Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO)

Eutrofización	<p>Perdida de diversidad acuática y crecimiento excesivo de la población de algas originado por el enriquecimiento artificial de las aguas de embalses y ríos a causa de un uso masivo de fertilizantes y detergentes que provoca un alto consumo del oxígeno del agua.</p> <p>Cuantifica las emisiones de: PO_4^{2-}, NO_3H, Nitratos.</p>	<p>kg. eq. de NO_3^-</p> <p>Contribución a la pérdida de diversidad acuática resultante de la emisión de PO_4^{2-}, NO_3H y Nitratos y la emisión equivalente de NO_3^- a lo largo de un tiempo T.</p>	Potencial de Eutrofización (PE)
Acidificación	<p>Pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua, a consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y de nitrógeno que son descargados a la atmósfera.</p> <p>Cuantifica las emisiones de: SO_2, NH_3, NO_2</p>	<p>kg. eq SO_2</p> <p>Contribución a la pérdida de capacidad neutralizante del suelo y del agua a causa de la emisión de 1 kg de SO_2, NH_3, NO_2 y la emisión equivalente de SO_2 a lo largo de un tiempo T.</p>	Potencial de Acidificación (PA)
Formación de Oxidantes Fotoquímicos	<p>Formación de precursores de la contaminación fotoquímica. La luz solar, provoca la formación de oxidantes fotoquímicos (el ozono es el mas abundante y toxico).</p> <p>Cuantifica las emisiones de: Etileno, Alcano, HC aromáticos, Alquenos, etc.</p>	<p>kg. eq. C_2H_4</p> <p>Contribución a la formación de la contaminación fotoquímica resultante de la emisión de 1 kg de HC aromáticos, Etileno, Alquenos, etc y la correspondiente emisión de C_2H_4 a lo largo de un tiempo T.</p>	Potencial de Formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF)

Toxicidad humana	Efectos sobre la salud. Cuantifica las emisiones de: pesticidas, metales pesados, HC aromáticos etc.	m ³ Cantidad de HC aromáticos, metales pesados, pesticidas, etc. emitidos en un periodo de tiempo T.	Potencial de Toxicidad (PT)
------------------	---	--	-----------------------------

Fuente: [Herramienta informática SimaPro 7.1].

2.4.3. Procesamiento de datos.

Una vez definidas las metodologías de evaluación y las categorías de impacto, se procedió a realizar un análisis de impactos ambientales según las categorías de impacto para cada una de las operaciones unitarias dentro del proceso productivo.

De manera interna el software compara el valor asignado a cada una de las categorías con respecto a la sustancia de referencia, y a través de factores de caracterización de cada sustancia determina su contribución a la categoría de impacto en relación a la sustancia de referencia.

2.5. Interpretación y análisis de los resultados obtenidos.

Una vez finalizadas las etapas de ejecución y evaluación del inventario, se procedió a exportar los resultados a formato Excel para tabularlos y graficarlos. Se obtuvo así el perfil medioambiental total del sistema, y el de cada uno de los procesos unitarios de acuerdo a las categorías de impacto utilizadas, perfiles que fueron interpretados y analizados con el fin de establecer conclusiones y plantear algunas recomendaciones en relación con los hallazgos en las categorías de impacto y las etapas del ciclo de vida (Garraín et al., 2010).

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Definición de Parámetros para el análisis.

Inicialmente y a partir de la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida, se podría definir que el ciclo de vida del botón para jean de la referencia DT-0057-27L en hierro, estaría dado por 4 etapas generales: Obtención de recursos (Lámina de hierro, plástico, aluminio, insumos), producción, distribución, uso y disposición final.

Sin embargo, como el estudio se centró en la línea de producción de botones en hierro de la referencia DT-0057-27L, para definir los límites del sistema solo se tuvo en cuenta las entradas/salidas del sistema productivo (procesos de fabricación), apoyándose en la metodología del Análisis de Ciclo de Vida “*de la puerta a la puerta*”, abarcando la entrada de materias primas e insumos a la planta de producción, la producción en sí y el empaque final del producto.

Esta acotación es válida ya que esta línea de productos genera su mayor impacto al medio ambiente durante su fabricación. Como el botón hace parte integral de una prenda de vestir, durante su uso no se generan impactos al medio ambiente causados específicamente por el botón, pues este no es limpiado por sí solo sino que el usuario lava la prenda completa (nunca se va a pretender lavar el botón).

3.1.1. Definición de la unidad funcional a estudiar.

Para ello, y con el apoyo de las directivas de la empresa FANTAXÍAS S.A.S. se hizo una revisión de los registros de ventas para el caso particular de la línea de piezas fabricadas en hierro. Se pudo establecer que el producto que representa

las mayores ventas promedio en dicha línea es el botón para jean referencia DT-0057-27L cuyas ventas anuales promedio para el periodo de tiempo transcurrido entre el año 2009 y el año 2012 ascienden a 900000 unidades anuales, procesando para ello cerca de 1.2 toneladas de hierro y 185 hilogramos de aluminio [Dato suministrado por FANTAXIAS SAS].

Por otro lado, para utilizar la herramienta informática SimaPro, y facilitar el ingreso de datos, su procesamiento y posterior análisis se tomó como unidad funcional una unidad de producto, es decir, que los datos fueron procesados para una unidad de botón para jean de la referencia DT-0057-27L en hierro y una unidad de puntilla anillada en aluminio, la cual es vendida junto al botón para el acople de este al pantalón por parte del fabricante de este último.

Los resultados obtenidos además de ser válidos para la referencia en estudio, pueden ser extrapolados para el total de 112 referencias de botones fabricados en FANTAXIAS SAS, considerando el hecho de que el proceso productivo, materiales e insumos son semejantes.

3.1.1.1. Caracterización de la Unidad Funcional.

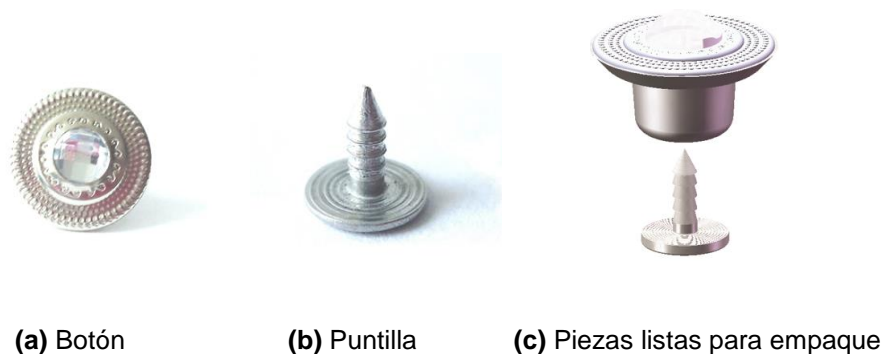
Las características básicas del botón para jean de la referencia DT-0057-27L, aparecen registradas en la Tabla 4, especificando el peso por cada unidad terminada. Así mismo, se realizó un esquema de una pieza de la referencia bajo estudio por medio el software Solid Works (ver Figura 3).

Tabla 4. Caracterización de un botón para jean de la referencia *DT-0057-27L*.

Características principales del botón para jean de la referencia DT-0057-27L	
Imagen	Ver Figura 3.
Materiales	Puntilla: Aluminio de baja resistencia calibre 2,35 mm Botón: Hierro calibre 0,25mm
Elementos auxiliares	Para el ensamble de cada botón para jean de la referencia DT-0057-27L, se requiere un respaldo de polipropileno y una piedra plana de cristal.
Peso de cada pieza	Tapa: 0,0007 kg Cuerpo: 0,0006 kg Puntilla: 0,000205 kg Respaldo de polipropileno + Piedra de cristal: 0,00008125 kg
Peso total del botón	0,00158625 kg
Embalaje	Por cada botón para jean de la referencia DT-0057-27L, se empaqueta una puntilla enroscada R-0124 en empaque independiente.

Fuente: [Autor del trabajo de aplicación]

Figura 3. Imágenes del botón *DT-0057-27L* y la puntilla R-0124



Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

3.2. Definición de procesos unitarios.

Para poder definir los procesos unitarios que en conjunto conforman el sistema a estudiar, se identificaron, clasificaron y definieron los subprocesos involucrados en la línea de producción de botones para jean de la referencia *DT-0057-27L* al igual que en la producción de la puntilla enroscada R-0124 (hecha a partir de alambre de aluminio calibre 2,35 mm que es utilizada para ensamblar el botón finalizado al blue-jean por parte del fabricante de los jeans de manera externa) en la empresa FANTAXIAS SAS. Estas operaciones unitarias aparecen registradas en las Tablas 5 y 6 respectivamente.

3.2.1. Procesos unitarios para el botón DT-0057-27L

El proceso de producción del botón DT-0057-27L se inicia con una etapa de troquelado en la que a partir de láminas enrolladas de hierro calibre 0,25 mm (ver Figura 4) mediante el procesado en una máquina troqueladora marca Raskin de referencia interna B-4 (ver Figura 5) se obtienen las tapas y los cuerpos que constituirán el botón (ver Figura 6); posteriormente estas piezas son enviadas a la sección de galvanizado (ver Figura 7) en donde se les somete a un baño de cobre y uno de níquel para darles el acabado; finalmente, estas piezas en conjunto con un respaldo polimérico y un adorno plástico, son ensambladas para obtener el botón final (ver Figura 8).

Los residuos de hierro son almacenados para ser vendidos a otros fabricantes para su procesamiento.

A su vez, la solución residual generada por el lavado se almacena y se entrega a ALBEDO S.A.S, una empresa especializada en tratamiento de aguas residuales.

Tabla 5. Procesos Unitarios involucrados en la línea de producción de botones para jean de la referencia *DT-0057-27L* fabricados con hierro.

Proceso	Operación Unitaria	Descripción	Producto
1	Troquelado	Corte de metal y troquelado para dar forma.	Cuerpo y tapa que conformarán el botón
2	Galvanizado	Baños electrolíticos para dar el acabado niquelado a las piezas provenientes del proceso de troquelado.	Cuerpo y tapa del botón niquelados.
3	Ensamble	Acople de cuerpo y tapa niquelados con un respaldo de polipropileno y una piedra plana de cristal.	Botón terminado
4	Empaque	Los botones son empacados en bolsas de poletileno.	Botón empacado

Fuente: [Rangel y Rodríguez, 2012].

Figura 4. Lámina de hierro



Fuente: [Rangel y Rodríguez, 2012].

Figura 5. Troqueladora Raskin B-4



Fuente: [Rangel y Rodríguez, 2012].

Figura 6. Cuerpos y tapas para el botón a partir de láminas de hierro calibre 0.25mm



Fuente: [Rangel y Rodríguez, 2012].

Figura 7. Secuencia de cubas para baños de chapado electrolítico



Fuente: [Rangel y Rodríguez, 2012].

Figura 8. Ensamble de piezas



Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

3.2.2. Procesos unitarios para la puntilla enroscada R-0124

Paralelamente, se lleva a cabo un proceso de producción de puntillas enroscadas de aluminio referencia. R-0124 que después serán empacadas al igual que los botones para su despacho (los botones y las puntillas se empacan en envolturas diferentes y en una relación de 1:1). Estas puntillas serán las utilizadas para acoplar el botón al jean.

El proceso de producción de las puntillas se inicia con una etapa de encabezado en la que a partir de alambre de aluminio de baja resistencia y calibre 2,35 mm (ver Figura 11) mediante el procesado en una máquina encabezadora marca Gwo Ling Machinery de referencia interna FA-5 (ver Figura 12 y 13) se obtienen puntillas lisas encabezadas (ver Figura 14) las cuales son lavadas y posteriormente procesadas en una laminadora de rosca marca Gwo Ling Machinery de referencia AS-003HD (ver Figura 15) para obtener puntillas con rosca, las cuales finalmente son lavadas y secadas antes de pasar a la última etapa de este proceso en la cual por medio de tamizado son separadas de los residuos de aluminio.

Tabla 6. Procesos Unitarios involucrados en la línea de producción de puntillas para jean de la referencia R-0124 fabricadas con aluminio.

Proceso	Operación Unitaria	Descripción	Producto
1	Encabezado	Se transforma alambre de aluminio en puntillas lisas encabezadas.	Puntillas lisas encabezadas (ver Figura 9)
2	Enroscado	Se da forma de rosca al cuerpo de la puntilla.	Puntillas anilladas (ver Figura 10)
3	Lavado	Las puntillas son lavadas para retirar lubricantes.	Puntillas anilladas limpias
4	Secado	Se retira la humedad de las puntillas.	Puntillas anilladas limpias y secas
5	Tamizado	Se separan los residuos de aluminio.	Puntilla lista para empacar
6	Empacado	Las puntillas son empacadas en bolsas de polietileno.	Puntillas empacadas

Fuente: [Autor del trabajo de aplicación]

Figura 9. Puntilla lisa encabezada



Figura 10. Puntilla anillada



Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

Los residuos de aluminio se almacenan para ser vendidos al mismo proveedor del alambre de aluminio.

A su vez, la solución residual proveniente en el lavado se almacena y se entrega a ALBEDO S.A.S, una empresa especializada en tratamiento de aguas residuales.

Figura 11. Alambre de Aluminio calibre 2.35 mm



Fuente: [ARCOLI S.A.S.]

Figura 12. Encabezadora Gwo Ling Machinery Co. LTD FA-5



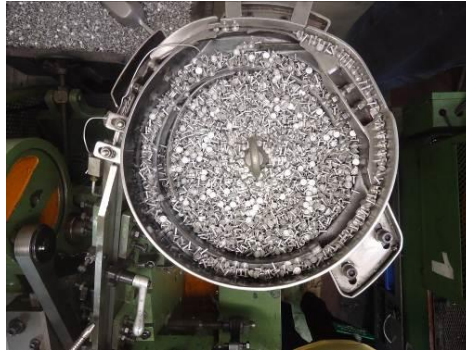
Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012]

Figura 13. Encabezadora Gwo Ling Machinery Co. LTD FA-5



Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012]

Figura 14. Puntillas lisas



Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012]

Figura 15. Laminadora de rosca Gwo Ling Machinery Co. LTD AS-003HD



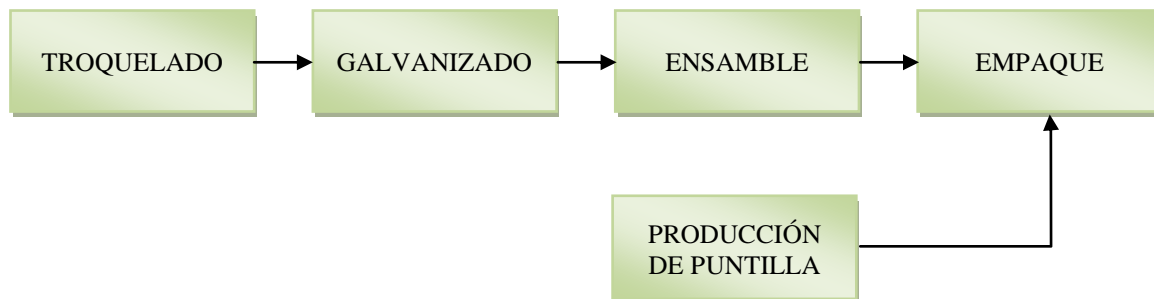
Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012]

En el anexo D aparecen registradas en detalle las etapas que conforman la línea de producción del botón bajo estudio, y en el anexo E aparecen registradas en detalle las etapas que conforman la producción de la puntilla que es vendida junto al botón.

3.2.3. Diagrama de Proceso del sistema general.

Para poder tener claro el sistema a estudiar y facilitar la asignación de las corrientes de entrada y de salida del sistema, se procedió a esquematizar en primera instancia el proceso general de la línea de producción de botones para jean de la referencia *DT-0057-27L* (ver Figura 16), en el cual se incluye el proceso de producción de puntillas de referencia R-0124 fabricadas con aluminio,

Figura 16. Diagrama de Bloques línea de producción de botones para jean referencia *DT-0057-27L*.



Fuente: [Autor del trabajo de aplicación]

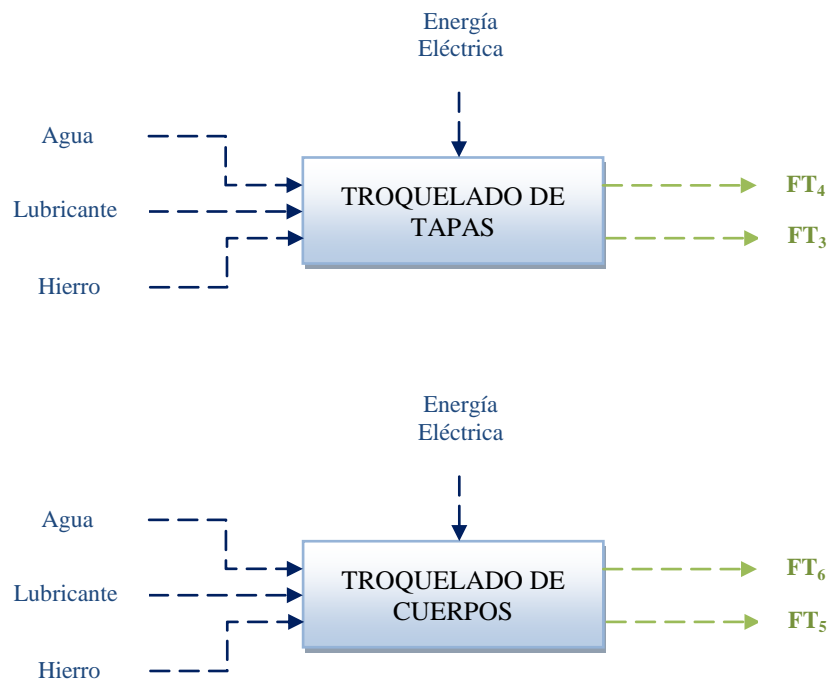
3.2.4. Diagrama de Bloques de las operaciones unitarias que conforman la línea de producción de botones para jean referencia *DT-0057-27L*.

En segunda instancia se esquematizó cada uno de los procesos unitarios con sus respectivas corrientes de entrada y de salida (ver Figuras 8, 9, 10, 11 y 12). Para ver en mayor detalle las corrientes de entrada y de salida para los procesos unitarios de troquelado, galvanizado, ensamble, producción de puntillas y empaque, ver las Tablas 7, 8, 9, 10 y 11 respectivamente.

3.2.4.1. Diagrama de Bloques de la etapa de troquelado.

El primer proceso unitario en la línea de producción bajo estudio es la etapa de Troquelado, la cual a su vez se divide en las subetapas de Troquelado de tapas y Troquelado de cuerpos. El diagrama de bloques de esta etapa aparece registrado en la Figura 17.

Figura 17. Diagrama de Bloques de la etapa de troquelado de la línea de producción de botones para jean de la referencia *DT-0057-27L*.



Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

3.2.4.2. Diagrama de Bloques de la etapa de galvanizado.

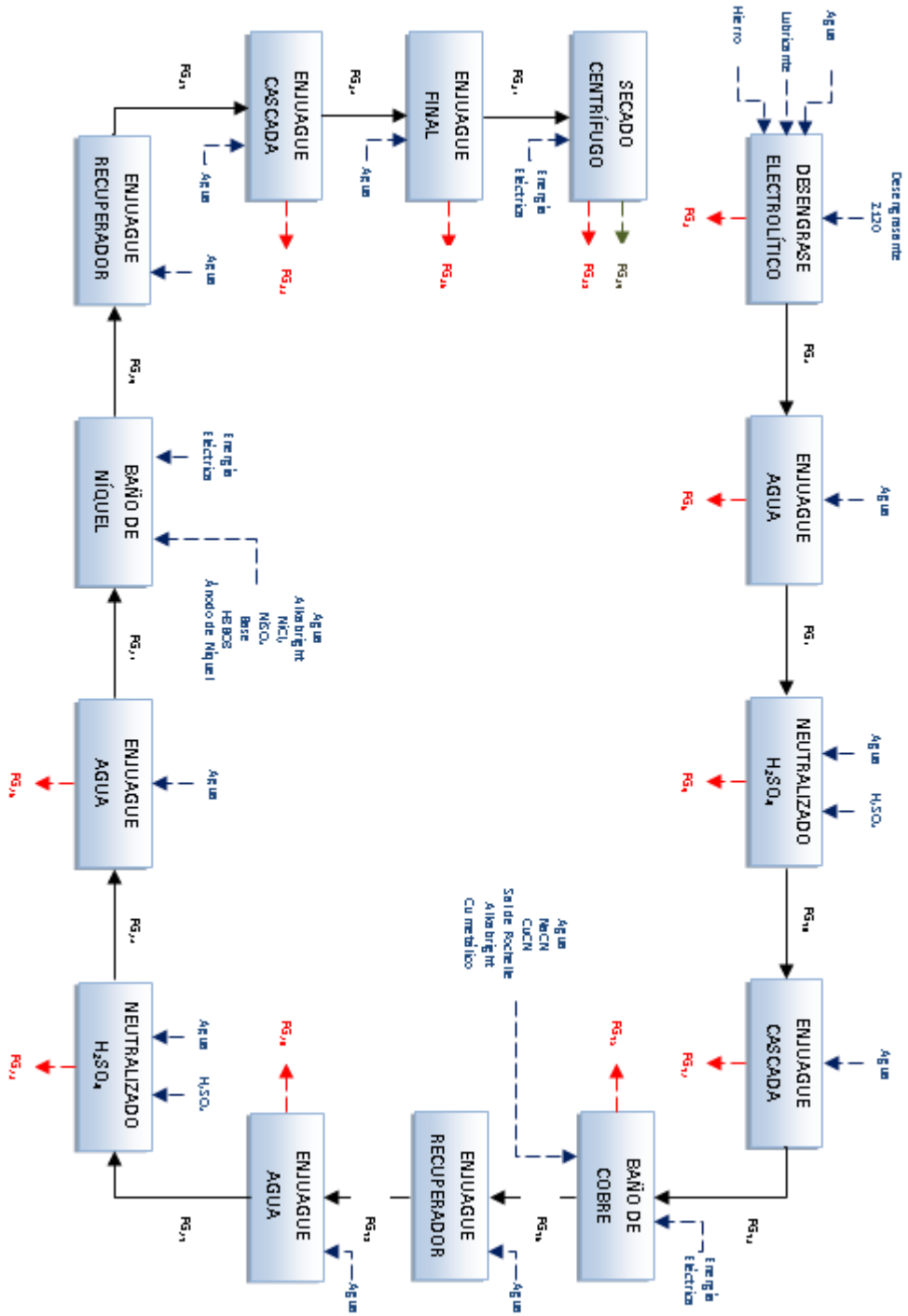


Figura 18. Diagrama de Bloques de la etapa de galvanizado de la línea de producción de botones para jean de la referencia DT-0057-27L.

Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

El galvanizado es una técnica que consiste en la electrodeposición de un recubrimiento metálico sobre una superficie que puede ser o no metálica.

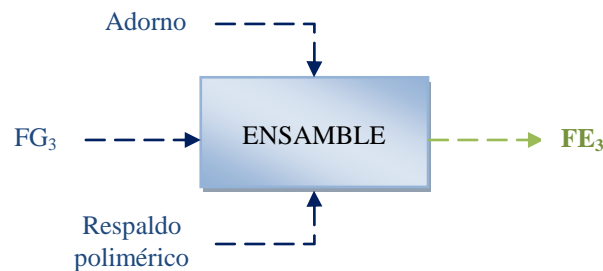
La técnica de galvanizado se utiliza para modificar las características de un material base, principalmente resistencia a la corrosión, dureza, apariencia, conductividad eléctrica y rozamiento. [DAMA, 2005].

El diagrama de bloques correspondiente a la etapa de galvanizado de los cuerpos y las tapas provenientes de la etapa de troquelado aparece registrado en la Figura 18.

3.2.4.3. Diagrama de Bloques de la etapa de ensamble.

El diagrama de bloques de la etapa de ensamble de los cuerpos y tapas provenientes de la etapa de galvanizado, junto a la piedra plástica de adorno, aparece registrado en la Figura 19.

Figura 19. Diagrama de Bloques de la etapa de ensamble de la línea de producción de botones para jean de la referencia *DT-0057-27L*.

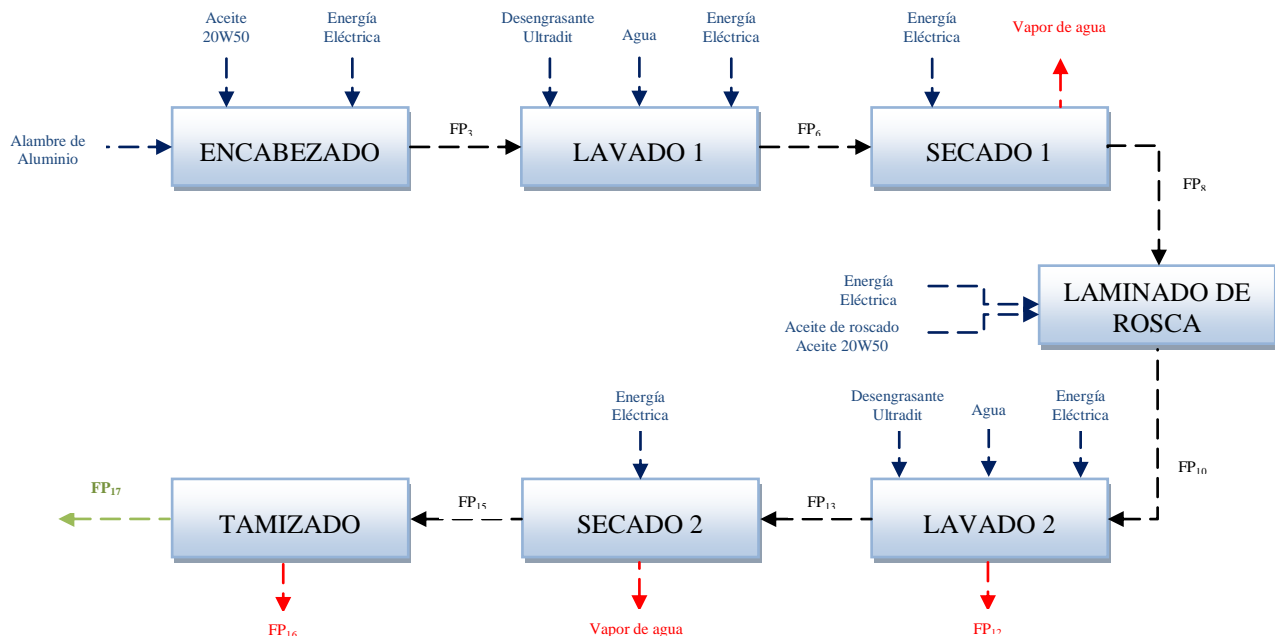


Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

3.2.4.4. Diagrama de Bloques de la etapa de producción de la puntilla.

El proceso de producción de puntillas en aluminio se divide en siete subetapas, y su respectivo diagrama de bloques aparece registrado en la Figura 20.

Figura 20. Diagrama de Bloques de la etapa de producción de la puntilla R-0124.



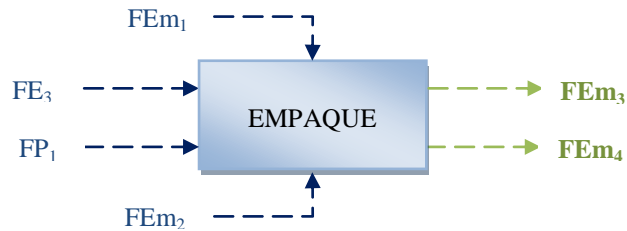
Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

3.2.4.5. Diagrama de Bloques de la etapa de empaque.

La última etapa en la línea de producción de botones para jean de la referencia DT-0057-27L la constituye el proceso de empaque. En este proceso los botones y las puntillas son empacados en bolsas de polietileno por separado en cantidades que pueden variar según el pedido del cliente.

Se empaca una puntilla por cada botón. El diagrama de bloques de esta etapa aparece registrado en la Figura 21.

Figura 21. Diagrama de Bloques de la etapa de empaque en la línea de producción de botones para jean de la referencia *DT-0057-27L*.



Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

3.3. Inventario de Ciclo de Vida.

A continuación aparecen registrados los inventarios de ciclo de vida calculados para cada una de las operaciones unitarias que hacen parte del proceso estudiado.

3.3.1. Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de troquelado

En la Tabla 7 aparecen registradas las corrientes de entrada y salida de masa así como las corrientes de entrada y salida de energía al proceso unitario de troquelado para la fabricación de una unidad de cabeza y una unidad de cuerpo las cuales conformarán el botón bajo estudio.

Tabla 7. Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de troquelado.

ETAPA	SUBPROCESO	CORRIENTE	INSUMO Y/O PRODUCTO	Cantidad (kg)	ENERGÍA (KJ/unidad)	
1	Troquelado 1 Producción de Tapas	FT1	Hierro	0,0012	ET1	1,57
		FT3	Residuos de Hierro	0,0005		
		FT4	Tapas	0,0007		
		FT7	Valvulina SAE - 250	0,00000146		
		FT8	Taladrina	0,000284		
		FT9	Agua	0,0000758		
2	Troquelado 2 Producción de Cuerpos	FT2	Hierro	0,001	ET2	1,57
		FT5	Residuos de Hierro	0,0004		
		FT6	Cuerpos	0,0006		
		FT10	Valvulina SAE - 250	0,00000146		
		FT11	Taladrina	0,000284		
		FT12	Agua	0,0000758		

Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

3.3.2. Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de galvanizado.

En la Tabla 8 aparecen registradas las corrientes de entrada y salida de masa y energía al proceso unitario de galvanizado para el recubrimiento electrolítico necesario para dar el acabado a una unidad de cabeza y una unidad de cuerpo las cuales conformarán el botón bajo estudio.

Tabla 8. Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de galvanizado.

ETAPA	SUBPROCESO	CORRIENTE	INSUMO Y/O PRODUCTO	Cantidad (Kg) (Por Kg Hierro)	Cantidad (Kg) (Por unidad)	ENERGÍA (KJ/Kg)	
1	Desengrase electrolítico	FG1	Hierro	1	0,0013	EG1	1,37
		FG2	Agua	0,054	0,0000702		
			Desengrasante Z120	0,002712	3,5256E-06		
		FG3 (Agua Residual)	Agua	0,054	0,0000702		
			Desengrasante Z120	0,002712	3,5256E-06		
			Cianuros	1,9691E-09	2,55983E-12		
			Cobre	7,82014E-08	1,01662E-10		
			Níquel	2,72861E-08	3,54719E-11		
			Hierro	8,07331E-08	1,04953E-10		
			Grasas y aceites	6,88904E-06	8,95575E-09		
Otros	0,000103523	1,3458E-07					
2	Enjuague con agua limpia	FG4	Hierro	1	0,0013		
		FG5	Agua	0,18	0,000234		
		FG6 (Agua Residual)	Agua	0,18	0,000234		
			Cobre	1,332E-07	1,7316E-10		
			Níquel	0,000001017	1,3221E-09		
			Hierro	8,604E-08	1,11852E-10		
			Grasas y aceites	2,58381E-05	3,35895E-08		
Otros	0,000347326	4,51524E-07					
3	Neutralizado con H ₂ SO ₄	FG7	Hierro	1	0,0013		
		FG8	Agua	0,23	0,000299		
			H ₂ SO ₄	0,00166	0,000002158		
		FG9 (Agua Residual)	Agua	0,23	0,000299		
			H ₂ SO ₄	0,00166	0,000002158		
			Cianuros	2,77107E-09	3,60239E-12		
			Cobre	1,84969E-07	2,4046E-10		
			Níquel	1,54256E-06	2,00533E-09		
			Hierro	9,50245E-07	1,23532E-09		
Grasas y aceites	4,22588E-05	5,49364E-08					
Otros	0,000602816	7,83661E-07					

4	Enjuague tipo cascada	FG10	Hierro	1	0,0013		
		FG11	Agua	0,18	0,000234		
		FG12 (Agua Residual)	Agua	0,18	0,000234		
			Cianuros	1,44E-09	1,872E-12		
			Cobre	1,5552E-07	2,02176E-10		
			Níquel	8,64E-08	1,1232E-10		
			Hierro	2,9286E-07	3,80718E-10		
			Grasas y aceites	2,87928E-05	3,74306E-08		
Otros	0,006550693	8,5159E-06					
5	Baño de cobre	FG13	Hierro	1	0,0013	EG2	25,17
		FG14	Agua	0,31	0,000403		
			NaCN	0,0156	0,00002028		
			CuCN	0,011	0,0000143		
			Cobre (Cu)	0,0077924	1,01301E-05		
			Cianuro (CN)	0,003206819	4,16886E-06		
			Hierro (Fe)	0,00000011	1,43E-10		
			Estaño (Sn)	1,1E-13	1,43E-16		
			Zinc (Zn)	0,00000022	2,86E-10		
			Níquel (Ni)	0,00000022	2,86E-10		
			Plomo (Pb)	0,00000022	2,86E-10		
			Sal de Roch	0,000937	1,2181E-06		
			Alkabright	0,000547542	7,11805E-07		
			Cu metálico	0,00571	0,000007423		
FG15	Cianuros (al aire)	0,026572286	3,4544E-05				
6	Enjuague recuperador	FG16	Hierro	1	0,0013		
		FG17	Agua	0,18	0,000234		
7	Enjuague con agua limpia	FG18	Hierro	1	0,0013		
		FG19	Agua	0,18	0,000234		
		FG20 (Agua Residual)	Agua	0,18	0,000234		
			Cianuros	0,000013788	1,79244E-08		
			Cobre	3,87027E-05	5,03135E-08		

			Níquel	1,2276E-06	1,59588E-09		
			Hierro	6,4602E-07	8,39826E-10		
			Grasas y aceites	2,03472E-05	2,64514E-08		
			Otros	0,001253688	1,62979E-06		
8	Neutralizado con H ₂ SO ₄	FG21	Hierro	1	0,0013		
		FG22	Agua	0,15	0,000195		
			H ₂ SO ₄	0,00166	0,000002158		
		FG23 (Agua Residual)	Agua	0,15	0,000195		
			H ₂ SO ₄	0,00166	0,000002158		
			Cianuros	7,01788E-06	9,12324E-09		
			Cobre	3,73382E-06	4,85397E-09		
			Níquel	2,21177E-05	2,8753E-08		
			Hierro	4,5488E-07	5,91344E-10		
			Grasas y aceites	2,14174E-05	2,78426E-08		
Otros	0,000580873	7,55135E-07					
9	Enjuague	FG24	Hierro	1	0,0013		
		FG25	Agua	0,18	0,000234		
		FG26 (Agua Residual)	Agua	0,18	0,000234		
			Cianuros	6,8544E-06	8,91072E-09		
			Cobre	1,2024E-06	1,56312E-09		
			Níquel	0,000008613	1,11969E-08		
			Hierro	4,0482E-07	5,26266E-10		
			Grasas y aceites	2,00124E-05	2,60161E-08		
Otros	0,001402913	1,82379E-06					
10	Baño de níquel	FG27	Hierro	1	0,0013	EG3	24,32
		FG28	Agua	0,06	0,000078		
			Alkabright	0,1350674	0,000175588		
			NiCl ₂	0,000726	9,438E-07		
			NiSO ₄	0,00198	0,000002574		
			Base	0,0071445	9,28785E-06		
			H ₃ BO ₃	0,00066	0,000000858		
Ánodo Ni	0,0142	0,00001846					
11	Enjuague	FG29	Hierro	1	0,0013		

	recuperador	FG30	Agua	0,18	0,000234		
12	Enjuague tipo cascada	FG31	Hierro	1	0,0013		
		FG32	Agua	0,18	0,000234		
		FG33 (Agua Residual)	Agua	0,18	0,000234		
			Cianuros	2,556E-08	3,3228E-11		
			Níquel	0,000068931	8,96103E-08		
			Hierro	1,7226E-07	2,23938E-10		
			Grasas y aceites	2,63736E-05	3,42857E-08		
		Otros	0,000473298	6,15287E-07			
13	Enjuague final	FG34	Hierro	1	0,0013		
		FG35	Agua	0,18	0,000234		
		FG36 (Agua Residual)	Agua	0,18	0,000234		
			Cianuros	2,16E-08	2,808E-11		
			Níquel	3,8898E-06	5,05674E-09		
			Grasas y aceites	2,44638E-05	3,18029E-08		
		Otros	0,000151625	1,97113E-07			
14	Secado centrífugo.	FG37	Hierro	1,041	0,0013533	EG4	0,079
		FG38	Hierro húmedo	0,041	0,0000533		0,0126
		FG39	Hierro seco	1	0,0013		

Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

3.3.3. Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de ensamble.

En la Tabla 9 aparecen registradas las corrientes de entrada y salida de masa para proceso unitario de ensamble de una unidad de cabeza y una unidad de cuerpo junto a un acople y un adorno plástico para la conformación final del botón bajo estudio.

La única fuente de energía involucrada en este proceso es la aportada por el operario que manipula la prensa durante el ensamble de los botones, energía que

fue establecida como no significativa al momento de tabular los datos del inventario.

Tabla 9. Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de ensamble.

ETAPA	SUBPROCESO	CORRIENTE	INSUMO Y/O PRODUCTO	Cantidad (Kg)
1	Ensamble	FE ₁	Respaldo Polimérico	0,000065
		FE ₂	Piedra de adorno	0,00001625
		FG ₃₉	Cabezas y tapas niqueladas	0,0013
		FE ₃	Botón terminado	0,00138125

Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

3.3.4. Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de producción de puntillas (vendida junto al botón bajo estudio).

En la Tabla 10 aparecen registradas las corrientes de entrada y las corrientes de salida de masa para el proceso unitario de producción de una unidad de puntilla en aluminio.

Tabla 10. Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de producción de puntillas.

ETAPA	SUBPROCESO	CORRIENTE	INSUMO Y/O PRODUCTO	Cantidad (Kg)	ENERGÍA (KJ/Kg)	
1	Encabezado	FP1	Alambre de Aluminio	0,000235	EP1	0,0729
		FP2	Aceite 20W-50	0,00000279		
2	Lavado I	FP3	Puntillas lisas aceitadas	0,000251	EP3	0,01
		FP4	ULTRADIT	0,0000363		
			Agua	0,0000758		
FP5	Agua Residual	0,0000964				
3	Secado I	FP6	Puntillas lisas húmedas	0,000251	EP5	0,0201
		FP7	Agua perdida (VAPOR)	0,0000157		0,0025

4	Laminado de Rosca	FP8	Puntillas lisas secas	0,000235	EP7	0,1199
		FP9	Aceite de Roscado	0,0000014		
			Aceite 20W-50	9,29E-07		
5	Lavado II	FP10	Puntillas anilladas	0,000256	EP9	0,0102
			Residuos			
			Aceites			
		FP11	ULTRADIT	0,0000363		
			Agua	0,0000758		
FP12	Agua Residual	0,0000913				
6	Secado II	FP13	Puntillas anilladas húmedas	0,000226	EP11	0,0181
		FP14	Agua perdida	0,0000208		0,0023
7	Tamizado	FP15	Puntillas anilladas secas	0,000205		
		FP16	Residuos de aluminio	0,0000262		
		FP17	Puntilla final	0,000205		

Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

3.3.5. Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de empaque.

En la Tabla 11 aparecen registradas las corrientes de entrada y salida de masa para proceso unitario de empaque de una unidad de cabeza y una unidad de botón y una unidad de puntilla. La única fuente de energía involucrada en este proceso es la aportada por el operario que realiza el empaque en bolsas de polietileno, energía que fue establecida como no significativa al momento de tabular los datos del inventario.

Tabla 11. Inventario de corrientes de entrada y salida para el proceso de empaque de botones y puntillas.

CORRIENTES	INSUMO Y/O PRODUCTO	Cantidad (Kg)	OBSERVACIONES
FE ₃	Botón terminado	0,00138125	
FP ₁₇	Puntilla terminada	0,000205	
FEm ₁	Empaques para botón	0,00000138	Bolsa de polietileno film de 0,025 mm. Se asume un empaque de 1000 piezas por bolsa.
FEm ₂	Empaques para puntilla	0,00000138	Bolsa de polietileno film de 0,025 mm. Se asume un empaque de 1000 piezas por bolsa.
FEm ₃	Botones empacados	0,00138263	Se suma el peso de los dos componentes empacados.
	Puntillas empacadas	0,00020638	

Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

3.4. Evaluación del impacto ambiental.

Para evaluar los impactos ambientales potenciales usando los resultados del análisis del inventario, se procesaron los datos en la herramienta informática SimaPro versión 7.1, eligiendo las metodologías EDIP 2003 y EDP 2007 y las categorías de impacto registradas en la Tabla 3 de acuerdo a los impactos ambientales de interés para este estudio en particular. [Sociedad de Toxicología y Química Ambiental SETAC].

3.4.1. Procesamiento de datos.

Se llevó a cabo la caracterización comparando el valor asignado a cada una de las categorías con respecto a la sustancia de referencia de dicha categoría, a través de los factores de caracterización de cada sustancia y así se pudo determinar la

contribución de cada sustancia a la categoría de impacto en relación a la sustancia de referencia en dicha categoría.

Se evaluaron de manera cuantitativa los aspectos ambientales y sus impactos por medio del software SimaPro versión 7.1 de la cual la escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander posee licencia académica, con base en las metodologías de evaluación EDP 2007 y EDIP 2003.

Los datos propios de la operación de producción de los botones en estudio, se obtuvieron a partir de la base de datos mencionada y se complementaron por un lado con la información que la empresa suministró y por otro lado con la información que las estudiantes de ingeniería química involucradas en el trabajo obtuvieron de manera directa por medio de visitas de observación y recaudo de datos de manera directa en la línea de producción al interior de las instalaciones de la empresa FANTAXIAS SAS.

3.4.1.1. Definición del Sistema en SimaPro.

Para comenzar la definición del sistema, se creó un nuevo proyecto en el programa computacional SimaPro 7.1, el cual fue llamado FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L. (ver Figura 22).

Posteriormente se crearon los procesos unitarios que conforman el proceso general en el software (ver Figura 23), para luego poder ingresar y procesar los datos del inventario ya recolectados. Dichos procesos unitarios están registrados en las Tablas 5 y 6.

Figura 22. Documentación del proyecto en SimaPro 7.1.

Instructor	Nombre
Instructores	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Objetivo y alcance	Fecha
Descripción	02/11/2012
Bibliotecas	Autor
Inventario	JHON MANUEL GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ
Procesos	Comentario
Fases del producto	LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BOTONES EN HIERRO
Tipos de residuo	Tipo ACV
Parámetros	No especificado
Evaluación de impacto	Objetivo
Métodos	DETERMINAR EL IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BOTONES EN HIERRO DE LA REFERENCIA DT-0057-27L AL INTERIOR DE LA EMPRESA FANTAXIAS SAS.
Configuraciones de cálculo	Motivo
Interpretación	TRABAJO DE APLICACIÓN PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN INGENIERÍA AMBIENTAL
Interpretación enlace a otro documento	Quien ordena el proyecto
Datos generales	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER - ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
Referencia Bibliográfica	Parte interesada
Sustancias	EMPRESA FANTAXIAS SAS
Unidades	Ejecutor del Proyecto
Cantidades	JHON MANUEL GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ
Imágenes	Unidad funcional
	UNA PIEZA DE BOTÓN EN HIERRO DE LA REFERENCIA DT-0057-27L

Fuente: [SimaPro 7.1.]

Figura 23. Procesos Unitarios en SimaPro 7.1.

Fases del producto	Nombre	Proyecto	Montaje
Montaje	EMPAQUE	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L	EMPAQUE
Others	ENSAMBLE	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L	ENSAMBLE
Ciclo de vida	GALVANIZADO	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L	GALVANIZADO
Others	PRODUCCIÓN DE PUNTILLAS	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L	PRODUCCIÓN DE PUNTILLAS
Escenario de disposición final	TROQUELADO	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L	TROQUELADO
Desensamblar			
Reutilizar			

Fuente: [SimaPro 7.1.]

3.4.1.2. Corrientes de salida en cada una de las operaciones unitarias.

Una vez creados los procesos unitarios, se procedió a ingresar en cada uno de ellos las corrientes de salida. En la Figura 24 se aprecian todas las corrientes de salida de los diferentes procesos unitarios.

Figura 24. Corrientes de Salida en SimaPro 7.1.

Procesos	Nombre	Unidad	Tipo de residuo	Proyecto
Material	FE3 BOTON TERMINADO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Agricultural	FE3 BOTON EMPACADO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Animal production	FE4 PUNTILLA EMPACADA	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Food	FG 21 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Others	FG10 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Plant oils	FG13 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Plant production	FG16 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Ceramics	FG18 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Chemicals	FG24 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Construction	FG27 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Electronics	FG29 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Fibers	FG31 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Fishery	FG34 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Food	FG37 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Fuels	FG39 HIERRO SECO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Glass	FG4 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Input Output	FG7 HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Laminates	FP 10 PUNTILLA ANILLADA	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Metals	FP 13 PUNTILLA ANILLADA HÚMEDA	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Minerals	FP 15 PUNTILLA ANILLADA SECA	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Others	FP 16 RESIDUOS DE ALUMINIO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Paper + Board	FP 17 PUNTILLA FINAL	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Plastics	FP3 PUNTILLA LISA ACEITADA	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Textiles	FP6 PUNTILLA LISA HÚMEDA	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Water	FP8 PUNTILLA LISA SECA	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Wood	FT3 RESIDUOS DE HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Energia	FT4 TAPA	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Transporte	FT5 RESIDUOS DE HIERRO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Transformaciones	FT6 CUERPO	kg	no definido	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L
Usar				
Escenario de residuo				

Fuente: [SimaPro 7.1.]

3.4.1.3. Corrientes de entrada a cada una de las operaciones unitarias.

Con los procesos unitarios y las corrientes de salida de cada uno de ellos ya creados, se procedió a ingresar las corrientes de entrada para cada proceso como “entradas conocidas desde la tecnosfera” (ver anexo F).

En los casos en los cuales ingresa agua al sistema, a diferencia de las demás corrientes en las cuales se trabajó en unidades de masa, se hizo necesario el uso de unidades de volumen, ya que en las bases de datos del software no se dispone del dato para agua potable en unidades de masa. Esto no genera inconvenientes si se considera que bajo condiciones normales de operación, a una atmósfera de presión, la densidad del agua líquida es muy estable y tiene un valor cercano a la unidad.

En algunos casos no se encuentra en las bases de datos de manera específica el material o la sustancia que conforma una determinada corriente. En dichos casos se acudió a las fichas técnicas correspondientes para determinar su composición y de acuerdo a ello se ingresaron de manera proporcional los datos para los componentes.

3.4.1.4. Emisiones al agua.

En los procesos en los cuales se generan vertimientos al agua, se hizo necesario ingresar las corrientes correspondientes como emisiones al agua (ver uno de los casos en la Figura 25).

Figura 25. Emisiones al agua en SimaPro 7.1.

Emisiones al agua				
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución
Waste water /m3		0,000234	m3	Indefinido
Copper compounds		1,7316E-10	kg	Indefinido
Nickel compounds		1,3221E-9	kg	Indefinido
Iron		1,11852E-10	kg	Indefinido
Oils, unspecified		3,35895E-8	kg	Indefinido
Emission, unspecified		4,51524E-7	kg	Indefinido
(Insertar línea aquí)				

Fuente: [SimaPro 7.1.]

3.4.1.5. Emisiones al aire.

Al igual que se hizo con los vertimientos al agua, en el caso de los procesos unitarios en los que se generan emisiones al aire, se procedió a ingresar los datos en el software (ver uno de los casos en la Figura 26).

Figura 26. Emisiones al aire en SimaPro 7.1.

Emisiones al aire				
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución
water		0,0000208	kg	Indefinido
(Insertar línea aquí)				
Emisiones al agua				

Fuente: [SimaPro 7.1.]

3.4.1.6. Energía Eléctrica.

Para el caso de los procesos unitarios en los cuales se hace necesario el suministro de energía eléctrica para la operación, se ingresó el consumo promedio por unidad producida (ver uno de los casos en la Figura 27).

Para calcular el gasto energético de las máquinas involucradas en el proceso se midieron la intensidad eléctrica, la tensión de los motores y las resistencias de calentamiento.

Los motores de las máquinas utilizadas en este proceso son trifásicos, mientras que las resistencias son sistemas monofásicos. Con los tiempos medidos de los procesos, se calcularon los consumos energéticos.

Figura 27. Consumo de energía eléctrica en SimaPro 7.1.

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)				
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	D
Energy South America I	0,07285	kJ	Indefinido	
(Insertar línea aquí)				

Fuente: [SimaPro 7.1.]

3.5. Interpretación y análisis de los resultados obtenidos.

Una vez finalizadas las etapas de ejecución y evaluación del inventario, se procedió a interpretar y analizar los resultados obtenidos con el fin de establecer conclusiones y plantear algunas recomendaciones en relación con los hallazgos.

3.5.1. Caracterización Ambiental del proceso

En esta fase se llevó a cabo una clasificación de los resultados seleccionando las categorías de impacto más significativas, como son las de eutrofización, acidificación, oxidación troposférica fotoquímica, toxicidad humana, calentamiento global y agotamiento de recursos fósiles (Chávez et al., 2009).

La Tabla 12 muestra los resultados para cada categoría de impacto seleccionada.

Tabla 12. Caracterización ambiental línea de producción botones para jean *DT-0057-27L*.

CATEGORÍA DE IMPACTO	PROCESO					Total %
	Troquelado (*)	Galvanizado	Ensamble	Prod Puntillas	Empaque	
ACIDIFICACIÓN	16,00	80,05	0,48	3,47	0,00	100,00
OXIDACIÓN FOTOQUÍMICA	46,78	49,57	1,33	2,26	0,06	100,00
AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO	64,90	31,01	0,00	4,10	-0,01	100,00
FUENTES DE ENERGÍA FÓSIL NO RENOVABLE	44,12	49,18	3,74	2,86	0,11	100,00
CAMBIO CLIMÁTICO	25,76	68,48	2,14	3,57	0,06	100,00
EUTROFIZACIÓN	31,46	37,08	1,27	30,18	0,02	100,00
TOXICIDAD HUMANA	52,29	37,99	0,07	9,56	0,09	100,00

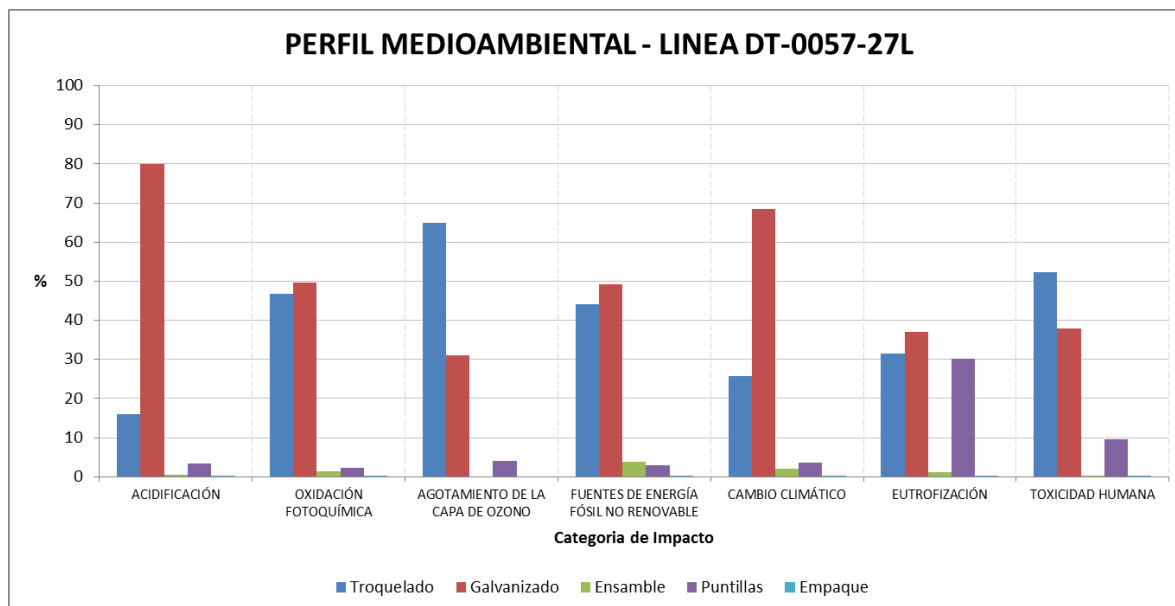
(*) Datos hipotéticos en caso que no se realizara reciclaje y de que el lavado de las piezas se llevara a cabo antes de ser llevadas al área de galvanizado.

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

3.5.2. Perfil medioambiental total del sistema.

La Figura 28 muestra los resultados en porcentaje con respecto al mayor valor.

Figura 28. Perfil medioambiental.



Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Al obtener los resultados del estudio de los impactos ambientales que de manera potencial se pueden estar presentando en la línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L al interior de las instalaciones de la empresa FANTAXIAS SAS, puede notarse que para las siete categorías de impacto elegidas para realizar el estudio, son dos los procesos unitarios los que contribuyen de manera marcada a los impactos ambientales asociados con dichas categorías. Estos procesos unitarios son galvanizado y troquelado (ver Figura 28).

Si se observa la tabla de caracterización (ver Tabla 12), puede corroborarse esta información. Así, por ejemplo para el caso de la categoría de impacto asociada

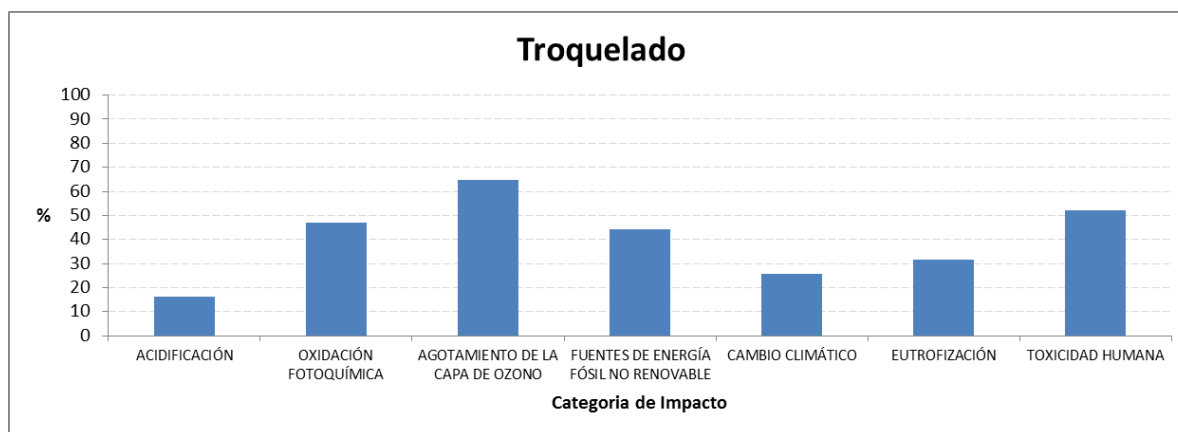
con Acidificación, el proceso de galvanizado contribuye con un 80,05% y el proceso de troquelado contribuye con un 16,00%, mientras que los procesos de ensamble, producción de puntillas y empaque sólo aportan el 0,48%, 3,47% y 0% respectivamente a esta misma categoría de impacto.

Al analizar cada proceso unitario y cada categoría de impacto por separado, se pudo establecer algunos aspectos de relevancia por mejorar.

3.5.3. Perfil medioambiental para el proceso unitario de Troquelado.

Los resultados obtenidos en la caracterización ambiental para el proceso de troquelado hacen referencia al caso hipotético en el que no se realizara reciclaje de los residuos de hierro y de que el desengrase de las piezas se llevara a cabo antes de ser llevadas al área de galvanizado. Bajo ese supuesto, se observa que la contribución del proceso para cada una de las categorías de impacto sería mayor al 10%, por lo cual el proceso de troquelado contribuiría de manera significativa a cada una de estas categorías (ver Figura 29).

Figura 29. Perfil medioambiental – Proceso Unitario de Troquelado.



Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

La afectación se debería principalmente al uso de lubricantes y agua cuyos valores por unidad producida son de $1,46 \times 10^{-6}$ kg para el caso de la valvulina SAE-250, $2,84 \times 10^{-4}$ kg para el caso de la taladrina y $7,58 \times 10^{-5}$ kg para el caso del agua, así como al uso de energía eléctrica con un consumo de 1,57 kJ por unidad producida (ver Tabla 7) (Rangel y Rodríguez, 2012).

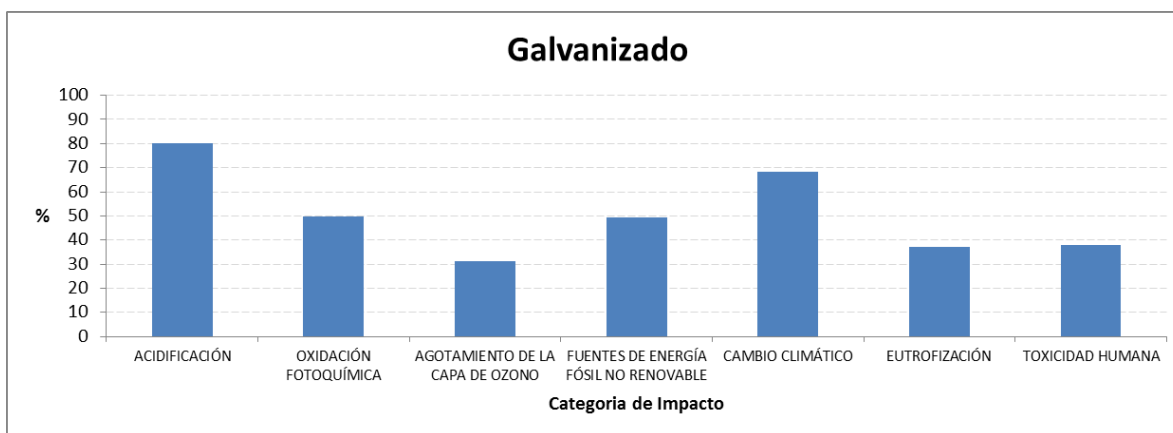
De otro lado, las máquinas utilizadas en el proceso son muy antiguas, por lo que posiblemente no estén funcionando con la eficiencia para la que fueron diseñadas; sin embargo, una alternativa es equipar los motores con convertidores de frecuencia variable (VSD), que regulan la velocidad de estos y podrían llegar a reducir su consumo energético hasta un 50% (ABB en Colombia, 2012).

3.5.4. Perfil medioambiental para el proceso unitario de Galvanizado.

De igual manera, al realizar el análisis particular para el el proceso de galvanizado, se puede apreciar el mismo comportamiento, pero esta vez, la contribución del proceso a cada una de las categorías de impacto supera el 30% (ver Figura 30), lo que pone de manifiesto el hecho de que el proceso unitario que reporta el mayor impacto negativo al medio ambiente en la línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L al interior de las instalaciones de la empresa FANTAXIAS SAS, es el de galvanizado.

Este resultado valida la teoría de que en los procesos desarrollados por la industria galvánica se generan efluentes, principalmente inorgánicos, que por sus características de toxicidad resultan nocivos para el hombre y su entorno, principalmente por la presencia de metales pesados (Damgaard et al., 2011).

Figura 30. Perfil medioambiental – Proceso Unitario de Galvanizado.



Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

El valor elevado en la categoría de Acidificación (80,05%) en este proceso se ve reflejado en los niveles de pH medidos (ver anexo G), contribuyendo a la formación de la llamada lluvia ácida, por la disminución en la capacidad neutralizante del suelo y del agua, como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargado (Galán y Fernández, 2006).

Como puede apreciarse en la Tabla 13, la mayor contribución a la acidificación está representada por la emisión de dióxido de azufre y por óxidos de azufre y nitrógeno, sustancias que al estar presentes en el aire sufren un proceso de oxidación dando lugar a H_2SO_4 y HNO_3 . Estos ácidos se disuelven en las gotas de agua que forman la nubes retornando al suelo con las precipitaciones [33].

Un punto crítico para la categoría de acidificación en un proceso de galvanizado lo representan los baños de desengrase en los cuales de manera regular el pH supera el valor de 12 (Propel Fundes Colombia, 2001).

Si se observa el valor medido de pH en el área de galvanizado, puede verse que en la etapa de desengrase electrolítico efectivamente reporta un pH de 13, contribuyendo a la deposición de ácidos resultantes de la liberación de óxidos de nitrógeno y sulfuro en la atmósfera, en el suelo y en el agua, donde puede variar la acidez del medio, lo que afectará a la flora y fauna que habita en él, produciendo deforestación (Propel Fundes Colombia, 2001).

El valor de 49,57% que tiene el proceso de galvanizado en la categoría de impacto de Oxidación Fotoquímica, es producido principalmente por la presencia de monóxido de carbono, hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles y dióxido de azufre en la carga contaminante generada en este proceso (ver Tabla 13). Estos contaminantes se originan principalmente debido al uso de combustibles fósiles para la generación e energía eléctrica y la producción de lubricantes, así como por el uso de desengrasantes (Laguna, 2007).

Estos oxidantes fotoquímicos pueden resultar perjudiciales para la salud humana, los ecosistemas y la agricultura, ya que pueden generar, acompañados de la luz solar y en presencia de óxidos de nitrógeno, altas concentraciones de ozono superficial dando origen al denominado efecto invernadero y al incremento del calentamiento global y a alteraciones del medio ambiente que se relacionan con la calidad del aire (Laguna, 2007).

Por su parte, la contribución de 31,01% del proceso de galvanizado a la categoría de agotamiento de la capa de ozono es generado principalmente por el uso de lubricantes, colaborando con el aumento de algunas enfermedades en humanos (cáncer de piel, supresión sistema inmunitario, cataratas, etc.) a causa del aumento en la intensidad de las radiaciones UV, afectándose además la producción agrícola y los ecosistemas.

La principal sustancia contaminante cargada en el proceso de galvanizado y que incide en el agotamiento de la capa de ozono es el Halon 1301 (ver Tabla 13), sustancia que tiene un promedio de vida de 110 años, lo cual es preocupante, ya que al ser una sustancia muy estable es fácilmente dispersada por el viento alcanzando la estratosfera; una vez allí puede reaccionar con los rayos ultravioletas provenientes de la radiación solar fraccionándose e iniciando el ciclo de destrucción del ozono (Hoyos, 2009).

Los halones son sustancias agresivas por la presencia de bromo en sus moléculas, motivo por el cual su producción a nivel mundial se empezó a restringir de manera gradual desde 1994. El uso de desengrasantes puede ser el causante de este tipo de sustancia, en especial si se usan desengrasantes en aerosol, motivo por el cual se recomienda que se omita el uso de cualquier sustancia en aerosol al interior de la empresa.

La categoría de impacto de fuentes de energía no renovable a la cual el proceso de galvanizado contribuye con un 49,18%, se ve afectada por el consumo de energía eléctrica y de agua, que como puede apreciarse en las Tablas 7 y 8 está presente en los procesos de troquelado y galvanizado, ocasionando una disminución en estos recursos. Además, para la generación de energía eléctrica se hace uso de carbón y gas en las termoeléctricas y de agua en las hidroeléctricas, contribuyendo a la disminución de estos recursos no renovables como puede apreciarse en la Tabla 13 (Gómez, 2006).

La contribución de 68,48% del proceso de galvanizado a la categoría de calentamiento global se explica por la emisión de dióxido de carbono (ver Tabla 13) relacionada con el hecho de que del proceso general es la etapa en la que más se demanda el uso de recursos no renovables como la energía eléctrica y el agua. Así mismo se puede explicar de manera indirecta por el uso de lubricantes (Gómez, 2006).

El 37,08% de aporte por parte del proceso de galvanizado a la categoría de eutrofización se explica por las descargas de óxidos de nitrógeno (ver Tabla 13), así como por la presencia de residuos con metales pesados como el cobre, el níquel y el hierro, y por el uso de lubricantes.

En esta categoría, la tierra absorbe la radiación emitida por el sol; esta energía es redistribuida por la atmósfera y los océanos y retorna en forma de radiación de infrarrojo térmico. Parte de esta radiación es absorbida por los gases existentes en la atmósfera como el vapor de agua, CO₂, CH₄, N₂O y CFCs, provocando el llamado efecto invernadero.

Como alternativa de mejora, se recomienda usar detergentes con baja proporción de fosfatos y emplear una menor cantidad de detergentes y desengrasantes, disminuyendo de esta manera la cantidad de nitratos y fosfatos en los vertidos.

Por otro lado, el aporte de 37,99% del proceso de galvanizado a la categoría de toxicidad humana se explica en gran parte por la presencia de mercurio en las descargas (ver Tabla 13), con efectos sobre los humanos y los ecosistemas acuáticos y terrestres.

De acuerdo a las mediciones realizadas para los vertimientos en el proceso de galvanizado, los factores más comunes que repercuten en las categorías de impacto analizadas son (Rangel y Rodríguez, 2012):

3.5.4.1. Presencia de metales pesados en el agua:

- Cobre:

Las concentraciones medidas de cobre superan el nivel máximo permitido por la resolución 1074 de 1994 en las etapas de desengrase electrolítico, enjuague con

agua, neutralizado con H_2SO_4 , enjuague tipo cascada (a excepción del enjuague posterior al baño de níquel), baño de cobre, enjuague recuperador, baño de níquel, observándose los mayores valores en las etapas subsecuentes al baño de cobre, lo cual era de esperar ya que en estas se enjuagan las piezas inmediatamente salen de este baño (ver anexo H).

La presencia de cobre en otras etapas se atribuye al arrastre ocasionado por el tambor que transporta las piezas de cuba en cuba, sumergiéndose en todas las soluciones repetidas veces antes de agotarlas.

Para disminuir la concentración, se sugiere tratar las aguas en una lechada de cal con hipoclorito de sodio y sulfato ferroso, de modo que el metal se precipite en forma de sulfuro de cobre para posteriormente, enviar los lodos a un relleno sanitario (Rangel y Rodríguez, 2012).

- Níquel:

En las etapas de desengrase electrolítico, enjuague con agua, neutralizado con H_2SO_4 , enjuague tipo cascada y enjuague final se sobrepasa el nivel permitido, notándose grandes aumentos en los puntos más cercanos al baño de níquel (ver anexo I).

La presencia de níquel en otras etapas diferentes a la de enjuague recuperador posterior al baño con níquel, se atribuye al arrastre generado por el tambor.

Para mitigar el impacto se recomienda aumentar el pH a 10 en una lechada de cal para que el níquel se precipite (Fresner et al., 2008).

- Hierro:

Los niveles de hierro medido se encuentran en el anexo J. Sin embargo, según la resolución 1074 de 1997 para las concentraciones de hierro no se tiene establecido un nivel máximo, y acorde a la Organización Mundial de la Salud, éste no es considerado peligroso.

3.5.4.2. Compuestos cianurados vertidos en el agua:

Otro de los factores que repercuten en las categorías de impacto utilizadas, lo representan los compuestos cianurados vertidos, los cuales se exceden en las etapas de enjuague con agua y neutralizado con H_2SO_4 posteriores al baño de cobre (ver anexo K), debido a que en ellos se enjuagan las piezas provenientes de este baño, donde se utilizan sales de cianuro para mejorar la adherencia en las piezas.

La presencia de cianuro en las demás cubas se atribuye al arrastre generado por el tambor.

Se recomienda reemplazar esta clase de baños por baños alcalinos no cianurados como el cobre piro sulfato, puesto que no son tóxicos y simplifican el tratamiento de las aguas residuales. Estos generan menores concentraciones del metal en los residuos y alta velocidad de deposición (Ribera et al., 2006).

Las aguas cianuradas se pueden tratar adicionando sulfato de hierro (Ismail, 2008).

3.5.4.3. Emisiones de gases con cianuro al aire

A partir de las soluciones acuosas con cianuros detectadas en los vertimientos del área de galvanizado, si el medio es ácido, se puede desprender cianuro de hidrógeno en forma de gas, el cual es muy tóxico (UNAM, 2008).

En Colombia no hay un nivel máximo permisible establecido para la concentración de cianuros en el aire, sin embargo, si se toma como referencia un estudio emitido en el sitio de tóxicos en el aire de la EPA en el cual la concentración letal estimada para los seres humanos es de 100 mg/m^3 (EPA, 2007), y asumiendo que estos vapores se disipan en toda el área de galvanizado, despreciando el volumen ocupado por los equipos, la presencia de un extractor y el perfil de concentración en la habitación cuyas dimensiones son de alrededor $15 \times 6 \times 5 \text{ m}$, se calcula que la concentración de gases de cianuros, es de $25,5 \text{ mg/m}^3$ (Rangel y Rodríguez, 2012), valor inferior al nivel letal sugerido por la EPA.

Una alternativa de mejora sería la instalación de sensores que detecten la presencia de gases tóxicos al interior de la planta de producción y de sistemas electrónicos de medición que permitan controlar el nivel de gases tóxicos emitidos.

3.5.4.4. Consumo de agua

Otro aspecto importante lo representa el consumo de agua en especial para realizar los enjuagues si se consideran las limitaciones de uso, generación de residuos peligrosos y límites permisibles de metales disueltos y otros contaminantes, cobrando gran importancia el control de la contaminación mediante buenas prácticas de uso.

Durante los enjuagues se diluyen y remueven contaminantes por lo que se hace necesario que cada enjuague se realice en forma eficiente, para lo cual se recomienda a FANTAXIAS calcular la razón de dilución por medio de la expresión $R_d = C_0/C_f$, siendo C_0 la concentración de los metales de interés en un baño como cobre, níquel o hierro, y C_f la concentración del metal en el último enjuague realizado (Alzate et al., 2011).

Así mismo, se recomienda a la empresa implementar un sistema de neutralización de lavados y desengrase, con el propósito de minimizar el consumo de agua mediante tres operaciones:

- Aprovechamiento intensivo del agua por el lavado en contracorriente con aireación en los tanques de lavado.
- Neutralización y oxidación en continuo del efluente para retirar de él los sólidos sedimentables.
- Incorporación del agua tratada al sistema de lavado o para diluir ácidos de decapado o desengrasante.

3.5.4.5. Consumo de energía eléctrica

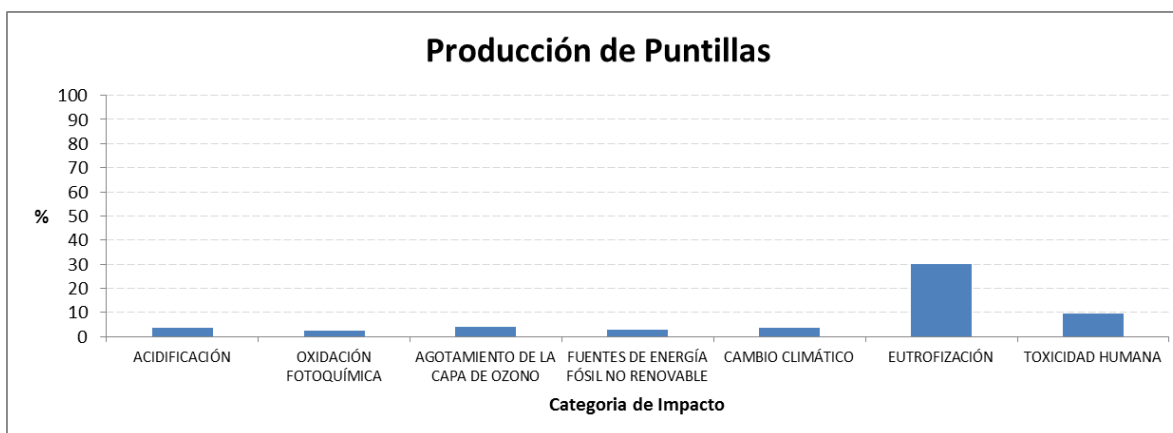
En esta zona se ve un incremento considerable en el consumo energético. El valor más grande lo aportan las resistencias, sobretodo las de los baños de cobre y níquel.

Estos valores son independientes de la masa, pero sí dependen del tiempo que dure cada sub-etapa, por esto se recomienda utilizar el tambor a su máxima capacidad de manera que se malgaste la menor energía posible.

3.5.5. Perfil medioambiental para el proceso unitario de producción de puntillas.

Por su parte, el proceso de producción de puntillas en aluminio de la referencia R-0124, contribuye de manera significativa sólo a la categoría de impacto asociada con Eutrofización (ver Figura 31) con un aporte de 30,18% (ver Tabla 12).

Figura 31. Perfil medioambiental Proceso Unitario de Producción de Puntillas.



Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

El uso de desengrasantes y lubricantes afecta la diversidad acuática al ser vertidos sin tratamiento previo pues se provoca un alto consumo del oxígeno del agua. Para el estudio realizado, se contempló el peor de los escenarios para el proceso de producción de puntillas ya que a pesar de que la empresa entrega a un especialista en tratamiento de residuos industriales las descargas generadas, es importante conocer el impacto generado por estos residuos.

En esta categoría se incluyen los impactos debidos a un alto nivel de los macronutrientes, nitrógeno y fósforo. Su incremento puede representar un aumento de la producción de biomasa en los ecosistemas acuáticos, por ejemplo un aumento de las algas en los ecosistemas acuáticos que produce una disminución del contenido de oxígeno debido a que la descomposición de dicha biomasa consume el oxígeno medido como DBO (demanda bioquímica de oxígeno). Este consumo de oxígeno puede conducir a alcanzar unas condiciones anaerobias que provocan la descomposición causada por bacterias anaeróbicas que liberan CH_4 , H_2S y NH_3 , que a largo plazo hace desaparecer cualquier tipo de vida aeróbica, afectando el entorno natural.

Es recomendable disminuir el uso de detergentes y desengrasantes, y elegir productos bajos en fosfatos.

3.5.6. Perfil medioambiental para los procesos unitarios de Ensamble y Empaque.

Los procesos de ensamble y empaque no contribuyen de manera significativa a las categorías de impacto, por lo cual se puede afirmar que estos dos procesos no afectan de manera negativa al medio ambiente bajo las condiciones en que se realizó el estudio (ver Tabla 12).

En la etapa de ensamble de las piezas que conforman el botón, el principal aporte como carga contaminante está asociado con el uso de polietileno del cual está fabricado el respaldo que se inserta en medio del cuerpo y la tapa del botón, pero estas cargas son despreciables con respecto a las de las demás etapas, en especial con la etapa de galvanizado.

En el caso del proceso de empaque, el único aporte como carga contaminante está asociado con el polietileno del cual están fabricadas las bolsas en las cuales se empaquetan los botones y las puntillas, pero al igual que en el ensamble, estas cargas son despreciables con respecto a las de las demás etapas.

3.5.7. Principales sustancias que contribuyen a cada categoría de impacto.

Para determinar cuáles son las sustancias que más incidencia tienen en el perfil medioambiental calculado, se analizó en primera instancia el comportamiento para el proceso de galvanizado, partiendo del hecho de que es el que mayor carga contaminante genera de acuerdo a las siete categorías de impacto seleccionadas.

Se procedió a filtrar la información y se tabularon los datos de las sustancias que el proceso aporta a cada categoría de impacto y cuya contribución supera el 5% para mostrar los resultados más significativos (ver Tabla 13).

Tabla 13. Principales sustancias que hacen parte de la carga contaminante en el proceso unitario de Galvanizado.

Categoría de Impacto	Sustancia	Unidad	Aporte a Categoría	
			Cantidad	%
ACIDIFICACIÓN	Óxidos de nitrógeno	kg SO ₂ eq	6,19431E-06	6,15
	Dióxido de azufre	kg SO ₂ eq	7,03393E-05	69,83
	Óxidos de azufre	kg SO ₂ eq	1,97416E-05	19,60
EUTROFIZACIÓN	Dióxido de nitrógeno	kg PO ₄ --- eq	1,04768E-06	32,29
	Óxidos de nitrógeno	kg PO ₄ --- eq	1,61052E-06	49,63
	Demanda Química de Oxígeno	kg PO ₄ --- eq	4,06176E-07	12,52
CAMBIO CLIMÁTICO	Dióxido de carbono	kg CO ₂ eq	0,005605596	80,25
	Dióxido de carbono fósil	kg CO ₂ eq	0,001211905	17,35
FUENTES DE ENERGÍA FÓSIL NO RENOVABLE	Carbón en terreno	MJ eq	0,017810105	12,19
	Gas natural en terreno	MJ eq	0,01196321	8,19
	Gas natural en el suelo	MJ eq	0,010613759	7,26
	Gas natural en suelo	MJ eq	0,007686513	5,26
	Petróleo crudo en terreno	MJ eq	0,034409774	23,55
	Petróleo crudo en tierra	MJ eq	0,050662944	34,67
OXIDACIÓN FOTOQUÍMICA	Monóxido de carbón	kg C ₂ H ₄	4,74645E-07	5,01
	Hidrocarburos, sin especificar	kg C ₂ H ₄	6,51761E-07	6,88
	Compuestos orgánicos volátiles de origen no especificado distintos del metano	kg C ₂ H ₄	4,27897E-06	45,15
	Dióxido de azufre	kg C ₂ H ₄	2,81357E-06	29,69
AGOTAMIENTO CAPA OZONO	Metano, bromotrifluoro, Halon 1301	kg CFC-11 eq	5,10779E-10	92,94
TOXICIDAD HUMANA AGUA	Mercurio	m ³	0,016138639	75,45
	Mercurio	m ³	0,002793884	13,06

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

De la misma manera y considerando el caso hipotético de no reciclaje de material y el lavado de las piezas antes de pasar al proceso de galvanizado, se procedió a filtrar la información para este proceso y a su vez se tabularon los datos de las sustancias aportadas a cada categoría de impacto y cuya contribución es superior al 5% para mostrar los resultados más significativos (ver Tabla 14).

Tabla 14. Principales sustancias que hacen parte de la carga contaminante en el proceso unitario de Troquelado.

Categoría de Impacto	Sustancia	Unidad	Aporte a Categoría	
			Cantidad	%
ACIDIFICACIÓN	Óxidos de nitrógeno	kg SO ₂ eq	4,17309E-06	24,87
	Dióxido de azufre	kg SO ₂ eq	1,02081E-05	60,85
	Óxidos de azufre	kg SO ₂ eq	1,96339E-06	11,70
EUTROFIZACIÓN	Dióxido de nitrógeno	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	1,06913E-07	7,18
	Óxidos de nitrógeno	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	1,085E-06	72,85
	Demanda Química de Oxígeno	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	2,6519E-07	17,80
CAMBIO CLIMÁTICO	Dióxido de carbono	kg CO ₂ eq	0,001272055	66,62
	Dióxido de carbono fósil	kg CO ₂ eq	0,000559485	29,30
FUENTES DE ENERGÍA FÓSIL NO RENOVABLE	Carbón (29,3 MJ por kg) en terreno	MJ eq	0,015122985	21,88
	Gas natural, en suelo	MJ eq	0,003601504	5,21
	Petróleo crudo en terreno	MJ eq	0,004398553	6,36
	Petróleo crudo en tierra	MJ eq	0,03706841	53,64
OXIDACIÓN FOTOQUÍMICA	Monóxido de carbón	kg C ₂ H ₄	4,53306E-07	9,85
	Hidrocarburos, sin especificar	kg C ₂ H ₄	4,3222E-07	9,39
	Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano	kg C ₂ H ₄	3,0717E-06	66,75
	Dióxido de azufre	kg C ₂ H ₄	4,08325E-07	8,87
AGOTAMIENTO CAPA OZONO	Metano, bromotrifluoro, Halon 1301	kg CFC-11 eq	3,53704E-10	95,11
TOXICIDAD HUMANA AGUA	Mercurio	m ³	0,01001943	80,88
	Mercurio	m ³	0,001324324	10,69

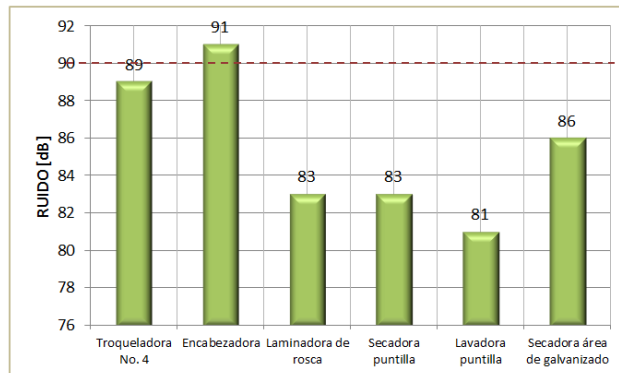
Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Para ver en su totalidad las sustancias aportadas por los procesos de troquelado y galvanizado a cada una de las categorías de impacto ambiental analizadas, remitirse al anexo L.

3.5.8. Niveles de ruido.

Aunque se disponía de mediciones de ruido (ver Figura 32), no se realizó el análisis al respecto al considerarse que dichas mediciones no son confiables ya que al realizarlas no fue posible aislar el ruido generado en procesos ajenos al sistema bajo estudio.

Figura 32. Niveles de ruido en la línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



Fuente: [Rangel y Rodríguez, 2012].

En la Figura 32 se muestran los niveles de ruido que se perciben en el ambiente cuando está funcionando cada máquina del proceso, y señala el nivel máximo permitido para intervalos de exposición de 8h (duración de los turnos en FANTAXIAS).

Como se puede ver, el nivel permitido sólo se excede en el el área donde se realiza el proceso de encabezado de las puntillas en aluminio. Sin embargo esta máquina no dura en funcionamiento un turno completo de ocho horas. No obstante, se recomienda usar protección auditiva, pues el ruido del ambiente es influenciado por otros procesos que puedan estar o no en marcha en determinado momento.

4. CONCLUSIONES

En el proceso de producción de botones para jean de la referencia DT-0057-27L fabricados en hierro y de puntillas enroscadas de la referencia R-0124 al interior de la empresa FANTAXIAS SAS, la etapa con las cargas contaminantes de mayor incidencia es la de galvanizado, a causa de las aguas residuales generadas en las subetapas de desengrase, enjuagues y baños de cromo y níquel.

Las etapas de troquelado y producción de puntillas reportan incidencia ambiental por las cargas contaminantes que podrían estarse generando en su desarrollo, pero como se aplican medidas de reciclaje de material sobrante y en el caso de la producción de puntillas las aguas residuales son entregadas a una empresa especializada y certificada para el tratamiento de las mismas, el impacto ambiental negativo es mínimo.

El subproceso de producción de puntillas se ve favorecido por la disposición y tratamiento que de las aguas residuales generadas llevado a cabo por parte de una empresa certificada para tal fin.

El agua usada en las etapas de troquelado, galvanizado y producción de puntillas, así como las descargas de agua residual, afectan la categoría de recursos no renovables.

Los óxidos de nitrógeno, azufre y carbono representan las mayores cargas encontradas en el proceso de galvanizado. En menor escala, se presentan trazas de mercurio en las aguas residuales.

Las etapas de ensamble y empaque no representan una amenaza para el medio ambiente ya que no generan cargas de importancia.

En los procesos se consume energía eléctrica, lo cual se ve reflejado en la categoría de impacto de fuentes de energía fósil no renovable.

El consumo de agua en la línea de producción analizada como corriente de entrada en los procesos unitarios de troquelado, galvanizado y producción de puntillas, así como las corrientes de salida de agua residual y vapor de agua, repercute en la categoría de impacto agotamiento de recursos no renovables.

5. RECOMENDACIONES

Implementar buenas prácticas de gestión de operaciones basada en procedimientos y políticas para mejorar y optimizar los procesos productivos y promover la participación del personal.

Establecer un manual centralizado relacionado con los equipos de proceso e implementar un programa de mantenimiento preventivo y predictivo.

Realizar un cubrimiento de los baños de cobre y de níquel con espuma plástica y esferas que permitan reducir los procesos de evaporación de líquidos contaminantes [Fresner *et al.*, 2009].

Implementar un proceso de electrocoagulación, para desestabilizar las especies químicas suspendidas o disueltas presentes en las aguas residuales, por medio de la aplicación de una diferencia de potencial eléctrico a través de un sistema cátodo-ánodo inmerso en la solución de agua a tratar [Chávez *et al.*, 2009].

Implementar un sistema de gestión energética empresarial, involucrando al personal capacitándolo en el uso eficiente de la energía, establecer metas de ahorros energéticos y evaluar resultados.

Reubicar las instalaciones de la empresa en la zona industrial de Bucaramanga, mejorando la infraestructura y la distribución física de la planta. Se podría disponer de instalaciones de alcantarillado y de tratamiento de aguas residuales preinstaladas.

Instalar sensores que detecten la presencia de gases tóxicos al interior de la planta de producción y sistemas electrónicos de medición que permitan controlar el nivel de gases tóxicos emitidos.

Es recomendable realizar un cubrimiento de los baños de cobre y de níquel con espuma plástica y esferas que permitan reducir los procesos de evaporación de líquidos contaminantes (Fresner et al., 2008).

Así mismo, se recomienda mantener los baños de cianuro y las materias primas de este compuesto, lejos de los ácidos, y así evitar la generación de gases de ácido cianhídrico, que puede ocasionar intoxicación (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2000).

Es recomendable Implementar un sistema de gestión energética empresarial, involucrando al personal capacitándolo en el uso eficiente de la energía, establecer metas de ahorros energéticos y evaluar resultados. Con esto, se puede crear un historial de consumos e indicadores energéticos lo que a su vez ayuda a trazar metas concretas de ahorro económico para la empresa y reducción en las cargas ambientales ocasionadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB 2012. El gasto energético en la industria. Colombia.

AENOR 2006. Norma española UNE-EN ISO 14040. Gestión ambiental, Análisis del ciclo de vida, Principios y marco de referencia. No. 2, p. 1 – 30.

AENOR 2006. Norma UNE EN ISO 14044, Gestión ambiental y Análisis de ciclo de vida, requisitos y directrices. No. 2, p. 1 – 55.

Alzate A., Oquendo C., Muñoz A. 2011. Centro de Producción más Limpia. Guía de Producción más limpia en el sector de recubrimientos electrolíticos en Colombia.

Arnold, K. 2010. Life cycle assessment of greenhouse gas mitigation of production and use of bio-methane: Sensitivity of effects from N₂O emissions. Journal of Integrative Environmental Sciences, Vol. 7, No. 1, p. 257 - 267.

Azapagic, A. 1999. Life Cycle Assessment and its application to process selection, design and optimisation. Chemical Engineering Journal, No. 73, p. 1 - 21.

Baumann, H., Tillman, A. 2004. The Hitch Hiker's Guide to LCA, an orientation in life cycle assessment methodology and application. Student litteratur, Lund.

Benetto, E., Nguyen, D., Lohmann, T., Schmitt, B. y Schosseler, P. 2009. Life cycle assessment of ecological sanitation system for small-scale wastewater treatment. Science of the Total Environment, Vol. 407 No.5, p. 1506 - 1516.

Chacón, J. 2008. Enlarged and annotated history of the life cycle analysis (LCA). Journal of the Colombian School of Engineering, No. 72, p. 37 - 70.

Chávez, A., Cristancho, D., Ospina, E. 2009. A clean alternative for treatment of wastewater galvanic: literature review. University of Medellín Engineering Journal, Vol. 8, No. 14, p. 39 - 50.

Chen, S., Chen, B., & Song, D. 2012. Life-cycle energy production and emissions mitigation by comprehensive biogas-digestate utilization. Bioresource Technology, No. 114, p. 357 - 364.

Chiabrando, R., Fabrizio E., Garnero G. 2011. On the applicability of the visual impact assessment OAISPP tool to photovoltaic plants. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 15 No. 1, p. 845 - 850.

Clift, R. 1998 Engineering for the environment. The new model engineer and her role. Process Safety and Environment Protection, No. 76, p. 151 - 160.

Clift, R. 1997. Clean Technology - The idea and practice. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, No. 68, p. 347 - 350.

Comandaru, I., Bârjoveanu, G., Peiu, N., Ene, S. y Teodosiu, C. 2012. Life cycle assessment of wine: Focus on water use impact assessment. Environmental Engineering and Management Journal, Vol. 11, No. 3, p. 533 - 543.

Comisión Nacional del Medio Ambiente - Región Metropolitana. Santiago de Chile 2000. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial – Galvanoplastia. Proyecto FDI-CORFO / INTEC-CHILE.

Curran, M. 2004. The status of life-cycle assessment as an environmental management tool. *Environmental Progress*, Vol. 23, No. 4, p. 277 - 283.

Damgaard, A., Manfredi, S., Merrild, H., Stensøe, S. y Christensen, T. 2011. LCA and economic evaluation of landfill leachate and gas technologies. *Waste Management*, Vol. 31, No. 7, p. 1532 - 1541.

EPA, 2007. Technology Transfer Network : Air Toxics Web Site. Estados Unidos.

Espinoza, G. 2007. Metodologías de evaluación de impacto ambiental Banco Interamericano de Desarrollo - Centro de Estudios para el Desarrollo. No. 1, p. 104 - 118.

Fresner, J. y ECOEFICIENCIA 2008. Producción más Limpia en el sector de Galvanoplastia en Colombia.

Galán, D. y Fernández, R. 2006. Implicación de los NOx en la química atmosférica. *M+A Revista Electrónica de Medioambiente*, No. 2, p. 90 - 103.

Garraín, D., Vidal, R., Franco, V. y Martínez, P. 2010. LCA of surface coating processes of thermoplastics. *Information Technology*, Vol. 21 No. 2, p. 59 - 64.

Gobierno Vasco 2009. Life cycle analysis and carbon footprint, two ways to measure the carbon footprint of a product. Ihobe environmental management public company, No. 1, p. 3 - 4.

Goedkoop, M., Oele M. 2006. SimaPro 7 IntroductionTo LCA. PRe Consultants b.v. No. 3: p. 1 - 60.

Gómez, P. 2006. Energías renovables: La necesidad de un cambio energético. Sumuntán. Vol. 1, No. 23, p. 9 - 18.

Guerrero, A. y Romero, L. 2006. Evaluación de la carga contaminante de los vertimientos líquidos de la empresa de herrajes FANTAXIAS LTDA. Universidad Industrial de Santander. No. 1, p. 22 – 62.

Hoyos, M. 2009. Tetracloruro de carbono – Usos y alternativas. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, PNUD, No. 1, p. 9 - 10.

ISMAIL, I. 2008. Treatment of a synthetic solution of galvanization effluent via the conversion of sodium cyanide into an insoluble safe complex. Journal of Hazardous Materials, No. 166, p. 978 - 983.

Karakosta, C., Doukas, H. y Psarras, J. 2009. Directing clean development mechanism towards developing countries sustainable development priorities. Energy for Sustainable Development, Vol. 13, No. 2, p. 77 - 84.

Klöpffer, W. 2003. Life-Cycle based methods for sustainable product development . International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 8, No. 3, p. 157 - 159.

Laguna, I. 2007. Generación de energía eléctrica y medio ambiente. Instituto nacional de Ecología, No. 1, p. 1 - 7.

Laleman, R., Albrecht, J., Dewulf, J. 2011. Life Cycle Analysis to estimate the environmental impact of residential photovoltaic systems in regions with a low solar irradiation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, No. 1, p. 267 - 281.

Molina, V., Pino, E. y López, F. 2011. Minimizing environmental risk in the electroplating industry. National Polytechnic Institute. College of Engineering and Architecture U.Z., No. 1, p. 67 – 73.

Norris, G. 2007. Integrating Life Cycle Cost Analysis and LCA. *Int J LCA*, Vol. 6, No. 2, p. 118 - 120.

Norris, G., Suppen, N., Do Nascimento, A. y Ugaya, C. 2005. Socioeconomic impacts in life cycle assessment of products: Environmental Analysis of Life Cycle Assessment (LCA) to Sustainable stroke, stroke in Latin America Topics. *Energy for Sustainable Development*.

Propel Fundes Colombia 2001. Guía de Buenas Prácticas para el Sector Galvanotécnica. Bogotá, D.C. Ministerio del Medio Ambiente y Fundes Colombia.

Ramírez, S., Joya, Y. 2005. Caracterización y Mejoramiento del proceso de Electrodeposición de metales usado actualmente en la empresa FANTAXIAS LTDA. Universidad Industrial de Santander, No. 1, p. 22 – 62.

Rangel, A. y Rodríguez, H. 2012. Balance ambiental del proceso de producción de un botón de la línea de hierro (ref. Dt-0057-271) en la empresa FANTAXIAS S.A.S. Universidad Industrial de Santander, No. 1, p. 19 – 57.

Ribera, F., Bosch, J. y Mossi, F. 2006. Herramientas de concienciación y sensibilización para la prevención de la contaminación en el sector metal-mecánico. España.

Rivera, J. 1999. Nature and development. Changes in considering the environmental policy during the second half of the twentieth century. *Geography*, No. 30, p. 103 - 117.

UNAM, 2008. Hoja de seguridad XX. Cianuro de hidrógeno y cianuros. México, p. 1 – 12.

Vargas, C. 2009. Life Cycle Analysis of Carbon for Palm Oil in Colombia. Scientific, Vol. 13, No. 2, p. 69 - 75.

ANEXO A.

Tabla 15. Principales herramientas usadas para realizar evaluaciones del impacto ambiental generado en el ciclo de vida de productos y procesos.

HERRAMIENTA	CREADOR	CATEGORÍAS DE IMPACTO AMBIENTAL INCLUIDAS	DESCRIPCIÓN
Eco-indicator 99	Pré Consultants	<ul style="list-style-type: none"> -Carcinogénicos -Respiratorios orgánicos -Respiratorios inorgánicos -Cambio Climático -Radiación -Destrucción capa ozono -Ecotoxicidad -Acidificación y eutrofización -Uso de suelo -Uso de recursos minerales -Uso de combustibles fósiles 	<p>Permite evaluar los diferentes daños causados por cada categoría de impacto, agrupándolos en tres niveles de daño:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Daños a la salud Humana - Daños a la calidad del Ecosistema - Daños a los Recursos. <p>Permite una fácil interpretación.</p>
CML 2001	Centre of Environmental Science (CML)	<ul style="list-style-type: none"> -Agotamiento recursos abióticos -Cambio climático -Destrucción capa ozono -Toxicidad humana -Ecotoxicidad -Smog fotoquímico -Acidificación -Eutrofización -Uso de recursos 	<p>Dispone de valores de referencia para la normalización de los indicadores de las categorías de impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1990 a nivel mundial - 1995 a nivel europeo - 1997 a nivel holandés. <p>Tiene gran solidez científica.</p>

RECIPE	Pré Consultants	<ul style="list-style-type: none"> -Destrucción capa ozono -Toxicidad humana -Radiación -Smog fotoquímico -Formación de particulados -Cambio Climático -Ecotoxicidad al suelo -Acidificación al suelo -Ocupación suelo rural -Ocupación suelo urbano -Transformación suelo natural -Ecotoxicidad marina -Eutrofización marina -Eutrofización agua dulce -Ecotoxicidad agua dulce -Uso de combustibles fósiles -Uso de recursos naturales -Uso de agua 	<p>Combina las ventajas de los métodos CML2001 y Eco-Indicator99.</p> <p>Con esta metodología se han mejorado los modelos para el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono, acidificación, eutrofización, uso del suelo y agotamiento de recursos naturales. A su vez se han actualizado factores de caracterización para algunas categorías de impacto y para el paso de normalización.</p>
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	<ul style="list-style-type: none"> -Cambio climático 	<p>Recoge los factores de caracterización para el potencial del calentamiento global directo debido a emisiones al aire.</p>
EDIP/UMIP96	Environmental Design of Industrial Products (EDIP)	<ul style="list-style-type: none"> -Cambio climático -Destrucción capa ozono -Acidificación -Eutrofización -Smog fotoquímico -Ecotoxicidad acuática -Ecotoxicidad del suelo -Toxicidad humana -Residuos -Uso de recursos 	<p>Usa factores de normalización basados en equivalentes-persona en el año 1990. Los factores de ponderación son definidos como distancia al objetivo por persona para el año 2000.</p>
EPS2000	Centre for Environmental Assessment of Products and Material Systems	<ul style="list-style-type: none"> -Salud humana -Capacidad de producción del ecosistema -Reserva de recursos abióticos -Diversidad biológica -Valores culturales 	<p>Método orientado al daño causado. Se tiene en cuenta la voluntad de pagar para restaurar los cambios causados. La unidad del indicador final es el ELU (Environmental Load Unit). En este método no se aplica el paso de normalización.</p>
ECOPOINTS97	Swiss Ministry of the Environment (BUWAL)	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones al aire - Vertidos aguas superficiales - Vertidos aguas subterráneas - Vertidos al suelo - Uso de recursos - Residuos 	<p>Fue uno de los primeros métodos con ponderación final.</p> <p>Es un método basado en la distancia al objetivo fijado por la política medioambiental suiza. Este método no dispone de paso de clasificación, sino que evalúa los impactos de manera individual.</p>

TRACI	Environmental Protection Agency (EPA US)	<ul style="list-style-type: none"> -Destrucción capa ozono -Cambio Climático -Smog fotoquímico -Acidificación -Eutrofización -Efectos cancerígenos -Efectos no cancerígenos -Polución a la salud humana -Ecotoxicidad -Agotamiento combustibles fósiles -Uso del suelo -Uso de agua 	<p>Necesita de una herramienta informática para la evaluación de las 12 categorías de impacto que constituyen el método. Muchos de los mecanismos ambientales que soportan las categorías de impacto están importados de otras metodologías, como Eco indicador 99 y CML2001. Aunque TRACI tiene definidos los pasos de normalización y ponderación, no dispone del histórico suficiente de información que le permita realizar estos pasos con suficiente fiabilidad.</p>
IMPACT 2002+	Instituto de tecnología federal suizo de Lausanne (EPFL)	<ul style="list-style-type: none"> - Toxicidad humana - Efectos respiratorios - Radiación ionizante - Destrucción capa ozono - Smog fotoquímico - Ecotoxicidad acuática - Ecotoxicidad del suelo - Acidificación acuática - Acidificación del suelo - Acidificación y eutrofización del suelo - Ocupación del suelo - Cambio climático - Energías no renovables - Uso de recursos 	<p>Resulta de una combinación entre las metodologías IMPACT2002, Ec99, CML2001 e IPCC.</p>

Fuente: Ihobe S.A

ANEXO B

Tabla 16. Principales programas de computador que pueden ser usados para realizar los cálculos durante la evaluación del impacto ambiental generado durante un proceso de producción.

Nombre	Desarrollador	Enfoque	Características
GABI	Instituto de ciencia y ensayos de polímeros (IKP) y la universidad de Stuttgart en colaboración con PE EUROPE GMBH	Genérico	<p>Facilita una descripción gráfica del ciclo de vida del producto mediante estructura jerárquica. Muestra Entradas y salidas asociadas a cada proceso y flujos entre procesos.</p> <p>Permite la modificación en cualquier momento de todos los parámetros utilizados, y la reutilización de procesos y planes creados en otros proyectos.</p> <p>Permite realizar evaluaciones de impacto ambiental, de costos y de tiempo de trabajo.</p> <p>La alimentación de datos para el inventario de entradas y salidas se realiza en formato tipo fichas.</p> <p>Cada dato del inventario puede ser asignado a un dato concreto de la base de datos.</p> <p>Se pueden redactar informes de acuerdo a exigencias de la familia de normas ISO 14040.</p> <p>Permite realizar análisis de escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo.</p> <p>Permite la agrupación de procesos según tipo, nación, empresa y usuario definido.</p> <p>Permite exportar la información en formato Ecospold y en Excel.</p>
UMBERTO	ifu Hamburg GMBH	Genérico	<p>Cuenta con una interface gráfica que posibilita la elaboración de ciclos de vida de producto completos, procesos componentes, entradas y salidas asociadas a cada proceso y flujos entre procesos.</p> <p>La alimentación de datos del inventario se realiza en formato de fichas.</p> <p>Permite una alta flexibilidad para los límites del sistema, con posibilidad de ser definidos individualmente.</p> <p>Permite realizar evaluaciones de impacto ambiental y análisis de costos.</p> <p>Permite modificar en cualquier momento los parámetros utilizados.</p> <p>Cuenta con distintas interfaces para la conexión del programa a otras aplicaciones.</p> <p>Permite realizar análisis de escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo.</p> <p>La información puede ser exportada en formato Ecospold y en Excel.</p>

TEAM	ECOBILANPRIC EWATERHOUS E COOPERS	Genérico	Los datos son introducidos con características similares a Gabi.. Permite definir de manera individual los límites del sistema. Dispone de protocolos para la realización guiada de análisis. Permite modificar en cualquier momento los parámetros utilizados. Permite la redacción de informes de acuerdo con la familia de normas ISO 14040. Permite realizar análisis de incertidumbre de los datos, escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo. La información puede ser exportada en formato Ecospol y en Excel.
AIST-LCA 4	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan	Genérico	Base de datos específica para sustancias químicas, productos de hierro, productos de acero y gestión de residuos. Permite valorar aspectos ambientales y parámetros de costo. Los resultados son exportables a Excel.
BEES 4.0	National Institute of Standards and Technology (NIST), USA	Materiales de construcción	Contiene aproximadamente 200 productos, clasificados según la clasificación estándar de ASTM. Permite realizar informes conformes a la familia de normas ISO 14040. Las bases de datos se pueden exportar a Excel. Está actualizado y es gratuito.
CMLCA 4.2	Leiden University, Institute of Environmental Sciences (CML), Holland	Genérico	Permite realizar análisis de sensibilidad y Monte Carlo. Los resultados son exportables a Excel.
LSP	University of Amsterdam (IVAM), Holland	Municipios, planes urbanísticos y desarrollo de proyectos	Permite realizar la medición del perfil de sostenibilidad de una localización específica. Dispone de un estándar de comparación de 10 modelos diferentes.
E3DATABAS E V2.3.3	Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Germany	Genérico	Herramienta creada para su uso en los sistemas energéticos. Software basado en Borlan-Delphi. Los resultados Exportable a Excel.
ECO-BAT 3.0	Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud, Switzerland	Construcción y edificación	Dispone de una base de datos con 60 materiales de construcción calculados a partir de Ecoinvent.
ECODESIGN XPRO 1.0	Ecomundo, France	Genérico	Herramienta online. Creada para personal no experto en este tipo de análisis y metodologías. Utiliza la metodología CML2001, aunque es configurable.

EIME 9.0	Bureau Veritas CODDE, France	Eléctrico – electrónico	Utiliza una amplia variedad de base de datos. Hace uso del concepto de Ecobalance para la evaluación de impacto ambiental, con base a 11 categorías de impacto fijadas por Ecobilan.
ENVIRONMENTAL IMPACT ESTIMATOR 3.0.2	Athena Sustainable Materials Institute, Canada	Construcción y edificación	Dispone de su propia base de datos y su propia metodología de evaluación de impacto ambiental para el sector de la construcción.
EPD TOOLS SUIT 2007	ITKE Environmental Technology Inc, China	Genérico / construcción	Información únicamente disponible en idioma chino.
EVERDEE 2.0	ENEA, Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment.	Genérico	Herramienta ACV gratuita, disponible online y en castellano. Dispone de base de datos propia. Hace uso de la metodología CML2001. Proporciona valores para diferentes categorías de impacto. Permite importar datos.
GEMIS 4.42	Oeko Institut (Institute for applied Ecology), Darmstadt Office, Germany	Genérico	Herramienta gratuita y descargable a través de su página web. Además de las habituales, evalúa categorías de impacto no comunes en otras herramientas. Disponible en castellano.
GREEN-E 1.0	Ecointesys – Life Cycle Systems, Switzerland	Genérico	Utiliza como base de datos Ecoinvent, aunque el usuario puede configurar su propia base de datos. Por defecto utiliza como método de evaluación Impact2002+, aunque se pueden configurar otros métodos. La información es exportable a Excel.
JEMAI LCA PRO 2	JEMAI, Japan Environmental Management Association for Industry	Genérico	Dispone de su propia base de datos. Hace uso de diversos métodos de evaluación. Es configurable por el usuario. Cumple con los estándares ISO 140140.
KCL-ECO 4.0	Central laboratorium Ab, KCL, Finland	Genérico / Forestal	Herramienta sencilla y ampliamente utilizada. Dispone de su propia base de datos, aunque puede incorporar Ecoinvent. Permite importar y exportar información en formato Ecospol y Excel.
LEGEP 1.2	LEGEP Software GmbH, Germany	Construcción y edificación	Herramienta muy completa para el sector de la construcción sostenible. Utiliza como base de datos Ecoinvent. Utiliza como método de evaluación CML2001, aunque se pueden configurar otros métodos.
LTE-OGIP 5.0	t.h.e. Software GmbH, Germany	Construcción y edificación	Utiliza básicamente Ecoinvent como base de datos, aunque dispone de otras secundarias como BEK o NPK. Tiene disponibles como métodos de evaluación Ec99, Ecopoints97, GWP100a. Permite exportar información en Excel y en pdf.

REGIS 2.3	Sinum AG, Germany	Genérico	Dispone de Ecoinvent y BUWAL como bases de datos. Dispone como métodos de evaluación Ec95, Ec99, Ecopoints97, IPCC. Disponible en castellano. Permite exportar la información en Ecospold, Excel y CSV.
SABENTO 1.1	ifu Hamburg GmbH, Germany	Químico	Dispone de su propia base de datos SABENTO. Analiza categorías de impacto susceptibles de ser afectadas por el sector químico.
TESPI	ENEA, Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment.	Genérico	Herramienta gratuita y disponible online. Orientada para PYMEs.
TRAINEE	GreenDeltaTC GmbH, Germany	Genérico / Ferroviario	Inicialmente fue diseñada para el sector ferroviario pero se ha generalizado con el paso del tiempo. Utiliza bases de datos propias..
USES-LCA 2.0	Radboud University Nijmegen, Holland	Agricultura, silvicultura y caza	Herramienta gratuita basada en Excel muy específica para el sector primario. Utiliza bases de datos propias. Mide el impacto ambiental en unidades que comprenden daños tóxicos al ser humano y al medio ambiente.

Fuente: Ihobe S.A

ANEXO C

Tabla 17. Principales bases de datos existentes en el medio para su uso en los análisis de impacto ambiental realizados con el apoyo de la metodología de análisis de ciclo de vida.

Nombre	Formato	Sector	Fuente
Ecoinvent	Ecospold	Genérico	Ecoinvent Centre.
Boustead	Modelo propio	Genérico	Boustead Consulting.
IVAM LCA	Ecospold	Genérico	IVAM UvA bv.
ProBas	Ecospold	Genérico	Umbeltbundesamt, Germany.
GaBi databases 2006	Ecospold	Genérico	PE International GmbH, Germany. University of Stuttgart, Germany.
DEAM	Ecospold	Genérico	Ecobilan – PriceWaterhouse Coopers, France.
ETH – ESU 96	Ecospold	Genérico	ETH-ESU, Switzerland.
GEMIS 4.4.	Excel	Genérico	Institute for applied Ecology, Darmstadt office, Germany.
Option data pack	Excel	Genérico	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan.
Umberto library 5.5.	Ecospold	Genérico	Institute for Environmental Informatics Hamburg GmbH, Germany.
IDEMAT 2001	Ecospold	Genérico	Delft University of technology, Holland.
CPM LCA Database	Spine	Genérico	Center for Environmental Assessment of Product and Material Systems-CPM, Sweeden.
Japanese Input Output Database	Tablas Input-Output	Multi sectorial	Environmental Technology Laboratory of the Corporate Research & Development centre of Toshiba Corporation, Japan.
FRANKLIN US LCI	Ecospold	Genérico	Franklin Associates Ltd, USA. / National Renewable Energy Laboratory, USA. Sylvatica, USA / Athena Sustainable Materials Institute, Canadá.
Data Archive	Ecospold	Genérico	Plastics Waste Management Institute, Japan. Federal Office for the Environment, Switzerland. Chalmers University of Technology, Sweeden.
BUWAL 250	Ecospold	Genérico	Federal Office for the Environment, Switzerland.
Ecodesign X-Pro database 1	Ecospold	Genérico	Ecomundo, France.
US Input Output Database	Tablas Input-Output	Genérico	Toxic Releases Inventory 98 (TRI), Air Quality Planning and Standard (AIRS). EPA USA. Energy information administration (EIA). US dep. Of energy. Bureau of economic analysis (BEA). Datos del US dep. of Commerce. National Center for Food and Agricultural Policy (NCFAP) and World Resource Institute (WRI).
LCA Food	Ecospold	Genérico	Danish environmental protection agency.
Industry Data	Ecospold	Genérico	Plastics europe, various.
Salca 071	Ecospold	Producción agrícola	Agroscope Reckenholz – Tàkinon Research Station ART, Switzerland.
KCL EcoData	Ecospold	Silvicultura	Oy keskuslaboratorio-Centrallaboratorium Ab, KCL, Finland.
Sabento library	Excel	Bioteconolog	Ifu Hamburg GmbH, Germany.

		ía	
Eurofer data sets	No especificado	Industria del acero	European Confederation of Iron and Steel Industries (EUROFER).
sirAdos 1.2.	Ecospold	Construcción	LEGEP Software GmbH, Germany.
EIME 10.0	Ecospold	Eléctrico – electrónico	CODDE, France.
Waste technologies data centre	Ecospold	Residuos	Environment Agency, United Kingdom.

Fuente: Ihobe S.A

ANEXO D.

Tabla 18. Procesos unitarios involucrados en la línea de producción de botones en hierro de la referencia dt-0057-271

Operación Unitaria		Descripción
1	Troquelado	El hierro es suministrado por ACEROS CORTADOS S.A. quien lo entrega en forma de láminas enrolladas calibre 0.25 mm (ver Figura 4), las cuales son cortadas para que se ajusten a la Troqueladora Raskin B-4 (ver Figura 5). En esta etapa se obtienen los cuerpos y las tapas que conformarán el botón (ver Figura 6). Para el funcionamiento de la máquina es necesario lubricarla con valvulina SAE-250 y taladrina.
2	Galvanizado	<p>Para facilitar el niquelado como acabado estético del botón, las tapas y cuerpos provenientes del troquelado deben ser sometidos a dos baños de chapado electrolítico. Este proceso consta de una secuencia de cubas (ver Figura 7). Luego, se lleva a cabo un desengrase por inmersión que tiene como fin eliminar cualquier impureza de las piezas utilizando desengrase Z-120 en una concentración de 50-60 g/L; posteriormente se enjuagan las tapas y los cuerpos en una cuba con agua limpia. Luego se pasa a una etapa de neutralizado en la cual se usa una solución de ácido sulfúrico con una concentración entre 3-5 cm³/L para posteriormente continuar con un enjuague tipo cascada, que consta de dos cubas de agua limpia dejando las piezas listas para ser cobrizadas.</p> <p>El baño de cobre está constituido por una cuba en la que se tienen ánodos de cobre, cobre metálico (26 g/L), cianuro de cobre (36,5 g/L), cianuro de sodio (22,5 g/L), sal de Rochelle (47,5 g/L) y un pH entre 11 y 13.</p> <p>Posteriormente se realiza un enjuague recuperador, constituido por agua limpia donde se lavan las trazas de sustancias que queden del cobrizado y que puede ser utilizado posteriormente para rectificar el baño de cobre. Seguido a esto va un enjuague, un segundo neutralizado con una concentración de 5-6cm³/L y otro enjuague tipo cascada antes de entrar al baño de níquel. El niquelado se hace en una cuba con ánodos de níquel electrolítico y una solución con sulfato de níquel (280 g/L), cloruro de níquel (65 g/L) y ácido bórico (55 g/L).</p> <p>Después de este baño se lleva a cabo un enjuague recuperador y un enjuague tipo cascada constituido por dos cubas.</p> <p>Finalmente las piezas son llevadas a un secador fabricado por la misma empresa, en el cual se retira cualquier tipo de humedad.</p>
3	Ensamble	Para conformar el botón se acoplan las piezas niqueladas provenientes del proceso de galvanizado junto con un respaldo de polipropileno y una piedra plana de cristal (ver Figura 8). En una máquina Gameco se coloca en una bandeja la tapa, sobre la que se ubica la piedra con la parte frontal hacia abajo, luego el respaldo plástico y finalmente el cuerpo metálico; todo el conjunto se sitúa en el troquel de ensamble y se sella el botón.

Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

ANEXO E.

Tabla 19. Procesos unitarios involucrados en la línea de producción de puntillas en aluminio de la referencia r-0124

Operación Unitaria		Descripción
1	Encabezado	Se utiliza una encabezadora Gwo Ling Machinery Co. LTD FA-5 (ver Figuras 12 y 13) a la que se introduce el alambre de aluminio para ser transformado en puntillas lisas encabezadas (ver Figura 14). Para el funcionamiento de la máquina es necesario utilizar aceite 20W-50 como lubricante.
2	Enroscado	Para enroscar las puntillas lisas se utiliza una laminadora de rosca Gwo Ling Machinery Co. LTD AS-003HD (ver Figura 15) que necesita para su funcionamiento aceite de roscado y aceite 20W-50.
3	Lavado	Las puntillas deben ser lavadas al salir de la encabezadora y de la laminadora de roscas debido al uso de lubricantes que quedan adheridos a ellas. Este proceso se lleva a cabo en una lavadora fabricada por FANTAXÍAS utilizando una solución de ULTRADIT DS, un aditivo desengrasante fabricado por ABC Acabados LTDA.
4	Secado	Después de cada lavado a las puntillas les es retirada la humedad en una secadora fabricada por FANTAXÍAS.
5	Tamizado	Los residuos del enroscado junto con las puntillas enroscadas son lavados y secados para finalmente ser separados usando un tamiz.
6	Empacado	Las puntillas están listas para ser empacadas y los residuos se almacenan para ser vendidos al mismo proveedor del alambre de aluminio.

Fuente: [Rangel, Rodríguez, 2012 y autor del trabajo de aplicación]

ANEXO F.

Figura 33. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Productos

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos

Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FE3 BOTON TERMINADO	0,00138125	kg		100 %	no definido	Agricultural	

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)						

Entradas

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
Polypropylene resin E	0,00008125	kg	Indefinido			Respaldo polimérico + Piedra de adorno
FG39 HIERRO SECO	0,0013	kg	Indefinido			

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)						

Salidas

Emissiones al aire

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Emissiones al agua

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Emissiones al suelo

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Flujos finales de residuos

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Figura 34. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Productos

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos

Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FEM3 BOTON EMPACADO	0,00138263	kg		87 %	no definido	Agricultural	
FEM4 PUNTILLA EMPACADA	0,00020638	kg		13 %	no definido	Agricultural	

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)						

Entradas

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U	0,00000276	kg	Indefinido			Bolsa de 1000 unidades para botones y 1000 unidades para puntillas
FP 17 PUNTILLA F3NAL	0,000205	kg	Indefinido			
FE3 BOTON TERMINADO	0,00138125	kg	Indefinido			

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)						

Salidas

Emissiones al aire

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Emissiones al agua

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Emissiones al suelo

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Figura 35. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Productos

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos

Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FEM3 BOTON EMPACADO	0,00138263	kg	Mass	87 %	no definido	Agricultural	
FEM4 PUNTILLA EMPACADA	0,00020638	kg	Mass	13 %	no definido	Agricultural	

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados

Entradas

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMín.	Máx.	Comentario
Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U	0,00000276	kg	Indefinido			Bolsa de 1000 unidades para botones y 1000 unidades para puntillas
FP 17 PUNTILLA FINAL	0,000205	kg	Indefinido			
FE3 BOTON TERMINADO	0,00138125	kg	Indefinido			

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)

Emisiones al aire

Emisiones al agua

Emisiones al suelo

Figura 36. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Productos

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos

Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FG 21 HIERRO	0,0013	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural	

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados

Entradas

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMín.	Máx.	Comentario
FG 18 HIERRO	0,0013	kg	Indefinido			
Water (tap)	0,000234	m3	Indefinido			

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)

Emisiones al aire

Emisiones al agua

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMín.	Máx.	Comentario
Waste water/m3		0,000234	m3	Indefinido			
Cyanide compounds		1,7924E-8	kg	Indefinido			Cianuros
Copper compounds		5,03133E-8	kg	Indefinido			Cobre
Nickel compounds		1,59588E-9	kg	Indefinido			
Iron		8,39826E-10	kg	Indefinido			
Oil, unspecified		2,64514E-8	kg	Indefinido			Grasas y aceites
Emission, unspecified		1,62979E-6	kg	Indefinido			Otros

Figura 37. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Documentación | Entrada/salida | Parámetros | Descripción del sistema

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos							
Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FG10 HIERRO	0,0013	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural	

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin.	Máx.	Comentario	
(Insertar línea aquí)							

Entradas							
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin.	Máx.	Comentario	
Sulphuric acid, liquid, at plant/RER U	0,00002158	kg	Indefinido			H2SO4	
Water (Tap)	0,000299	m3	Indefinido				
FG7 HIERRO	0,0013	kg	Indefinido				

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin.	Máx.	Comentario	
(Insertar línea aquí)							

Salidas							
Emisiones al aire							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Emisiones al agua							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin.	Máx.	Comentario
Waste water/m3		0,000299	m3	Indefinido			
Sulfuric acid		0,00002158	kg	Indefinido			H2SO4
Cyanide compounds		3,60239E-12	kg	Indefinido			Cianuro
Copper compounds		2,4046E-10	kg	Indefinido			Cobre
Nickel compounds		2,00533E-9	kg	Indefinido			
Iron		1,23532E-9	kg	Indefinido			Hierro
Oils, unspecified		5,49364E-8	kg	Indefinido			Grasas y Aceites
Emission, unspecified		7,83661E-7	kg	Indefinido			Otros

Universidad Industrial 001

Figura 38. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Documentación | Entrada/salida | Parámetros | Descripción del sistema

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos							
Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FG13 HIERRO	0,0013	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural	

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin.	Máx.	Comentario	
(Insertar línea aquí)							

Entradas							
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin.	Máx.	Comentario	
Water (Tap)	0,000234	m3	Indefinido				
FG10 HIERRO	0,0013	kg	Indefinido				

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin.	Máx.	Comentario	
(Insertar línea aquí)							

Salidas							
Emisiones al aire							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Emisiones al agua							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^*DSMin.	Máx.	Comentario
Waste water/m3		0,000234	m3	Indefinido			
Cyanide compounds		1,872E-12	kg	Indefinido			Cianuro
Copper compounds		2,02179E-10	kg	Indefinido			Cobre
Nickel compounds		1,1232E-10	kg	Indefinido			Niquel
Iron		3,80719E-10	kg	Indefinido			Hierro
Oils, unspecified		3,74306E-8	kg	Indefinido			Grasas y Aceites
Emission, unspecified		8,5159E-6	kg	Indefinido			Otros

Universidad Industrial 001

Figura 39. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario	
FG16 HIERRO	0,0013	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural		
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados								
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario	
Entradas								
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)								
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario	
Water (tap)	0,000403	m3	Indefinido					
FG13 HIERRO	0,0013	kg	Indefinido					
Sodium cyanide, at plant/RER U	0,00002028	kg	Indefinido				NaCN	
Copper product manufacturing, average metal working/RER U	1,01301E-5	kg	Indefinido				CuCN (70,84% Cobre)	
Hydrogen cyanide, at plant/RER U	4,16886E-6	kg	Indefinido				CuCN (29,1529% Cianuro)	
Crude iron ETH U	1,43E-10	kg	Indefinido				CuCN (0,001% Hierro)	
Tin I	1,43E-11	kg	Indefinido				CuCN (0,0001% Estaño)	
Zinc I	2,86E-10	kg	Indefinido				CuCN (0,002% Zinc)	
Nickel I	2,86E-10	kg	Indefinido				CuCN (0,002% Níquel)	
Lead I	2,86E-10	kg	Indefinido				CuCN (0,002% Plomo)	
Potassium hydroxide, at regional storage/RER U	1,2181E-6	kg	Indefinido				Sal de Rochelle	
Lubricating oil, at plant/RER U	7,11805E-7	kg	Indefinido				Alkabright	
Copper I	0,000007423	kg	Indefinido				Cobre metálico	
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)								
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario	
Energy South America I	25,1732	kJ	Indefinido					
Salidas								
Emisiones al aire								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
Cyanide compounds		3,4544E-5	kg	Indefinido				

Figura 40. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario	
FG18 HIERRO	0,0013	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural		
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos								
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario	
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados								
Entradas								
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)								
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario	
FG16 HIERRO	0,0013	kg	Indefinido					
Water (tap)	0,000234	m3	Indefinido					
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)								
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario	
Salidas								
Emisiones al aire								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
Emisiones al agua								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
Emisiones al suelo								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
Flujos finales de residuos								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario

Figura 41. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FG24 HIERRO	0,0013	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural	
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)							
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
FG 21 HIERRO	0,0013	kg	Indefinido				
Water (tap)	0,000195	m3	Indefinido				
H2SO4 ETH U	0,00002158	kg	Indefinido				
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)							
Emisiones al aire							
Emisiones al agua							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
Waste water/m3	0,000195	m3	Indefinido				
Sulfuric acid	0,000002158	kg	Indefinido				H2SO4
Cyanide compounds	9,12324E-9	kg	Indefinido				
Copper compounds	4,85397E-9	kg	Indefinido				
Nickel compounds	2,8753E-8	kg	Indefinido				
Iron	5,91344E-10	kg	Indefinido				
Oil, unspecified	2,78426E-8	kg	Indefinido				
Emission, unspecified	7,55135E-7	kg	Indefinido				

Figura 42. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FG27 HIERRO	0,0013	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural	
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)							
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
Water (tap)	0,000234	m3	Indefinido				
FG24 HIERRO	0,0013	kg	Indefinido				
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)							
Emisiones al aire							
Emisiones al agua							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
Waste water/m3	0,000234	m3	Indefinido				
Cyanide compounds	8,91072E-9	kg	Indefinido				
Copper compounds	1,56312E-9	kg	Indefinido				
Nickel compounds	1,11969E-8	kg	Indefinido				
Iron	5,26266E-10	kg	Indefinido				
Oil, unspecified	2,60161E-8	kg	Indefinido				Grasas y Aceites
Emission, unspecified	1,82379E-6	kg	Indefinido				Otros

Figura 43. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Productos

Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FG29 HIERRO	0,0013	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural	

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados

Entradas

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
FG27 HIERRO	0,0013	kg	Indefinido				
Water (tap)	0,000078	m3	Indefinido				
Lubricating oil, at plant/RER U	0,000175588	kg	Indefinido				Alkabright
Nickel, 99.5%, at plant/GLO U	3,12657E-5	kg	Indefinido				NI02 + NiSO4 + Base + Ánodo Ni
Boric acid, anhydrous, powder, at plant/RER U	0,000000858	kg	Indefinido				H3BO3

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
Energy South America 1	24,3243	kj	Indefinido				

Salidas

Emissiones al aire

Emissiones al agua

Emissiones al suelo

Flujos finales de residuos

Universidad Industrial 001

Figura 44. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Productos

Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FG31 HIERRO	0,0013	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural	

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados

Entradas

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
FG29 HIERRO	0,0013	kg	Indefinido				
Water (tap)	0,000234	m3	Indefinido				

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario

Salidas

Emissiones al aire

Emissiones al agua

Emissiones al suelo

Flujos finales de residuos

Universidad Industrial 001

Figura 45. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Productos

Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FG34 HIERRO	0,0013	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural	

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS°2 or 2°DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Entradas

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS°2 or 2°DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)								

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS°2 or 2°DS	Min.	Máx.	Comentario
FG31 HIERRO	0,0013	kg	Indefinido				
Water (tap)	0,000234	m3	Indefinido				

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS°2 or 2°DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Salidas

Emissiones al aire

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS°2 or 2°DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)								

Emissiones al agua

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS°2 or 2°DS	Min.	Máx.	Comentario
Waste water/m3		0,000234	m3	Indefinido				
Cyanide compounds		3,3228E-11	kg	Indefinido				
Nickel compounds		8,96103E-8	kg	Indefinido				
Iron		2,23938E-10	kg	Indefinido				
Oils, unspecified		3,42857E-8	kg	Indefinido				Grasas y Aceites
Emission, unspecified		6,15287E-7	kg	Indefinido				Otros

Figura 46. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Productos

Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FG37 HIERRO	0,0013533	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural	

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS°2 or 2°DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Entradas

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS°2 or 2°DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)								

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS°2 or 2°DS	Min.	Máx.	Comentario
FG34 HIERRO	0,0013	kg	Indefinido				
Water (tap)	0,000234	m3	Indefinido				

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS°2 or 2°DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Salidas

Emissiones al aire

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS°2 or 2°DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)								

Emissiones al agua

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS°2 or 2°DS	Min.	Máx.	Comentario
Waste water/m3		0,000234	m3	Indefinido				
Cyanide compounds		2,808E-11	kg	Indefinido				
Nickel compounds		5,05674E-9	kg	Indefinido				
Oils, unspecified		3,18029E-8	kg	Indefinido				Grasas y Aceites
Emission, unspecified		1,97113E-7	kg	Indefinido				Otros

Figura 47. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

The screenshot shows the Simapro 7.1 interface for material process 'FG39 HIERRO SECO'. The main window displays a table of input flows (Entradas) and output flows (Salidas). The 'Entradas' section includes:

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
FG37 HIERRO		0,0013533	kg	Indefinido				
Entradas conocidas desde la tecnología (materiales/combustibles)								
Entradas conocidas desde la tecnología (electricidad/calor)								
Energy South America I		0,091845	kj	Indefinido				

The 'Salidas' section includes:

Salidas conocidas a la tecnología. Productos y co-productos	Nombre	Cantidad	Unidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FG39 HIERRO SECO		0,0013	kg	100 %	no definido	Agricultural	

The interface also shows a menu bar with 'Archivo', 'Editar', 'Calculador', 'Herramientas', 'Ventana', and 'Ayuda'. The status bar at the bottom indicates 'Universidad Industrial 001' and the time '07:18 p.m.'.

Figura 48. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

The screenshot shows the Simapro 7.1 interface for material process 'FG4 HIERRO'. The main window displays a table of input flows (Entradas) and output flows (Salidas). The 'Entradas' section includes:

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
FG4 HIERRO		0,0013	kg	Mass	100 %	no definido		Agricultural
Entradas conocidas desde la tecnología (materiales/combustibles)								
Entradas conocidas desde la tecnología (electricidad/calor)								
Energy South America I		1,3728	kj	Indefinido				

The 'Salidas' section includes:

Emisiones al aire	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Mín.	Máx.	Comentario
Cyanide compounds		2,55983E-12	kg	Indefinido				
Waste water/m3		0,0000702	m3	Indefinido				
Copper compounds		1,01662E-10	kg	Indefinido				
Nickel compounds		3,54719E-11	kg	Indefinido				
Iron		1,04853E-10	kg	Indefinido				
Oil, unspecified		8,95579E-9	kg	Indefinido				
Emission, unspecified		1,3458E-7	kg	Indefinido				

The interface also shows a menu bar with 'Archivo', 'Editar', 'Calculador', 'Herramientas', 'Ventana', and 'Ayuda'. The status bar at the bottom indicates 'Universidad Industrial 001' and the time '07:18 p.m.'.

Figura 49. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

The screenshot displays the Simapro 7.1 interface for material process 'FG7 HIERRO'. The window title is 'NexusDB@192.168.39.205(Default)Professional: FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L - [Editar material proceso 'FG7 HIERRO']'. The menu bar includes Archivo, Editar, Calcular, Herramientas, Ventana, and Ayuda. The main window is divided into several sections:

- Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos:** A table with columns: Nombre, Cantidad, Unidad, Cantidad, Pct., Tipo de residuo, Categoría, Comentario. The entry 'FG7 HIERRO' is highlighted with a quantity of 0,0013 kg and a percentage of 100%.
- Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados:** A table with columns: Nombre, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario.
- Entradas:** A section header for input flows.
- Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos):** A table with columns: Nombre, Subcompartimento, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario.
- Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles):** A table with columns: Nombre, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario. Entries include 'FG4 HIERRO' (0,0013 kg) and 'Water (tap)' (0,000234 m3).
- Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor):** A table with columns: Nombre, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario.
- Salidas:** A section header for output flows.
- Emisiones al aire:** A table with columns: Nombre, Subcompartimento, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario.
- Emisiones al agua:** A table with columns: Nombre, Subcompartimento, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario. Entries include 'Waste water/m3' (0,000234 m3), 'Copper compounds' (1,7316E-10 kg), 'Nickel compounds' (1,3221E-9 kg), 'Iron' (1,11852E-10 kg), 'Oils, unspecified' (3,35895E-8 kg), and 'Emission, unspecified' (4,51524E-7 kg).

The bottom status bar shows 'Universidad Industrial 001' and the system clock '07:18 p.m.'.

Figura 50. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

The screenshot displays the Simapro 7.1 interface for material process 'FP10 PUNTILLA ANILLADA'. The window title is 'NexusDB@192.168.39.205(Default)Professional: FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L - [Editar material proceso 'FP10 PUNTILLA ANILLADA']'. The menu bar includes Archivo, Editar, Calcular, Herramientas, Ventana, and Ayuda. The main window is divided into several sections:

- Productos:** A section header for products.
- Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos:** A table with columns: Nombre, Cantidad, Unidad, Cantidad, Pct., Tipo de residuo, Categoría, Comentario. The entry 'FP10 PUNTILLA ANILLADA' is highlighted with a quantity of 0,000256 kg and a percentage of 100%.
- Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados:** A table with columns: Nombre, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario.
- Entradas:** A section header for input flows.
- Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos):** A table with columns: Nombre, Subcompartimento, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario.
- Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles):** A table with columns: Nombre, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario. Entries include 'FP8 PUNTILLA LISA SECA' (0,000235 kg) and 'Lubricating oil, at plant/RER U' (0,000002329 kg).
- Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor):** A table with columns: Nombre, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario. The entry 'Energy South America I' has a quantity of 0,11985 kJ.
- Salidas:** A section header for output flows.
- Emisiones al aire:** A table with columns: Nombre, Subcompartimento, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario.
- Emisiones al agua:** A table with columns: Nombre, Subcompartimento, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario.
- Emisiones al suelo:** A table with columns: Nombre, Subcompartimento, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario.
- Flujos finales de residuos:** A table with columns: Nombre, Subcompartimento, Cantidad, Unidad, Distribución, DS^2 or 2^DS, Mín., Máx., Comentario.

The bottom status bar shows 'Universidad Industrial 001' and the system clock 'lunes, 26 de noviembre de 2012 07:19 p.m.'.

Figura 51. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

The screenshot displays the Simapro 7.1 interface for process 'FP13 PUNTILLA ANILLADA HÚMEDA'. The main window is divided into several sections: 'Productos', 'Salidas conocidas a la tecnósfera', 'Entradas', 'Entradas conocidas desde la naturaleza', 'Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)', 'Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)', 'Salidas', 'Emisiones al aire', 'Emisiones al agua', and 'Emisiones al suelo'. The 'Entradas' section is the primary focus, showing a table of input materials.

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Min.	Máx.	Comentario
FP10 PUNTILLA ANILLADA		0,000256	kg	Indefinido				
Water (tap)		0,0000758	m3	Indefinido				
Phosphoric acid, industrial grade, 85% in H2O, at plant/RER U		0,0000363	kg	Indefinido				ULTRADIT
Energy South America I		0,01024	kj	Indefinido				

Figura 52. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

The screenshot displays the Simapro 7.1 interface for process 'FP15 PUNTILLA ANILLADA SECA'. The main window is divided into several sections: 'Productos', 'Salidas conocidas a la tecnósfera', 'Entradas', 'Entradas conocidas desde la naturaleza', 'Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)', 'Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)', 'Salidas', 'Emisiones al aire', 'Emisiones al agua', 'Emisiones al suelo', and 'Flujos finales de residuos'. The 'Entradas' section is the primary focus, showing a table of input materials.

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Min.	Máx.	Comentario
FP13 PUNTILLA ANILLADA HÚMEDA		0,000226	kg	Indefinido				
Energy South America I		0,02034	kj	Indefinido				

Figura 53. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

The screenshot displays the Simapro 7.1 interface for material process 'FP17 PUNTILLA FINAL'. The main window is divided into several sections for data entry and viewing:

- Productos:** A table listing products with columns for Name, Quantity, Unit, Percentage, Residue Type, and Category.

Nombre	Cantidad	Unidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FP17 PUNTILLA FINAL	0,000205	kg	100 %	no definido	Agricultural	
FP16 RESIDUOS DE ALUMINIO	0,0000262	kg	0 %	no definido	Agricultural	
- Entradas:** Sections for 'Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)', 'Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)', and 'Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)'. Each section has a table with columns for Name, Subcompartment, Quantity, Unit, Distribution, and other parameters. The 'Entradas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)' section contains one entry:

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS*2 or 2*DS	Mín.	Máx.	Comentario
FP15 PUNTILLA ANILLADA SECA		0,000205	kg	Indefinido				
- Salidas:** Sections for 'Emisiones al aire', 'Emisiones al agua', 'Emisiones al suelo', and 'Flujos finales de residuos'. Each section has a table with columns for Name, Subcompartment, Quantity, Unit, Distribution, and other parameters. All these sections currently show '(Insertar línea aquí)' as a placeholder.

Figura 54. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

This screenshot is identical to the one above, showing the Simapro 7.1 interface for material process 'FP17 PUNTILLA FINAL'. It displays the same data tables for products, inputs, and outputs, with the 'Entradas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)' section containing the entry for 'FP15 PUNTILLA ANILLADA SECA'.

Figura 55. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

The screenshot displays the Simapro 7.1 interface for the process 'FP3 PUNTILLA LISA ACEITADA'. The main window is divided into several sections: 'Productos', 'Salidas conocidas a la tecnósfera', 'Entradas', and 'Salidas'. The 'Entradas' section is the primary focus, showing the following data:

Entradas								
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)								
Nombre		Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
Aluminum, secondary, from new scrap, at plant/RER U		0,000235	kg	Indefinido				
Lubricating oil, at plant/RER U		0,00000279	kg	Indefinido				
(Insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)								
Nombre		Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
Energy South America I		0,07285	kj	Indefinido				
(Insertar línea aquí)								

The 'Salidas' section shows emissions to air, water, and soil, and final residue flows, all currently blank for this process.

Figura 56. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

The screenshot displays the Simapro 7.1 interface for the process 'FP6 PUNTILLA LISA HÚMEDA'. The 'Entradas' section is populated with the following data:

Entradas								
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)								
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)								
Nombre		Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
FP3 PUNTILLA LISA ACEITADA		0,000251	kg	Indefinido				
Water (tap)		0,0000758	m3	Indefinido				ASUMIENDO DENSIDAD = 1
Phosphoric acid, industrial grade, 85% in H2O, at plant/RER U		0,0000363	kg	Indefinido				ULTRADIT
(Insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)								
Nombre		Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
Energy South America I		0,01004	kj	Indefinido				
(Insertar línea aquí)								

The 'Salidas' section shows emissions to air, water, and soil, and final residue flows, all currently blank for this process.

Figura 57. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Productos

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos

Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FP8 PUNTILLA LISA SECA	0,000235	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural	

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados

Entradas

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
FP6 PUNTILLA LISA HUMEDA	0,000251	kg	Indefinido				

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
Energy South America I	0,02259	kj	Indefinido				

Salidas

Emissiones al aire

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
water		0,0000157	kg	Indefinido				

Emissiones al agua

Emissiones al suelo

Flujos finales de residuos

Universidad Industrial 001

Figura 58. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

Productos

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos

Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FT4 TAPA	0,0007	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural	Sea asigna todo el impacto a las tapas ya que estas constituyen el objetivo económico de st proceso.
FT3 RESIDUOS DE HIERRO	0,0005	kg	Mass	0 %	no definido	Agricultural	Estos residuos son vendidos a un reciclador.

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados

Entradas

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
GG15 I	0,0012	kg	Indefinido				
Lubricating oil, at plant/RER U	0,00028546	kg	Indefinido				Valvulina SAE 250 + Taladrina
Water (tap)	0,0000758	m3	Indefinido				

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
Energy South America I	1,57	kj	Indefinido				

Salidas

Emissiones al aire

Emissiones al agua

Emissiones al suelo

Universidad Industrial 001

Figura 59. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

The screenshot shows the Simapro 7.1 interface for process 'FT4 TAPA'. The 'Entradas' (Inputs) section is expanded, showing the following data:

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)								
Nombre		Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
GG15 I		0,0012	kg	Indefinido				
Lubricating oil, at plant/RER.U		0,00028546	kg	Indefinido				Valvulina SAE 250 + Taladrina
Water (tap)		0,0000758	m3	Indefinido				
(Insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)								
Nombre		Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
Energy South America I		1,57	kJ	Indefinido				
(Insertar línea aquí)								

Figura 60. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

The screenshot shows the Simapro 7.1 interface for process 'FT6 CUERPO'. The 'Entradas' (Inputs) section is expanded, showing the following data:

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)								
Nombre		Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
GG15 I		0,001	kg	Indefinido				Lámina de hierro fundido
Lubricating oil, at plant/RER.U		0,00028546	kg	Indefinido				Valvulina SAE - 250 + Taladrina
Water (tap)		0,0000758	m3	Indefinido				
(Insertar línea aquí)								
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)								
Nombre		Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^o 2 or 2 ^o DS	Mín.	Máx.	Comentario
Energy South America I		1,57	kJ	Indefinido				
(Insertar línea aquí)								

Figura 61. Corrientes de entrada procesadas en simapro 7.1.

NexusDB@192.168.39.205(Default:Professional; FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L - [Editar material proceso 'FT6 CUERPO']

Archivo Editar Calcular Herramientas Ventana Ayuda

Documentación Entrada/salida Parámetros Descripción del sistema

Productos

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos

Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Pct.	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
FT6 CUERPO	0,0006	kg	Mass	100 %	no definido	Agricultural	
FT5 RESIDUOS DE HIERRO	0,0004	kg	Mass	0 %	no definido	Agricultural	
(Insertar línea aquí)							

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Entradas

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)								

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Min.	Máx.	Comentario
GG15 I	0,001	kg	Indefinido				Lámina de hierro fundido
Lubricating oil, at plant/RER U	0,00028546	kg	Indefinido				Valvula SAE - 250 + Taladrina
Water (tap)	0,0000758	m3	Indefinido				
(Insertar línea aquí)							

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)

Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Min.	Máx.	Comentario
Energy South America I	1,57	kj	Indefinido				
(Insertar línea aquí)							

Salidas

Emissiones al aire

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)								

Emissiones al agua

Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)								

Emissiones al suelo

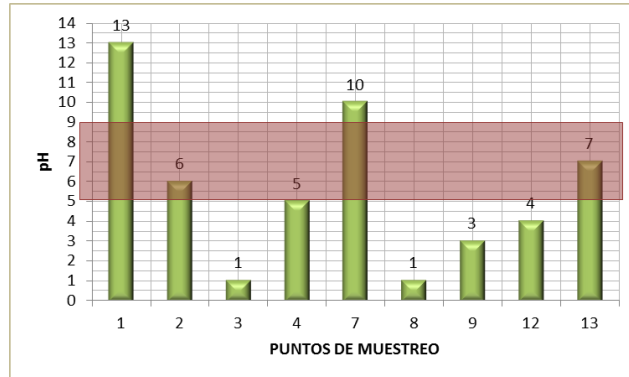
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS^2 or 2^DS	Min.	Máx.	Comentario
(Insertar línea aquí)								

Universidad Industrial 001

SimaPro 7 PANTALLASOS SIM... ES 07:23 p.m.

ANEXO G.

Figura 62. Niveles de pH en los puntos de muestreo para el proceso unitario de galvanizado y rango permitido.



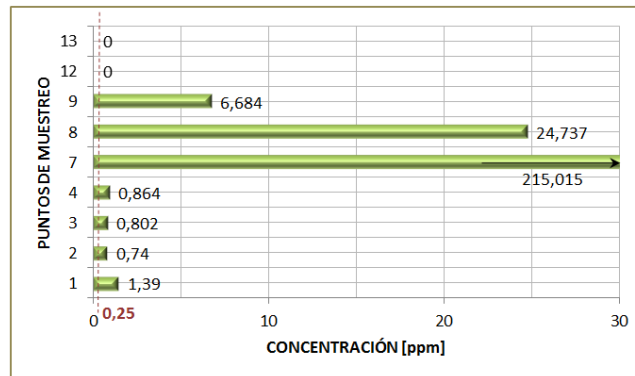
Fuente: [Rangel y Rodríguez, 2012].

Puntos de muestreo:

Punto	Operación
1	Desengrase electrolítico
2	Enjuague con agua
3	Neutralizado con H ₂ SO ₄
4	Enjuague tipo cascada
5	Baño de cobre
6	Enjuague recuperador
7	Enjuague con agua
8	Neutralizado con H ₂ SO ₄
9	Enjuague con agua
10	Baño de níquel
11	Enjuague recuperador
12	Enjuague tipo cascada
13	Enjuague final
14	Secado centrífugo

ANEXO H.

Figura 63. Concentraciones de cobre.



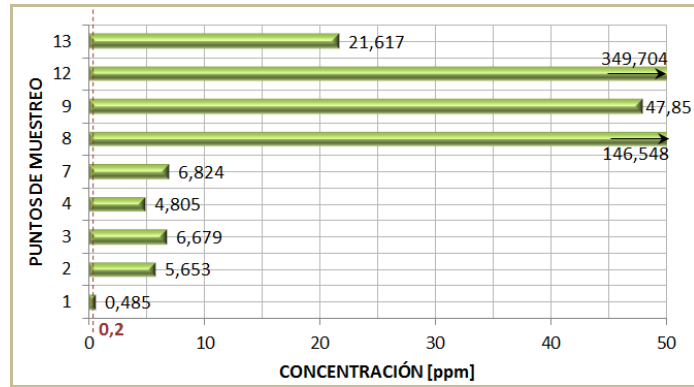
Fuente: [Rangel y Rodríguez, 2012].

Puntos de muestreo:

Punto	Operación
1	Desengrase electrolítico
2	Enjuague con agua
3	Neutralizado con H ₂ SO ₄
4	Enjuague tipo cascada
7	Enjuague con agua
8	Neutralizado con H ₂ SO ₄
9	Enjuague con agua
12	Enjuague tipo cascada
13	Enjuague final

ANEXO I.

Figura 64. Concentraciones de níquel.



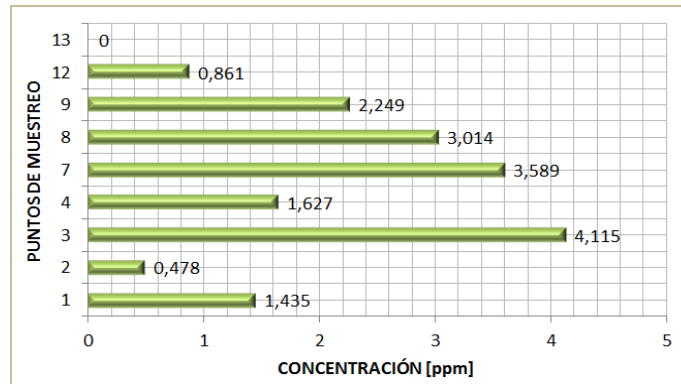
Fuente: [Rangel y Rodríguez, 2012].

Puntos de muestreo:

Punto	Operación
1	Desengrase electrolítico
2	Enjuague con agua
3	Neutralizado con H_2SO_4
4	Enjuague tipo cascada
7	Enjuague con agua
8	Neutralizado con H_2SO_4
9	Enjuague con agua
12	Enjuague tipo cascada
13	Enjuague final

ANEXO J.

Figura 65. Concentraciones de hierro.



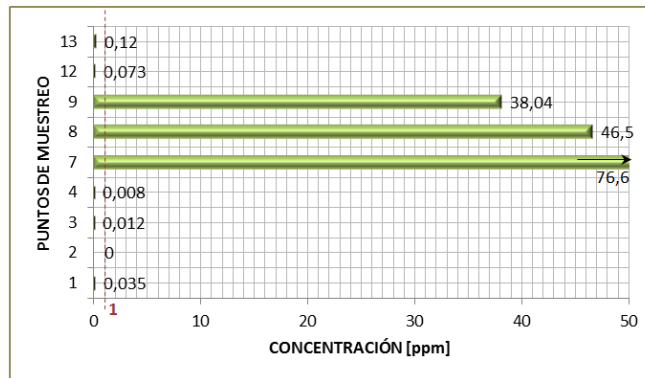
Fuente: [Rangel y Rodríguez, 2012].

Puntos de muestreo:

Punto	Operación
1	Desengrase electrolítico
2	Enjuague con agua
3	Neutralizado con H_2SO_4
4	Enjuague tipo cascada
7	Enjuague con agua
8	Neutralizado con H_2SO_4
9	Enjuague con agua
12	Enjuague tipo cascada
13	Enjuague final

ANEXO K.

Figura 66. Resultados análisis de cianuros.



Fuente: [Rangel y Rodríguez, 2012].

Puntos de muestreo:

Punto	Operación
1	Desengrase electrolítico
2	Enjuague con agua
3	Neutralizado con H ₂ SO ₄
4	Enjuague tipo cascada
7	Enjuague con agua
8	Neutralizado con H ₂ SO ₄
9	Enjuague con agua
12	Enjuague tipo cascada
13	Enjuague final

ANEXO L.

Tabla 20. Caracterización de la categoría de impacto Acidificación para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1		Inventario	Fecha:	26/11/2012	Período:	06:47:11 p.m.
Proyecto		FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L				
Título:		Analizando 1 p (TROQUELADO)				
Método:		EPD 2007 (draft version) V1.02				
Indicador:		Caracterización				
Categoría:		Acidification				
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	TROQUELADO	
	Total					
			kg SO ₂ eq	1,67765E-05	1,67765E-05	
1	Ammonia	Aire	kg SO ₂ eq	2,0702E-08	2,0702E-08	
2	Nitrogen dioxide	Aire	kg SO ₂ eq	4,11204E-07	4,11204E-07	
3	Nitrogen oxides	Aire	kg SO ₂ eq	4,17309E-06	4,17309E-06	
4	Sulfur dioxide	Aire	kg SO ₂ eq	1,02081E-05	1,02081E-05	
5	Sulfur oxides	Aire	kg SO ₂ eq	1,96339E-06	1,96339E-06	

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 21. Caracterización de la categoría de impacto Acidificación para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1		Inventario	Fecha:	27/11/2012	Período:	02:37:39 p.m.
Proyecto		FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L				
Título:		Analizando 1 p (GALVANIZADO)				
Método:		EPD 2007 (draft version) V1.02				
Indicador:		Caracterización				
Categoría:		Acidification				
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	GALVANIZADO	
	Total					
			kg SO ₂ eq	0,000100729	0,000100729	
1	Ammonia	Aire	kg SO ₂ eq	4,244E-07	4,244E-07	
2	Nitrogen dioxide	Aire	kg SO ₂ eq	4,02952E-06	4,02952E-06	
3	Nitrogen oxides	Aire	kg SO ₂ eq	6,19431E-06	6,19431E-06	
4	Sulfur dioxide	Aire	kg SO ₂ eq	7,03393E-05	7,03393E-05	
5	Sulfur oxides	Aire	kg SO ₂ eq	1,97416E-05	1,97416E-05	

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 22. Caracterización de la categoría de impacto Eutrofización para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1 Proyecto: FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L Título: Analizando 1 p (TROQUELADO) Método: EPD 2007 (draft version) V1.02 Indicador: Caracterización Categoría: Eutrophication					
		Fecha:	26/11/2012	Período:	06:47:47 p.m.
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	TROQUELADO
	Total		kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	1,48943E-06	1,48943E-06
1	Ammonia	Aire	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	4,52856E-09	4,52856E-09
2	Ammonium carbonate	Aire	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	1,41904E-14	1,41904E-14
3	Nitrate	Aire	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	5,50649E-14	5,50649E-14
4	Nitrogen dioxide	Aire	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	1,06913E-07	1,06913E-07
5	Nitrogen oxides	Aire	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	1,085E-06	1,085E-06
6	Phosphorus	Aire	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	7,20298E-11	7,20298E-11
7	Phosphorus, total	Aire	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	6,92051E-13	6,92051E-13
8	Ammonium, ion	Agua	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	1,54422E-09	1,54422E-09
9	COD, Chemical Oxygen Demand	Agua	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	2,6519E-07	2,6519E-07
10	Nitrate	Agua	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	9,22595E-10	9,22595E-10
11	Nitrite	Agua	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	3,37735E-12	3,37735E-12
12	Nitrogen	Agua	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	1,6179E-09	1,6179E-09
13	Nitrogen, total	Agua	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	8,14542E-11	8,14542E-11
14	Phosphate	Agua	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	1,85903E-08	1,85903E-08
15	Phosphorus	Agua	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	8,86407E-10	8,86407E-10
16	Phosphorus, total	Agua	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	1,65405E-14	1,65405E-14
17	Phosphorus	Suelo	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	4,06951E-09	4,06951E-09
18	Phosphorus, total	Suelo	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	1,72848E-12	1,72848E-12

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 23. Caracterización de la categoría de impacto Eutrofización para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1	Inventario	Fecha:	26/11/2012	Período:	06:38:59 p.m.
Proyecto	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L				
Título:	Analizando 1 p (GALVANIZADO)				
Método:	EPD 2007 (draft version) V1.02				
Indicador:	Caracterización				
Categoría:	Eutrophication				
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	GALVANIZADO
	Total		kg PO ₄ --- eq	3,24481E-06	3,24481E-06
1	Ammonia	Aire	kg PO ₄ --- eq	9,28376E-08	9,28376E-08
2	Ammonium carbonate	Aire	kg PO ₄ --- eq	2,87069E-14	2,87069E-14
3	Nitrate	Aire	kg PO ₄ --- eq	2,77015E-12	2,77015E-12
4	Nitrogen dioxide	Aire	kg PO ₄ --- eq	1,04768E-06	1,04768E-06
5	Nitrogen oxides	Aire	kg PO ₄ --- eq	1,61052E-06	1,61052E-06
6	Phosphorus	Aire	kg PO ₄ --- eq	1,56585E-10	1,56585E-10
7	Phosphorus, total	Aire	kg PO ₄ --- eq	1,41926E-11	1,41926E-11
8	Ammonium, ion	Agua	kg PO ₄ --- eq	8,34691E-09	8,34691E-09
9	COD, Chemical Oxygen Demand	Agua	kg PO ₄ --- eq	4,06176E-07	4,06176E-07
10	Nitrate	Agua	kg PO ₄ --- eq	3,16489E-09	3,16489E-09
11	Nitrite	Agua	kg PO ₄ --- eq	2,17403E-11	2,17403E-11
12	Nitrogen	Agua	kg PO ₄ --- eq	2,96295E-09	2,96295E-09
13	Nitrogen, total	Agua	kg PO ₄ --- eq	2,8465E-10	2,8465E-10
14	Phosphate	Agua	kg PO ₄ --- eq	4,48735E-08	4,48735E-08
15	Phosphorus	Agua	kg PO ₄ --- eq	2,16764E-08	2,16764E-08
16	Phosphorus, total	Agua	kg PO ₄ --- eq	1,65562E-14	1,65562E-14
17	Phosphorus	Suelo	kg PO ₄ --- eq	6,05644E-09	6,05644E-09
18	Phosphorus, total	Suelo	kg PO ₄ --- eq	3,49891E-11	3,49891E-11

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 24. Caracterización de la categoría de impacto Calentamiento global para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1 Proyecto: FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L Título: Analizando 1 p (TROQUELADO) Método: EPD 2007 (draft version) V1.02 Indicador: Caracterización Categoría: Global warming (GWP100)					
Inventario		Fecha:	26/11/2012	Período:	06:45:21 p.m.
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	TROQUELADO
Total			kg CO ₂ eq	0,001909443	0,001909443
1	Carbon dioxide, in air	Crudo	kg CO ₂ eq	-8,08528E-06	-8,08528E-06
2	Carbon dioxide	Aire	kg CO ₂ eq	0,001272055	0,001272055
3	Carbon dioxide, biogenic	Aire	kg CO ₂ eq	7,48924E-06	7,48924E-06
4	Carbon dioxide, fossil	Aire	kg CO ₂ eq	0,000559485	0,000559485
5	Carbon dioxide, land transformation	Aire	kg CO ₂ eq	2,17075E-08	2,17075E-08
6	Carbon monoxide	Aire	kg CO ₂ eq	2,56873E-05	2,56873E-05
7	Carbon monoxide, biogenic	Aire	kg CO ₂ eq	3,84146E-08	3,84146E-08
8	Carbon monoxide, fossil	Aire	kg CO ₂ eq	1,35115E-06	1,35115E-06
9	Chloroform	Aire	kg CO ₂ eq	1,03562E-11	1,03562E-11
10	Dinitrogen monoxide	Aire	kg CO ₂ eq	3,43776E-06	3,43776E-06
11	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Aire	kg CO ₂ eq	1,73235E-11	1,73235E-11
12	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Aire	kg CO ₂ eq	7,28169E-14	7,28169E-14
13	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Aire	kg CO ₂ eq	1,9497E-10	1,9497E-10
14	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Aire	kg CO ₂ eq	9,77109E-11	9,77109E-11
15	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Aire	kg CO ₂ eq	2,05413E-08	2,05413E-08
16	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Aire	kg CO ₂ eq	1,01618E-07	1,01618E-07
17	Methane	Aire	kg CO ₂ eq	3,5184E-06	3,5184E-06
18	Methane, biogenic	Aire	kg CO ₂ eq	1,06506E-07	1,06506E-07
19	Methane, bromo-, Halon 1001	Aire	kg CO ₂ eq	2,42004E-20	2,42004E-20
20	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Aire	kg CO ₂ eq	3,88061E-09	3,88061E-09
21	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Aire	kg CO ₂ eq	2,0338E-07	2,0338E-07
22	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Aire	kg CO ₂ eq	2,01685E-08	2,01685E-08
23	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Aire	kg CO ₂ eq	1,1724E-11	1,1724E-11
24	Methane, dichloro-, HCC-30	Aire	kg CO ₂ eq	3,0065E-13	3,0065E-13
25	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Aire	kg CO ₂ eq	6,03471E-10	6,03471E-10
26	Methane, fossil	Aire	kg CO ₂ eq	4,30542E-05	4,30542E-05
27	Methane, monochloro-, R-40	Aire	kg CO ₂ eq	2,25647E-13	2,25647E-13
28	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Aire	kg CO ₂ eq	1,08102E-09	1,08102E-09
29	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Aire	kg CO ₂ eq	3,79399E-07	3,79399E-07
30	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Aire	kg CO ₂ eq	2,9392E-11	2,9392E-11
31	Methane, trifluoro-, HFC-23	Aire	kg CO ₂ eq	4,12834E-10	4,12834E-10
32	Sulfur hexafluoride	Aire	kg CO ₂ eq	5,52083E-07	5,52083E-07

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 25. Caracterización de la categoría de impacto Calentamiento global para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1 Inventario Fecha: 26/11/2012 Período: 06:36:43 p.m. Proyecto FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L Título: Analizando 1 p (GALVANIZADO) Método: EPD 2007 (draft version) V1.02 Indicador: Caracterización Categoría: Global warming (GWP100)					
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	GALVANIZADO
	Total		kg CO ₂ eq	0,006985471	0,006985471
1	Carbon dioxide, in air	Crudo	kg CO ₂ eq	-1,95577E-05	-1,95577E-05
2	Carbon dioxide	Aire	kg CO ₂ eq	0,005605596	0,005605596
3	Carbon dioxide, biogenic	Aire	kg CO ₂ eq	2,03376E-05	2,03376E-05
4	Carbon dioxide, fossil	Aire	kg CO ₂ eq	0,001211905	0,001211905
5	Carbon dioxide, land transformation	Aire	kg CO ₂ eq	4,11444E-08	4,11444E-08
6	Carbon monoxide	Aire	kg CO ₂ eq	2,68965E-05	2,68965E-05
7	Carbon monoxide, biogenic	Aire	kg CO ₂ eq	1,23708E-07	1,23708E-07
8	Carbon monoxide, fossil	Aire	kg CO ₂ eq	3,22471E-06	3,22471E-06
9	Chloroform	Aire	kg CO ₂ eq	2,69433E-11	2,69433E-11
10	Dinitrogen monoxide	Aire	kg CO ₂ eq	1,28841E-05	1,28841E-05
11	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Aire	kg CO ₂ eq	3,63717E-11	3,63717E-11
12	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Aire	kg CO ₂ eq	1,62471E-13	1,62471E-13
13	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Aire	kg CO ₂ eq	4,42223E-10	4,42223E-10
14	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Aire	kg CO ₂ eq	2,58648E-10	2,58648E-10
15	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Aire	kg CO ₂ eq	7,36776E-08	7,36776E-08
16	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Aire	kg CO ₂ eq	3,24043E-07	3,24043E-07
17	Methane	Aire	kg CO ₂ eq	1,37935E-05	1,37935E-05
18	Methane, biogenic	Aire	kg CO ₂ eq	3,12888E-07	3,12888E-07
19	Methane, bromo-, Halon 1001	Aire	kg CO ₂ eq	6,19811E-20	6,19811E-20
20	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Aire	kg CO ₂ eq	7,38996E-09	7,38996E-09
21	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Aire	kg CO ₂ eq	2,93698E-07	2,93698E-07
22	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Aire	kg CO ₂ eq	3,97378E-08	3,97378E-08
23	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Aire	kg CO ₂ eq	2,4067E-10	2,4067E-10
24	Methane, dichloro-, HCC-30	Aire	kg CO ₂ eq	2,3704E-12	2,3704E-12
25	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Aire	kg CO ₂ eq	3,92249E-09	3,92249E-09
26	Methane, fossil	Aire	kg CO ₂ eq	0,00010695	0,00010695
27	Methane, monochloro-, R-40	Aire	kg CO ₂ eq	5,05495E-13	5,05495E-13
28	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Aire	kg CO ₂ eq	3,24101E-09	3,24101E-09
29	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Aire	kg CO ₂ eq	1,24332E-06	1,24332E-06
30	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Aire	kg CO ₂ eq	5,88897E-10	5,88897E-10
31	Methane, trifluoro-, HFC-23	Aire	kg CO ₂ eq	1,0889E-09	1,0889E-09
32	Sulfur hexafluoride	Aire	kg CO ₂ eq	9,72737E-07	9,72737E-07

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 26. Caracterización de la categoría de impacto Energía Fósil no renovable para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1 Proyecto: FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L Título: Analizando 1 p (TROQUELADO) Método: EPD 2007 (draft version) V1.02 Indicador: Caracterización Categoría: Non renewable, fossil					
Inventario		Fecha:	26/11/2012	Período:	06:48:32 p.m.
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	TROQUELADO
	Total		MJ eq	0,069105527	0,069105527
1	Coal, 18 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	0,00032788	0,00032788
2	Coal, 29.3 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	0,015122985	0,015122985
3	Coal, brown, 8 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	1,18678E-05	1,18678E-05
4	Coal, brown, in ground	Crudo	MJ eq	0,001692701	0,001692701
5	Coal, hard, unspecified, in ground	Crudo	MJ eq	0,001508859	0,001508859
6	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg	Crudo	MJ eq	8,99151E-08	8,99151E-08
7	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Crudo	MJ eq	1,90974E-05	1,90974E-05
8	Gas, natural, 30.3 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	0,001770626	0,001770626
9	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Crudo	MJ eq	0,000775686	0,000775686
10	Gas, natural, in ground	Crudo	MJ eq	0,003601504	0,003601504
11	Gas, off-gas, oil production, in ground	Crudo	MJ eq	1,84848E-06	1,84848E-06
12	Gas, petroleum, 35 MJ per m3, in ground	Crudo	MJ eq	8,9133E-07	8,9133E-07
13	Methane	Crudo	MJ eq	4,95923E-06	4,95923E-06
14	Oil, crude, 41 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	0,00274228	0,00274228
15	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	5,72884E-05	5,72884E-05
16	Oil, crude, 42.7 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	0,004398553	0,004398553
17	Oil, crude, in ground	Crudo	MJ eq	0,03706841	0,03706841
18	Peat, in ground	Crudo	MJ eq	0	0

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 27. Caracterización de la categoría de impacto Energía Fósil no renovable para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1	Inventario	Fecha:	27/11/2012	Período:	02:38:30 p.m.
Proyecto	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L				
Título:	Analizando 1 p (GALVANIZADO)				
Método:	EPD 2007 (draft version) V1.02				
Indicador:	Caracterización				
Categoría:	Non renewable, fossil				
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	GALVANIZADO
	Total		MJ eq	0,146140717	0,146140717
1	Coal, 18 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	0,000472399	0,000472399
2	Coal, 29.3 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	0,017810105	0,017810105
3	Coal, brown, 8 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	0,000154128	0,000154128
4	Coal, brown, in ground	Crudo	MJ eq	0,003534105	0,003534105
5	Coal, hard, unspecified, in ground	Crudo	MJ eq	0,003481862	0,003481862
6	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg	Crudo	MJ eq	1,83988E-06	1,83988E-06
7	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Crudo	MJ eq	4,39525E-05	4,39525E-05
8	Gas, natural, 30.3 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	0,01196321	0,01196321
9	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Crudo	MJ eq	0,010613759	0,010613759
10	Gas, natural, in ground	Crudo	MJ eq	0,007686513	0,007686513
11	Gas, off-gas, oil production, in ground	Crudo	MJ eq	1,85024E-06	1,85024E-06
12	Gas, petroleum, 35 MJ per m3, in ground	Crudo	MJ eq	1,81001E-05	1,81001E-05
13	Methane	Crudo	MJ eq	4,96396E-06	4,96396E-06
14	Oil, crude, 41 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	0,034409774	0,034409774
15	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	0,00033931	0,00033931
16	Oil, crude, 42.7 MJ per kg, in ground	Crudo	MJ eq	0,004941901	0,004941901
17	Oil, crude, in ground	Crudo	MJ eq	0,050662944	0,050662944
18	Peat, in ground	Crudo	MJ eq	0	0

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 28. Caracterización de la categoría de impacto Oxidación Fotoquímica para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1 Inventario Fecha: 26/11/2012 Período: 06:46:38 p.m. Proyecto FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L Título: Analizando 1 p (TROQUELADO) Método: EPD 2007 (draft version) V1.02 Indicador: Caracterización Categoría: Photochemical oxidation					
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	TROQUELADO
	Total				
			kg C ₂ H ₄	4,60157E-06	4,60157E-06
1	1-Propanol	Aire	kg C ₂ H ₄	2,83361E-15	2,83361E-15
2	2-Propanol	Aire	kg C ₂ H ₄	2,49343E-11	2,49343E-11
3	Acetaldehyde	Aire	kg C ₂ H ₄	7,58988E-11	7,58988E-11
4	Acetic acid	Aire	kg C ₂ H ₄	9,17879E-11	9,17879E-11
5	Acetone	Aire	kg C ₂ H ₄	2,2916E-11	2,2916E-11
6	Benzaldehyde	Aire	kg C ₂ H ₄	-4,98199E-15	-4,98199E-15
7	Benzene	Aire	kg C ₂ H ₄	2,08477E-09	2,08477E-09
8	Benzene, ethyl-	Aire	kg C ₂ H ₄	1,97636E-09	1,97636E-09
9	Butadiene	Aire	kg C ₂ H ₄	3,49104E-15	3,49104E-15
10	Butane	Aire	kg C ₂ H ₄	1,83891E-08	1,83891E-08
11	Carbon monoxide	Aire	kg C ₂ H ₄	4,53306E-07	4,53306E-07
12	Carbon monoxide, biogenic	Aire	kg C ₂ H ₄	6,77905E-10	6,77905E-10
13	Carbon monoxide, fossil	Aire	kg C ₂ H ₄	2,38439E-08	2,38439E-08
14	Chloroform	Aire	kg C ₂ H ₄	7,93979E-15	7,93979E-15
15	Cumene	Aire	kg C ₂ H ₄	4,58104E-11	4,58104E-11
16	Ethane	Aire	kg C ₂ H ₄	3,54544E-09	3,54544E-09
17	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Aire	kg C ₂ H ₄	4,68109E-18	4,68109E-18
18	Ethanol	Aire	kg C ₂ H ₄	5,17904E-11	5,17904E-11
19	Ethene	Aire	kg C ₂ H ₄	2,72501E-09	2,72501E-09
20	Ethene, tetrachloro-	Aire	kg C ₂ H ₄	3,74834E-17	3,74834E-17
21	Ethyl acetate	Aire	kg C ₂ H ₄	1,28666E-10	1,28666E-10
22	Ethyne	Aire	kg C ₂ H ₄	2,0535E-12	2,0535E-12
23	Formaldehyde	Aire	kg C ₂ H ₄	1,90403E-09	1,90403E-09
24	Formic acid	Aire	kg C ₂ H ₄	1,44942E-13	1,44942E-13
25	Heptane	Aire	kg C ₂ H ₄	5,56714E-09	5,56714E-09
26	Hexane	Aire	kg C ₂ H ₄	1,18494E-08	1,18494E-08
27	Hydrocarbons, unspecified	Aire	kg C ₂ H ₄	4,3222E-07	4,3222E-07
28	Isoprene	Aire	kg C ₂ H ₄	5,40813E-14	5,40813E-14
29	m-Xylene	Aire	kg C ₂ H ₄	5,95813E-12	5,95813E-12
30	Methane	Aire	kg C ₂ H ₄	9,17844E-10	9,17844E-10
31	Methane, biogenic	Aire	kg C ₂ H ₄	2,77841E-11	2,77841E-11
32	Methane, dichloro-, HCC-30	Aire	kg C ₂ H ₄	2,04442E-15	2,04442E-15
33	Methane, fossil	Aire	kg C ₂ H ₄	1,12315E-08	1,12315E-08
34	Methane, monochloro-, R-40	Aire	kg C ₂ H ₄	7,05146E-17	7,05146E-17
35	Methanol	Aire	kg C ₂ H ₄	5,32652E-11	5,32652E-11
36	Methyl ethyl ketone	Aire	kg C ₂ H ₄	2,29629E-10	2,29629E-10
37	Methyl formate	Aire	kg C ₂ H ₄	4,07689E-17	4,07689E-17
38	Nitrogen dioxide	Aire	kg C ₂ H ₄	2,30274E-08	2,30274E-08
39	NMVOOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Aire	kg C ₂ H ₄	3,0717E-06	3,0717E-06

40	Pentane	Aire	kg C ₂ H ₄	2,76435E-08	2,76435E-08
41	Propanal	Aire	kg C ₂ H ₄	4,43472E-14	4,43472E-14
42	Propane	Aire	kg C ₂ H ₄	9,54144E-09	9,54144E-09
43	Propene	Aire	kg C ₂ H ₄	2,64461E-09	2,64461E-09
44	Propionic acid	Aire	kg C ₂ H ₄	7,15411E-12	7,15411E-12
45	Styrene	Aire	kg C ₂ H ₄	2,47767E-13	2,47767E-13
46	Sulfur dioxide	Aire	kg C ₂ H ₄	4,08325E-07	4,08325E-07
47	Sulfur oxides	Aire	kg C ₂ H ₄	7,85355E-08	7,85355E-08
48	t-Butyl methyl ether	Aire	kg C ₂ H ₄	3,817E-14	3,817E-14
49	Toluene	Aire	kg C ₂ H ₄	9,15222E-09	9,15222E-09

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 29. Caracterización de la categoría de impacto Oxidación Fotoquímica para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1 Inventario Fecha: 26/11/2012 Período: 06:37:55 p.m. Proyecto FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L Título: Analizando 1 p (GALVANIZADO) Método: EPD 2007 (draft version) V1.02 Indicador: Caracterización Categoría: Photochemical oxidation					
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	GALVANIZADO
	Total				
			kg C ₂ H ₄	9,47695E-06	9,47695E-06
1	1-Propanol	Aire	kg C ₂ H ₄	5,9493E-15	5,9493E-15
2	2-Propanol	Aire	kg C ₂ H ₄	6,60039E-11	6,60039E-11
3	Acetaldehyde	Aire	kg C ₂ H ₄	2,7322E-10	2,7322E-10
4	Acetic acid	Aire	kg C ₂ H ₄	3,36503E-10	3,36503E-10
5	Acetone	Aire	kg C ₂ H ₄	6,60586E-11	6,60586E-11
6	Benzaldehyde	Aire	kg C ₂ H ₄	-1,12137E-14	-1,12137E-14
7	Benzene	Aire	kg C ₂ H ₄	3,5304E-09	3,5304E-09
8	Benzene, ethyl-	Aire	kg C ₂ H ₄	2,30078E-09	2,30078E-09
9	Butadiene	Aire	kg C ₂ H ₄	9,02672E-15	9,02672E-15
10	Butane	Aire	kg C ₂ H ₄	2,86202E-08	2,86202E-08
11	Carbon monoxide	Aire	kg C ₂ H ₄	4,74645E-07	4,74645E-07
12	Carbon monoxide, biogenic	Aire	kg C ₂ H ₄	2,18308E-09	2,18308E-09
13	Carbon monoxide, fossil	Aire	kg C ₂ H ₄	5,69067E-08	5,69067E-08
14	Chloroform	Aire	kg C ₂ H ₄	2,06565E-14	2,06565E-14
15	Cumene	Aire	kg C ₂ H ₄	1,17061E-10	1,17061E-10
16	Ethane	Aire	kg C ₂ H ₄	7,41199E-09	7,41199E-09
17	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Aire	kg C ₂ H ₄	1,04446E-17	1,04446E-17
18	Ethanol	Aire	kg C ₂ H ₄	1,91806E-10	1,91806E-10
19	Ethene	Aire	kg C ₂ H ₄	4,55076E-09	4,55076E-09
20	Ethene, tetrachloro-	Aire	kg C ₂ H ₄	2,20631E-11	2,20631E-11
21	Ethyl acetate	Aire	kg C ₂ H ₄	3,4054E-10	3,4054E-10
22	Ethyne	Aire	kg C ₂ H ₄	8,07883E-12	8,07883E-12
23	Formaldehyde	Aire	kg C ₂ H ₄	6,5334E-09	6,5334E-09
24	Formic acid	Aire	kg C ₂ H ₄	2,49423E-13	2,49423E-13
25	Heptane	Aire	kg C ₂ H ₄	7,62674E-09	7,62674E-09
26	Hexane	Aire	kg C ₂ H ₄	1,64082E-08	1,64082E-08
27	Hydrocarbons, unspecified	Aire	kg C ₂ H ₄	6,51761E-07	6,51761E-07
28	Isoprene	Aire	kg C ₂ H ₄	8,27909E-14	8,27909E-14
29	m-Xylene	Aire	kg C ₂ H ₄	1,33905E-11	1,33905E-11
30	Methane	Aire	kg C ₂ H ₄	3,5983E-09	3,5983E-09
31	Methane, biogenic	Aire	kg C ₂ H ₄	8,1623E-11	8,1623E-11
32	Methane, dichloro-, HCC-30	Aire	kg C ₂ H ₄	1,61187E-14	1,61187E-14
33	Methane, fossil	Aire	kg C ₂ H ₄	2,78999E-08	2,78999E-08
34	Methane, monochloro-, R-40	Aire	kg C ₂ H ₄	1,57967E-16	1,57967E-16
35	Methanol	Aire	kg C ₂ H ₄	1,95161E-10	1,95161E-10
36	Methyl ethyl ketone	Aire	kg C ₂ H ₄	6,07757E-10	6,07757E-10
37	Methyl formate	Aire	kg C ₂ H ₄	1,0792E-16	1,0792E-16
38	Nitrogen dioxide	Aire	kg C ₂ H ₄	2,25653E-07	2,25653E-07
39	NM VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Aire	kg C ₂ H ₄	4,27897E-06	4,27897E-06

40	Pentane	Aire	kg C ₂ H ₄	4,24794E-08	4,24794E-08
41	Propanal	Aire	kg C ₂ H ₄	1,0038E-13	1,0038E-13
42	Propane	Aire	kg C ₂ H ₄	1,43592E-08	1,43592E-08
43	Propene	Aire	kg C ₂ H ₄	3,77742E-09	3,77742E-09
44	Propionic acid	Aire	kg C ₂ H ₄	3,47485E-11	3,47485E-11
45	Styrene	Aire	kg C ₂ H ₄	5,7256E-13	5,7256E-13
46	Sulfur dioxide	Aire	kg C ₂ H ₄	2,81357E-06	2,81357E-06
47	Sulfur oxides	Aire	kg C ₂ H ₄	7,89663E-07	7,89663E-07
48	t-Butyl methyl ether	Aire	kg C ₂ H ₄	1,07998E-13	1,07998E-13
49	Toluene	Aire	kg C ₂ H ₄	1,21377E-08	1,21377E-08

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 30. Caracterización de la categoría de impacto Agotamiento de la capa de ozono para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1		Fecha: 26/11/2012		Período: 06:46:12 p.m.	
Inventario		Proyecto: FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L			
Título: Analizando 1 p (TROQUELADO)		Método: EPD 2007 (draft version) V1.02			
Indicador: Caracterización		Categoría: Ozone layer depletion (ODP)			
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	TROQUELADO
	Total				
1	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Aire	kg CFC-11 eq	5,72133E-17	5,72133E-17
2	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Aire	kg CFC-11 eq	1,46566E-14	1,46566E-14
3	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Aire	kg CFC-11 eq	1,78164E-12	1,78164E-12
4	Methane, bromo-, Halon 1001	Aire	kg CFC-11 eq	1,79083E-21	1,79083E-21
5	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Aire	kg CFC-11 eq	1,52239E-11	1,52239E-11
6	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Aire	kg CFC-11 eq	3,53704E-10	3,53704E-10
7	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Aire	kg CFC-11 eq	4,0337E-13	4,0337E-13
8	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Aire	kg CFC-11 eq	4,66836E-14	4,66836E-14
9	Methane, monochloro-, R-40	Aire	kg CFC-11 eq	2,82058E-16	2,82058E-16
10	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Aire	kg CFC-11 eq	7,20681E-13	7,20681E-13
11	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Aire	kg CFC-11 eq	6,38956E-15	6,38956E-15

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 31. Caracterización de la categoría de impacto Agotamiento de la capa de ozono para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1	Inventario	Fecha:	26/11/2012	Período:	06:37:27 p.m.
Proyecto	FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L				
Título:	Analizando 1 p (GALVANIZADO)				
Método:	EPD 2007 (draft version) V1.02				
Indicador:	Caracterización				
Categoría:	Ozone layer depletion (ODP)				
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	GALVANIZADO
	Total				
1	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Aire	kg CFC-11 eq	5,49587E-10	5,49587E-10
2	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Aire	kg CFC-11 eq	1,27656E-16	1,27656E-16
3	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Aire	kg CFC-11 eq	3,87973E-14	3,87973E-14
4	Methane, bromo-, Halon 1001	Aire	kg CFC-11 eq	6,3904E-12	6,3904E-12
5	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Aire	kg CFC-11 eq	4,5866E-21	4,5866E-21
6	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Aire	kg CFC-11 eq	2,89914E-11	2,89914E-11
7	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Aire	kg CFC-11 eq	5,10779E-10	5,10779E-10
8	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Aire	kg CFC-11 eq	7,94755E-13	7,94755E-13
9	Methane, monochloro-, R-40	Aire	kg CFC-11 eq	3,03438E-13	3,03438E-13
10	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Aire	kg CFC-11 eq	6,31868E-16	6,31868E-16
11	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Aire	kg CFC-11 eq	2,16068E-12	2,16068E-12
				1,28021E-13	1,28021E-13

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 32. Caracterización de la categoría de impacto Toxicidad humana para el proceso unitario de troquelado procesada en simapro 7.1.

SimaPro 7.1 Proyecto: FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L Título: Analizando 1 p (TROQUELADO) Método: EDIP 2003 V1.01 / Default Indicador: Caracterización Categoría: Human toxicity water					
		Fecha:	27/11/2012	Período:	03:36:15 p.m.
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	TROQUELADO
	Total				
			m ³	0,012388182	0,012388182
1	2-Propanol	Aire	m ³	9,90344E-13	9,90344E-13
2	Acetic acid	Aire	m ³	3,10281E-12	3,10281E-12
3	Acetone	Aire	m ³	2,08195E-12	2,08195E-12
4	Acrylic acid	Aire	m ³	2,15078E-14	2,15078E-14
5	Aluminum	Aire	m ³	5,31792E-09	5,31792E-09
6	Antimony	Aire	m ³	8,56176E-07	8,56176E-07
7	Arsenic	Aire	m ³	1,15648E-07	1,15648E-07
8	Benzaldehyde	Aire	m ³	2,08919E-14	2,08919E-14
9	Benzene	Aire	m ³	2,15363E-05	2,15363E-05
10	Beryllium	Aire	m ³	8,10529E-12	8,10529E-12
11	Cadmium	Aire	m ³	7,17313E-05	7,17313E-05
12	Chlorine	Aire	m ³	6,8676E-08	6,8676E-08
13	Chloroform	Aire	m ³	1,85308E-11	1,85308E-11
14	Chromium	Aire	m ³	2,93755E-06	2,93755E-06
15	Cobalt	Aire	m ³	1,36889E-10	1,36889E-10
16	Copper	Aire	m ³	4,11378E-06	4,11378E-06
17	Cumene	Aire	m ³	1,93045E-08	1,93045E-08
18	Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Aire	m ³	4,2142E-05	4,2142E-05
19	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Aire	m ³	5,12631E-16	5,12631E-16
20	Ethane, 1,2-dichloro-	Aire	m ³	5,16344E-11	5,16344E-11
21	Ethanol	Aire	m ³	3,7733E-14	3,7733E-14
22	Ethene	Aire	m ³	5,45548E-12	5,45548E-12
23	Ethene, chloro-	Aire	m ³	2,73626E-09	2,73626E-09
24	Ethene, tetrachloro-	Aire	m ³	4,69964E-13	4,69964E-13
25	Ethyl acetate	Aire	m ³	5,45138E-12	5,45138E-12
26	Formaldehyde	Aire	m ³	8,12607E-11	8,12607E-11
27	Hexane	Aire	m ³	8,2798E-06	8,2798E-06
28	Iron	Aire	m ³	7,19303E-09	7,19303E-09
29	Lead	Aire	m ³	0,000291385	0,000291385
30	Manganese	Aire	m ³	4,37564E-10	4,37564E-10
31	Mercury	Aire	m ³	0,01001943	0,01001943
32	Methanol	Aire	m ³	1,12922E-10	1,12922E-10
33	Molybdenum	Aire	m ³	1,0689E-09	1,0689E-09
34	Nickel	Aire	m ³	2,90561E-09	2,90561E-09
35	Nitrogen dioxide	Aire	m ³	6,10227E-09	6,10227E-09
36	Propanal	Aire	m ³	1,09979E-12	1,09979E-12
37	Propylene oxide	Aire	m ³	1,59336E-14	1,59336E-14
38	Selenium	Aire	m ³	1,1819E-06	1,1819E-06
39	Silver	Aire	m ³	1,23559E-12	1,23559E-12

40	Thallium	Aire	m ³	1,71959E-06	1,71959E-06
41	Titanium	Aire	m ³	2,08529E-10	2,08529E-10
42	Toluene	Aire	m ³	5,72552E-08	5,72552E-08
43	Vanadium	Aire	m ³	4,19884E-08	4,19884E-08
44	VOC, volatile organic compounds	Aire	m ³	3,18145E-06	3,18145E-06
45	Xylene	Aire	m ³	6,41925E-09	6,41925E-09
46	Zinc	Aire	m ³	3,61144E-05	3,61144E-05
47	4-Methyl-2-pentanone	Agua	m ³	2,2867E-15	2,2867E-15
48	Acetaldehyde	Agua	m ³	2,8818E-14	2,8818E-14
49	Acetic acid	Agua	m ³	4,51958E-13	4,51958E-13
50	Acetone	Agua	m ³	1,27801E-17	1,27801E-17
51	Aluminum	Agua	m ³	5,36616E-07	5,36616E-07
52	Antimony	Agua	m ³	8,68773E-05	8,68773E-05
53	Benzene	Agua	m ³	8,78517E-06	8,78517E-06
54	Benzene, 1,2-dichloro-	Agua	m ³	3,4898E-10	3,4898E-10
55	Benzene, chloro-	Agua	m ³	5,32287E-09	5,32287E-09
56	Beryllium	Agua	m ³	5,12028E-09	5,12028E-09
57	Butyl acetate	Agua	m ³	1,0144E-10	1,0144E-10
58	Chlorine	Agua	m ³	3,20237E-12	3,20237E-12
59	Chloroform	Agua	m ³	2,77335E-12	2,77335E-12
60	Chromium	Agua	m ³	3,7796E-06	3,7796E-06
61	Cobalt	Agua	m ³	1,54514E-08	1,54514E-08
62	Cumene	Agua	m ³	4,63883E-08	4,63883E-08
63	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Agua	m ³	8,62255E-18	8,62255E-18
64	Ethane, 1,2-dichloro-	Agua	m ³	1,64757E-11	1,64757E-11
65	Ethanol	Agua	m ³	7,47385E-15	7,47385E-15
66	Ethene	Agua	m ³	1,7445E-13	1,7445E-13
67	Ethene, chloro-	Agua	m ³	3,28201E-11	3,28201E-11
68	Ethene, tetrachloro-	Agua	m ³	9,86203E-15	9,86203E-15
69	Ethene, trichloro-	Agua	m ³	1,2054E-14	1,2054E-14
70	Ethyl acetate	Agua	m ³	1,55288E-17	1,55288E-17
71	Ethylene diamine	Agua	m ³	3,45994E-18	3,45994E-18
72	Fluoride	Agua	m ³	7,7483E-07	7,7483E-07
73	Formaldehyde	Agua	m ³	1,32766E-12	1,32766E-12
74	Iron	Agua	m ³	3,39323E-07	3,39323E-07
75	Lead	Agua	m ³	0,000170934	0,000170934
76	Manganese	Agua	m ³	1,44039E-07	1,44039E-07
77	Mercury	Agua	m ³	0,001324324	0,001324324
78	Methanol	Agua	m ³	8,32594E-11	8,32594E-11
79	Molybdenum	Agua	m ³	6,83426E-08	6,83426E-08
80	Phenol	Agua	m ³	1,77698E-07	1,77698E-07
81	Propylene oxide	Agua	m ³	1,91538E-13	1,91538E-13
82	Selenium	Agua	m ³	2,31615E-05	2,31615E-05
83	Silver	Agua	m ³	1,17036E-11	1,17036E-11
84	Thallium	Agua	m ³	0,000263079	0,000263079
85	Toluene	Agua	m ³	2,73413E-08	2,73413E-08
86	Xylene	Agua	m ³	6,05886E-09	6,05886E-09
87	Mercury	Suelo	m ³	1,48869E-07	1,48869E-07

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Tabla 33. Caracterización de la categoría de impacto Toxicidad humana para el proceso unitario de galvanizado procesada en simapro 7.1.

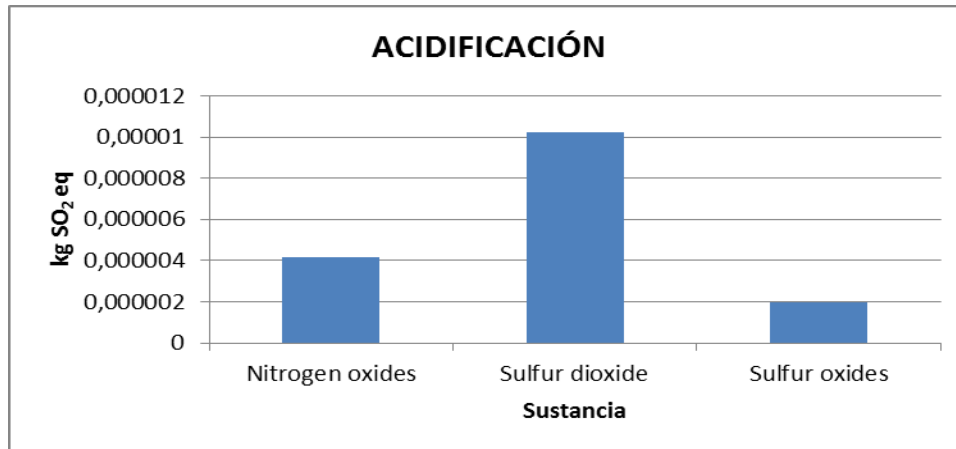
SimaPro 7.1		Inventario	Fecha:	27/11/2012	Período:	03:25:26 p.m.
Proyecto		FANTAXIAS SAS / REF DT-0057-27L				
Título:		Analizando 1 p (GALVANIZADO)				
Método:		EDIP 2003 V1.01 / Default				
Indicador:		Caracterización				
Categoría:		Human toxicity water				
No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	GALVANIZADO	
	Total					
1	2-Propanol	Aire	m ³	2,62155E-12	2,62155E-12	
2	Acetic acid	Aire	m ³	1,13752E-11	1,13752E-11	
3	Acetone	Aire	m ³	6,0015E-12	6,0015E-12	
4	Acrylic acid	Aire	m ³	5,69329E-14	5,69329E-14	
5	Aluminum	Aire	m ³	2,5954E-07	2,5954E-07	
6	Antimony	Aire	m ³	5,44054E-06	5,44054E-06	
7	Arsenic	Aire	m ³	6,50433E-07	6,50433E-07	
8	Benzaldehyde	Aire	m ³	4,70244E-14	4,70244E-14	
9	Benzene	Aire	m ³	3,647E-05	3,647E-05	
10	Beryllium	Aire	m ³	3,21809E-11	3,21809E-11	
11	Cadmium	Aire	m ³	0,000193898	0,000193898	
12	Chlorine	Aire	m ³	6,8754E-08	6,8754E-08	
13	Chloroform	Aire	m ³	4,82106E-11	4,82106E-11	
14	Chromium	Aire	m ³	7,76424E-06	7,76424E-06	
15	Cobalt	Aire	m ³	8,61422E-08	8,61422E-08	
16	Copper	Aire	m ³	4,52509E-05	4,52509E-05	
17	Cumene	Aire	m ³	4,93295E-08	4,93295E-08	
18	Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Aire	m ³	0,000175968	0,000175968	
19	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Aire	m ³	1,14379E-15	1,14379E-15	
20	Ethane, 1,2-dichloro-	Aire	m ³	1,46784E-10	1,46784E-10	
21	Ethanol	Aire	m ³	1,39745E-13	1,39745E-13	
22	Ethene	Aire	m ³	9,11061E-12	9,11061E-12	
23	Ethene, chloro-	Aire	m ³	7,74253E-09	7,74253E-09	
24	Ethene, tetrachloro-	Aire	m ³	2,76626E-07	2,76626E-07	
25	Ethyl acetate	Aire	m ³	1,44281E-11	1,44281E-11	
26	Formaldehyde	Aire	m ³	2,78834E-10	2,78834E-10	
27	Hexane	Aire	m ³	1,14653E-05	1,14653E-05	
28	Iron	Aire	m ³	1,87905E-08	1,87905E-08	
29	Lead	Aire	m ³	0,00043251	0,00043251	
30	Manganese	Aire	m ³	2,18195E-09	2,18195E-09	
31	Mercury	Aire	m ³	0,016138639	0,016138639	
32	Methanol	Aire	m ³	4,13742E-10	4,13742E-10	
33	Molybdenum	Aire	m ³	2,32977E-09	2,32977E-09	
34	Nickel	Aire	m ³	5,50413E-08	5,50413E-08	
35	Nitrogen dioxide	Aire	m ³	5,97981E-08	5,97981E-08	
36	Propanal	Aire	m ³	2,48938E-12	2,48938E-12	
37	Propylene oxide	Aire	m ³	3,66981E-14	3,66981E-14	
38	Selenium	Aire	m ³	3,78994E-06	3,78994E-06	
39	Silver	Aire	m ³	2,11844E-10	2,11844E-10	

40	Thallium	Aire	m ³	1,6388E-05	1,6388E-05
41	Titanium	Aire	m ³	5,02196E-10	5,02196E-10
42	Toluene	Aire	m ³	7,59321E-08	7,59321E-08
43	Vanadium	Aire	m ³	1,44579E-07	1,44579E-07
44	VOC, volatile organic compounds	Aire	m ³	3,30489E-06	3,30489E-06
45	Xylene	Aire	m ³	9,77146E-09	9,77146E-09
46	Zinc	Aire	m ³	5,54734E-05	5,54734E-05
47	4-Methyl-2-pentanone	Agua	m ³	5,85659E-15	5,85659E-15
48	Acetaldehyde	Agua	m ³	7,6273E-14	7,6273E-14
49	Acetic acid	Agua	m ³	1,10368E-12	1,10368E-12
50	Acetone	Agua	m ³	3,27318E-17	3,27318E-17
51	Aluminum	Agua	m ³	1,20088E-06	1,20088E-06
52	Antimony	Agua	m ³	0,000370295	0,000370295
53	Benzene	Agua	m ³	1,26785E-05	1,26785E-05
54	Benzene, 1,2-dichloro-	Agua	m ³	9,23466E-10	9,23466E-10
55	Benzene, chloro-	Agua	m ³	1,40853E-08	1,40853E-08
56	Beryllium	Agua	m ³	1,08984E-08	1,08984E-08
57	Butyl acetate	Agua	m ³	2,68481E-10	2,68481E-10
58	Chlorine	Agua	m ³	9,27305E-12	9,27305E-12
59	Chloroform	Agua	m ³	1,34486E-11	1,34486E-11
60	Chromium	Agua	m ³	5,04148E-06	5,04148E-06
61	Cobalt	Agua	m ³	7,48602E-07	7,48602E-07
62	Cumene	Agua	m ³	1,18538E-07	1,18538E-07
63	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Agua	m ³	1,75666E-16	1,75666E-16
64	Ethane, 1,2-dichloro-	Agua	m ³	5,75977E-11	5,75977E-11
65	Ethanol	Agua	m ³	1,9781E-14	1,9781E-14
66	Ethene	Agua	m ³	4,14903E-13	4,14903E-13
67	Ethene, chloro-	Agua	m ³	8,11421E-11	8,11421E-11
68	Ethene, tetrachloro-	Agua	m ³	2,04578E-13	2,04578E-13
69	Ethene, trichloro-	Agua	m ³	4,29497E-14	4,29497E-14
70	Ethyl acetate	Agua	m ³	4,11032E-17	4,11032E-17
71	Ethylene diamine	Agua	m ³	1,06255E-16	1,06255E-16
72	Fluoride	Agua	m ³	2,02847E-06	2,02847E-06
73	Formaldehyde	Agua	m ³	3,36275E-12	3,36275E-12
74	Iron	Agua	m ³	1,15505E-06	1,15505E-06
75	Lead	Agua	m ³	0,000419767	0,000419767
76	Manganese	Agua	m ³	2,69637E-07	2,69637E-07
77	Mercury	Agua	m ³	0,002793884	0,002793884
78	Methanol	Agua	m ³	1,78379E-10	1,78379E-10
79	Molybdenum	Agua	m ³	1,39968E-07	1,39968E-07
80	Phenol	Agua	m ³	2,41756E-07	2,41756E-07
81	Propylene oxide	Agua	m ³	4,41094E-13	4,41094E-13
82	Selenium	Agua	m ³	4,06395E-05	4,06395E-05
83	Silver	Agua	m ³	8,63151E-11	8,63151E-11
84	Thallium	Agua	m ³	0,000611098	0,000611098
85	Toluene	Agua	m ³	3,72898E-08	3,72898E-08
86	Xylene	Agua	m ³	8,27008E-09	8,27008E-09
87	Mercury	Suelo	m ³	2,14222E-06	2,14222E-06

Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

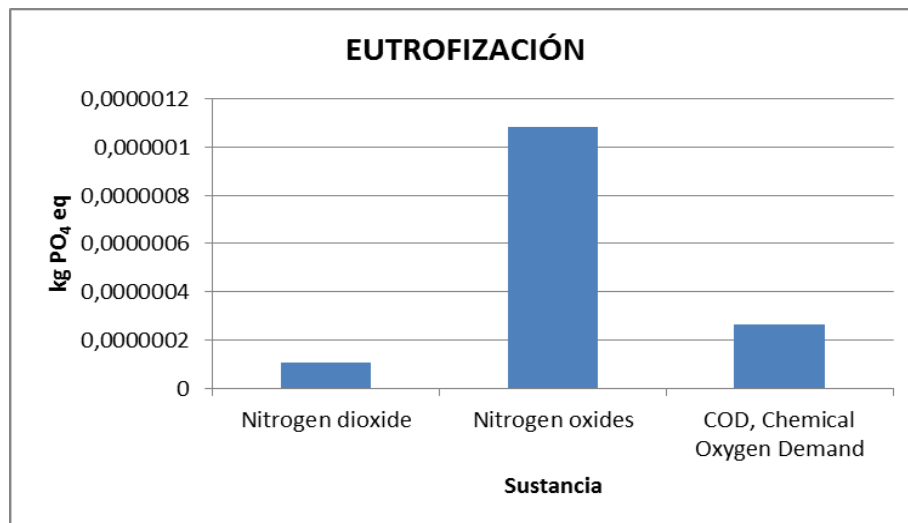
ANEXO M.

Figura 67. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Acidificación – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



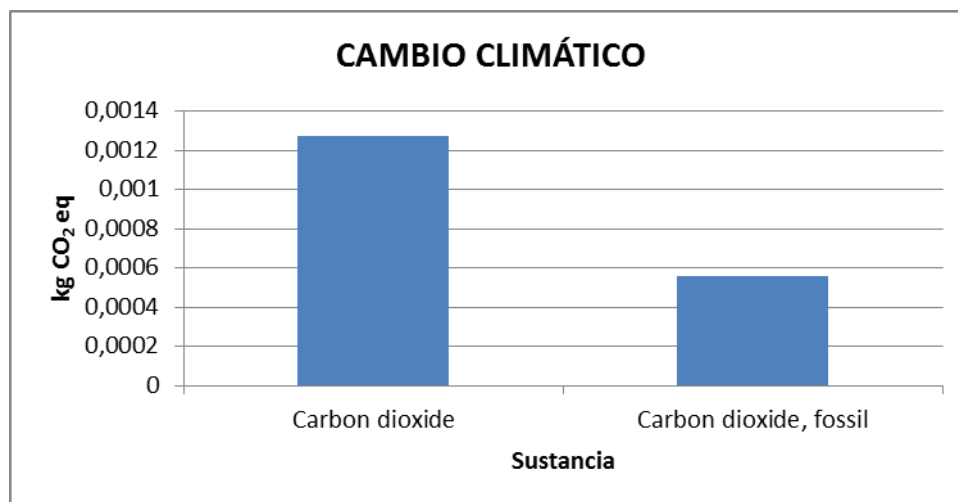
Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Figura 68. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Eutrofización – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



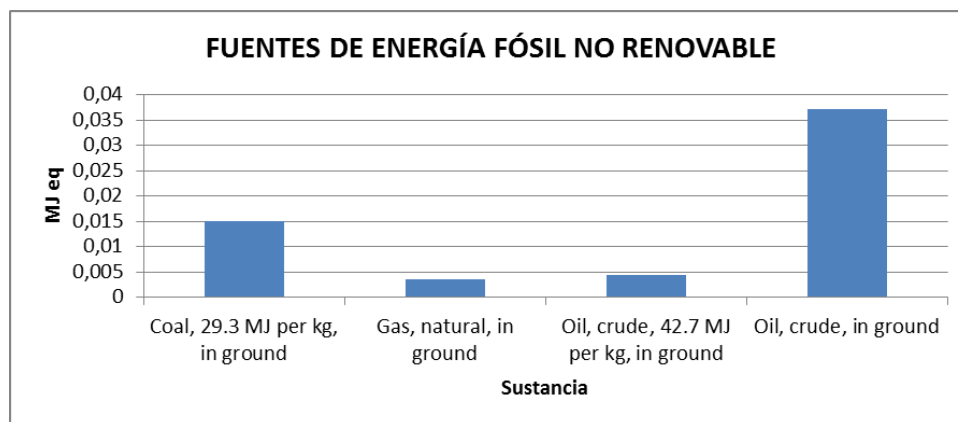
Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Figura 69. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Cambio Climático – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



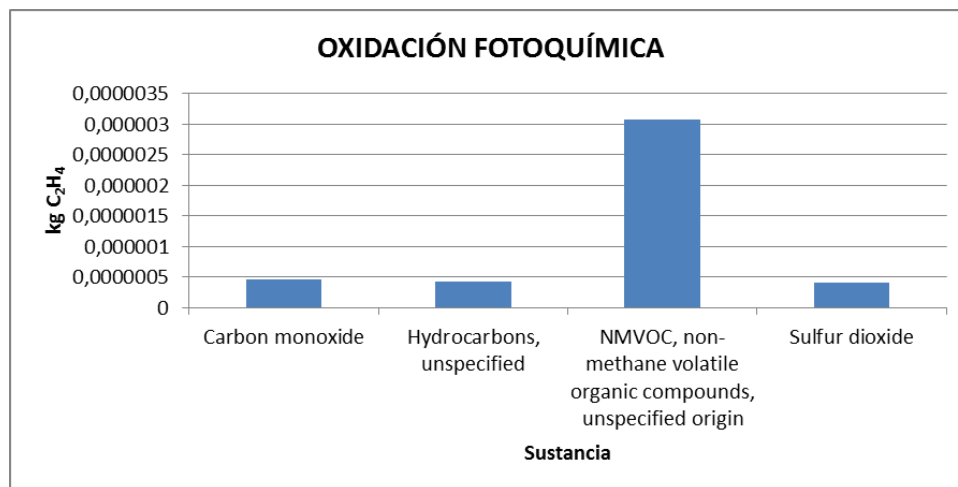
Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Figura 70. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Fuentes de Energía Fósil no Renovable – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



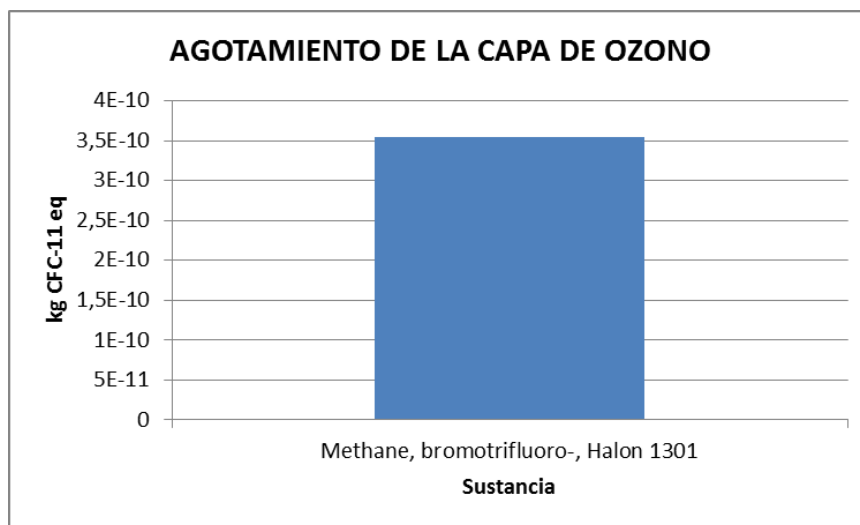
Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Figura 71. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Oxidación Fotoquímica – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



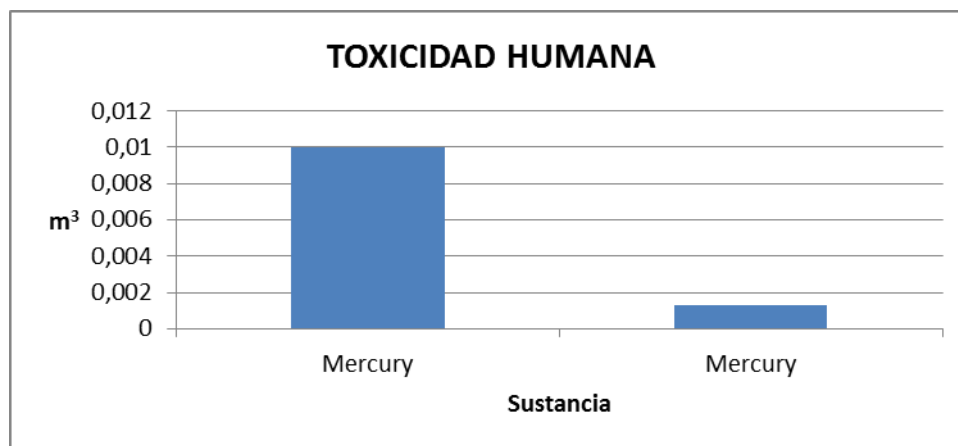
Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Figura 72. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Agotamiento de la Capa de Ozono – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

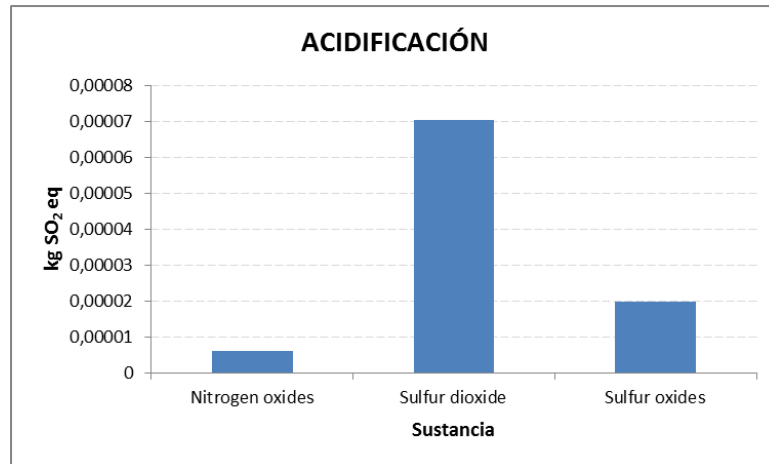
Figura 73. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Toxicidad Humana Agua – Proceso de Troquelado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

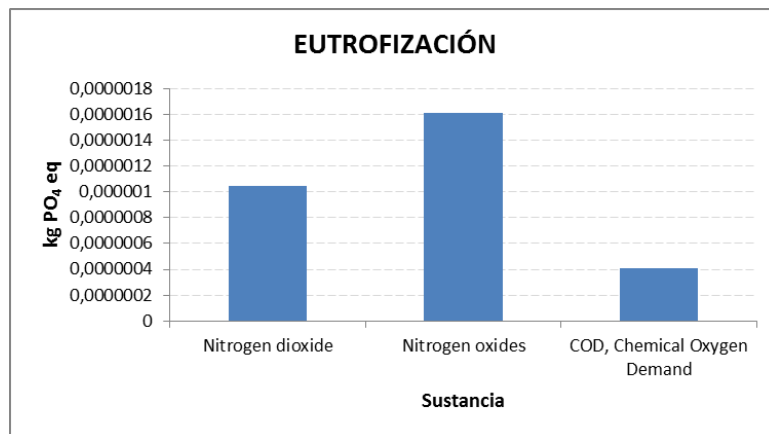
ANEXO N.

Figura 74. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Acidificación – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



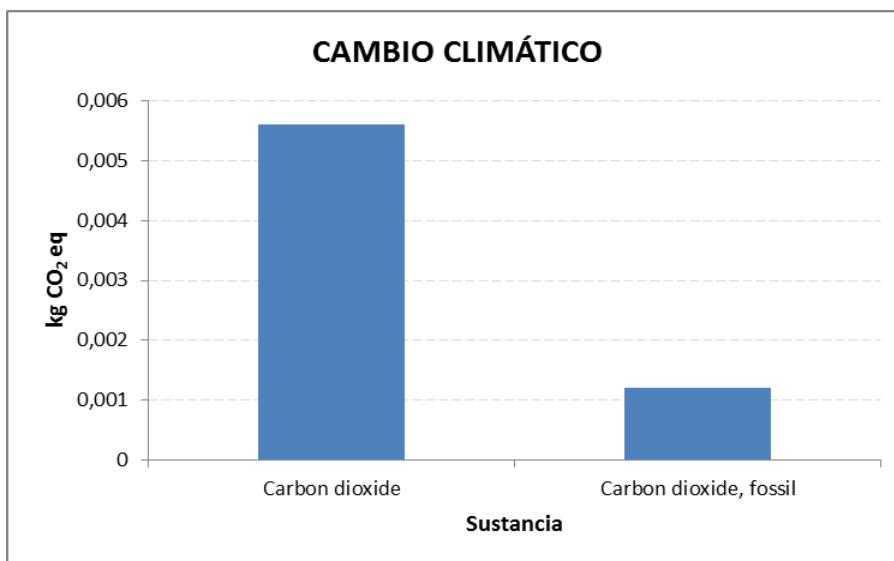
Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Figura 75. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Eutrofización – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



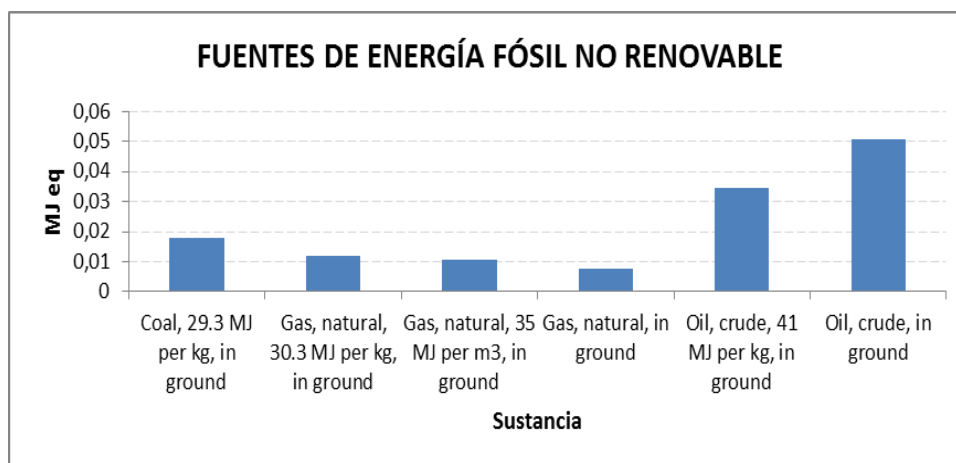
Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Figura 76. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental cambio Climático – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



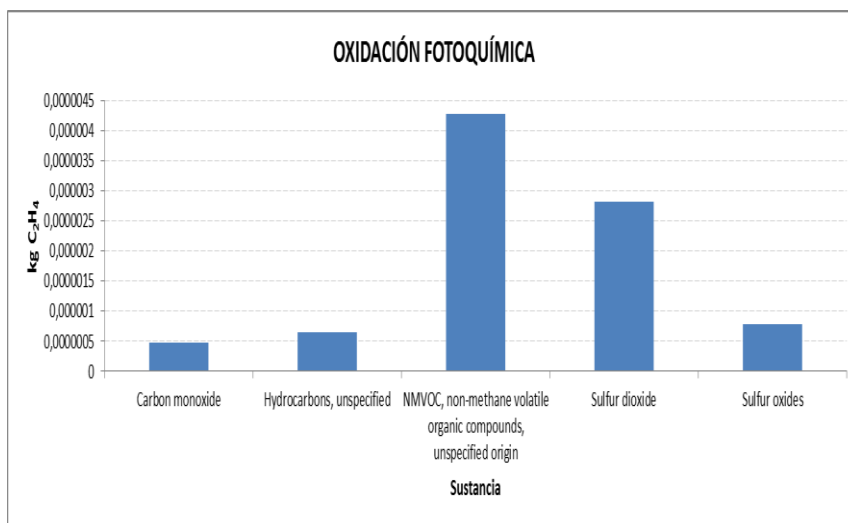
Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Figura 77. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Fuentes de Energía no Renovable – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



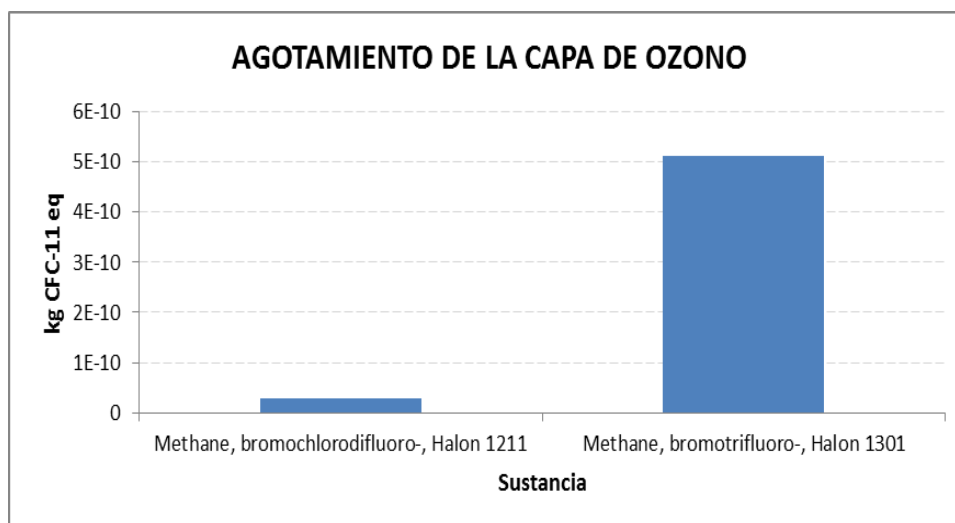
Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Figura 78. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Oxidación Fotoquímica – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



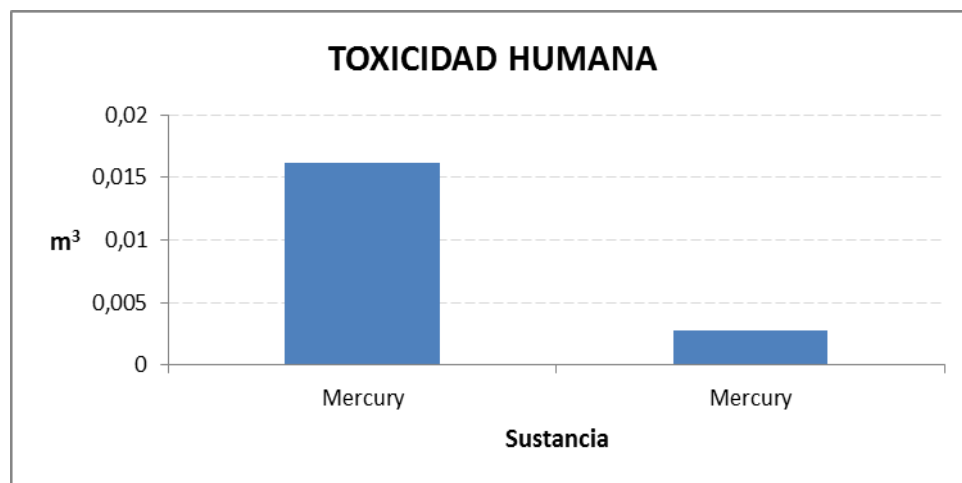
Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Figura 79. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Agotamiento de la Capa de Ozono – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

Figura 80. Agentes contaminantes para la Categoría de Impacto Ambiental Toxicidad Humana Agua – Proceso de Galvanizado - línea de producción de botones de la referencia DT-0057-27L.



Fuente: [Datos exportados de la herramienta informática SimaPro 7.1 a formato Excel].

ANEXO O.

GLOSARIO SOBRE ACV [Norma española UNE-EN ISO 14040 versión 2006]

Análisis de la incertidumbre

Procedimiento sistemático para cuantificar la incertidumbre introducida en los resultados de un análisis de inventario debido a los efectos acumulativos de la imprecisión del modelo, de la incertidumbre de las entradas y de la variabilidad de los datos.

Análisis del Inventario

Recopilación y cuantificación de entradas y salidas para un sistema del producto o proceso a través de su ciclo de vida.

Asignación

Distribución de los flujos de entrada o de salida de un proceso o un sistema del producto bajo estudio y uno o más sistemas del producto diferente.

Aspecto Ambiental

Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente.

Calidad de los datos

Característica de los datos que se relaciona con su capacidad para satisfacer los requisitos establecidos.

Categoría de impacto

Clase que representa asuntos ambientales de interés a la cual se pueden asignar los resultados del análisis del inventario.

Criterio de corte

Especificación de la cantidad de flujo de materia o de energía o del nivel de importancia ambiental asociados a los procesos unitarios o al sistema del producto para excluirlos del estudio.

Emisiones y vertidos

Emisiones al aire y vertidos al agua y suelo.

Energía de proceso

Entrada de energía requerida en un proceso unitario, para llevar a cabo el proceso o hacer funcionar el equipo, excluyendo las entradas de energía para la producción y suministro de esta energía.

Entrada

Flujo de producto, de materia o de energía que entra en un proceso unitario.

Entrada auxiliar

Materia que entra y se utiliza en el proceso unitario de obtención del producto, pero que no constituye una parte del producto.

Evaluación

Elemento dentro de la fase de interpretación que pretende establecer confianza en los resultados del análisis.

Evaluación del Impacto Ambiental

Conocer y evaluar la magnitud de los impactos ambientales generados y cuan significativos son dichos impactos.

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.

Flujo de energía

Entrada o salida de un proceso unitario o un sistema de proceso expresada en unidades de energía.

Flujo de producto

Productos que entran o salen de un sistema del producto hacia otro.

Flujo de referencia

Medida de las salidas de los procesos en un sistema de producto determinado, requerida para cumplir la función expresada mediante la unidad funcional.

Flujo elemental

Materia o energía que entra al sistema en estudio, que ha sido extraído del medio ambiente sin una transformación previa por el ser humano, o materia o energía que sale del sistema bajo estudio, que es liberado al medio ambiente sin una transformación posterior por el ser humano.

Flujo intermedio

Flujo de producto, de materia o de energía que ocurre entre unidades funcionales del sistema del producto bajo estudio.

Indicador de categoría de impacto

Representación cuantificable de una categoría de impacto.

Interpretación del Ciclo de Vida

Los hallazgos del análisis del inventario o de la evaluación del impacto o de ambos, se evalúan con respecto al objetivo y el alcance establecidos, para llegar a conclusiones y recomendaciones.

Límite del sistema

Conjunto de criterios que especifican cuales de los procesos unitarios son parte de un sistema del producto o proceso.

Materia prima

Materia prima o secundaria que se usa para elaborar un producto.

Mecanismo ambiental

Sistema de procesos físicos, químicos y biológicos para una categoría de impacto dada, que vincula los resultados del análisis del inventario con indicadores de categoría y con puntos finales de categoría.

Parte interesada

Persona o grupo que tiene un interés o está afectado por el desempeño ambiental de un sistema del producto o por los resultados de un análisis.

Proceso

Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, los cuales transforman elementos de entrada en resultados.

Proceso Unitario

Elemento más pequeño considerado en el análisis del inventario para el cual se cuantifican datos de entrada y salida.

Producto

Cualquier bien o servicio.

Producto intermedio

Salida de un proceso unitario que es entrada de otros procesos unitarios que requiere una transformación adicional dentro del sistema.

Residuo

Sustancias u objetos a cuya disposición se procede o se está obligado a proceder.

Resultados del inventario

Resultado del análisis de un inventario que clasifica los flujos que atraviesa los límites del sistema y que proporciona el punto de partida para la evaluación del impacto ambiental generado.

Salida

Flujo de producto, materia o energía que sale de un proceso unitario.

Sistema del producto

Conjunto de procesos unitarios con flujos elementales y flujos de producto, que desempeña una o más funciones definidas.

Unidad Funcional

Desempeño cuantificado de un sistema del producto para su uso como unidad de referencia.