

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

“EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN LA PRODUCCIÓN DE JOYERÍA DE PLATA EN UN TALLER ARTESANAL DE CHOSICA - LIMA”

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

ELABORADO POR:

RODRÍGUEZ ASTUHUAMÁN ALEJANDRO RAVEN

ASESOR:

Dr. JOHNNY PRUDENCIO NAHUI ORTIZ

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

La presente investigación es un pequeño homenaje a mi mamá María Astuhuamán, por su inagotable esfuerzo en lograr que culmine mis estudios universitarios; y a mi padre Alejandro Rodríguez, maestro platero, por su apoyo incondicional y por darme el orgullo de pertenecer a una familia con amplia tradición en el arte de la Platería y Orfebrería Peruana.

El autor.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ingeniería, mi alma mater, por permitirme ser parte de una prestigiosa institución, durante mi formación se generaron momentos que siempre quedaran marcados en mi memoria.

A los docentes, colegas y personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería por sus enseñanzas, apoyo y orientación durante los años de estudio.

A la Dirección General de Artesanía del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, por brindarme la información solicitada para la presente investigación.

A mi asesor de tesis Dr. Jhonny Nahui por su revisión crítica y a la docente Ing. Karla Valer por su apoyo y confianza brindada.

A mis padres María y Alejandro, sin su apoyo incondicional no sería posible cada logro que estoy alcanzando.

RESUMEN

La presente investigación tiene la finalidad de evaluar los impactos ambientales generados por la producción de joyería en un taller artesanal de Chosica mediante la metodología de análisis de ciclo de vida ambiental; para eso se establecieron los siguientes objetivos: I) Identificar los procesos que generan mayores impactos ambientales durante el ciclo de vida de la fabricación de joyería convencional; II) evaluar los impactos ambientales durante el proceso de manufactura de joyería mediante los escenarios de producción mediante el método de "cera perdida" y la joyería hecha a mano; y III) proponer mejoras en el desempeño ambiental en la producción de joyería.

Los dos tipos de procesos son comparados, según varias características en común que es el peso y forma similar, debido a que la joyería tiene funciones subjetivas, según cada persona. En ese sentido la unidad funcional es "Dije de plata de ley 950 en forma de corazón de magnitudes establecidas (largo 3 cm y ancho 2 cm), un peso de 2.7 g. y una durabilidad de 20 años"; sin embargo, las medidas de consumo calculadas se realizarán en función a 370 unidades de dije, que equivale a 1Kg de joyería. En ese sentido la unidad utilizada será de "unidad/kg.

Los límites del sistema comprenden la mayoría de las etapas del ciclo de vida, incluyendo el reciclaje y la disposición final; sin embargo, no comprende la etapa de venta al por menor y el uso, debido a que el taller de producción no tiene influencia en esa etapa. Los equipos y los procesos técnicos usados para la fabricación de joyería en ambos procesos, representan la tecnología usada actualmente por el taller y sus proveedores, asimismo representa el proceso de producción de la mayoría de talleres artesanales de joyería del país. El taller de producción es el principal proveedor de base de datos usados en el modelamiento del sistema de producto realizado. Sin embargo, también se han usado bases de datos genéricas para los procesos primarios y algunos procesos en donde no se encontró base de datos por los proveedores.

Los resultados muestran que el proceso "Hecho a Mano" tiene los menores impactos ambientales en 13 categorías de impacto, mientras que el proceso "Vaciado" tiene menores impactos ambientales en 5 categorías de impacto; sin embargo, se realizó el Análisis de Monte Carlo para evaluar las incertidumbres de los datos y se observó que ninguna de las categorías de impacto, muestra diferencias significativas estadísticamente en los valores de impacto (el 95% del rango de probabilidad se superponen). Por lo tanto, ambos procesos de producción no muestran diferencias significativas en sus impactos ambientales.

El principal contribuyente a los impactos ambientales en ambos procesos es el consumo de plata virgen, perteneciente a la etapa de materia prima. La contribución de este material al total de impactos del ciclo de vida para ambos procesos es mayor al 80% en todas las categorías de impacto ambiental. Las demás etapas no son significativas, sin embargo, los otros contribuyentes importantes son el consumo de bronce, el consumo de gas licuado de petróleo y la generación de residuos peligrosos.

Se tuvo que realizar una serie de supuestos para poder modelar el sistema de producto, como la consideración de insumos que superen el 5% de la masa total de insumos,

exclusión de pérdidas en los procesos productivos o la exclusión de emisiones durante la producción. Sin embargo, se encontró que ninguno es de importancia para nuestras conclusiones establecidas. El puntaje obtenido en las categorías de impacto es más sensible a la incertidumbre de datos de la cantidad de plata usada y recuperada; y las diferencias en ambos procesos se mantienen sin una diferencia significativa cuando cambiamos el uso de plata virgen por plata reciclada.

Finalmente, los resultados muestran que el uso de plata reciclada disminuye los impactos en más del 80% en 13 categorías de impacto ambiental, más del 40% en 4 categorías de impacto ambiental, siendo solo la categoría de eutrofización marina la única que es mayor; debido al uso de ácido nítrico. Por tal motivo se debe considerar el reciclaje de plata cumpliendo con la normativa ambiental existente; y considerando el uso de tecnología que impida la emisión de contaminantes al agua y al aire.

ABSTRACT

The present research has the purpose of evaluating the environmental impacts generated by the production of jewelry in an artisan workshop in Chosica through the environmental life cycle analysis methodology; For this, the following objectives were established: I) Identify the processes that generate the greatest environmental impacts during the life cycle of conventional jewelry manufacturing; II) evaluate the environmental impacts during the jewelry manufacturing process through production scenarios using the "lost wax" method and handmade jewelry; and III) propose improvements in environmental performance in jewelry production.

The two types of processes are compared, according to several characteristics in common, which is similar weight and shape, because jewelry has subjective functions, according to each person. In this sense, the functional unit is a "Heart-shaped 950 sterling silver pendant of established magnitudes (length 3 cm and width 2 cm), weighing 2.7 g. and a durability of 20 years"; however, the calculated consumption measurements will be made based on 370 pendant units, which is equivalent to 1Kg of jewelry. In this sense, the unit used will be "unit / kg.

The system boundaries encompass most stages of the life cycle, including recycling and final disposal; however, it does not understand the retail and usage stage, because the production shop has no influence on that stage. The equipment and technical processes used for the manufacture of jewelry in both processes represent the technology currently used by the workshop and its suppliers, as well as the production process of the majority of artisanal jewelry workshops in the country. The production workshop is the main provider of databases used in the modeling of the product system carried out. However, generic databases have also been used for primary processes and some processes where no database was found by the suppliers.

The results show that the "Handmade" process has the lowest environmental impacts in 13 impact categories, while the "Lost wax" process has the lowest environmental impacts in 5 impact categories; However, the Monte Carlo Analysis was performed to evaluate the uncertainties of the data and it was observed that none of the impact categories show statistically significant differences in the impact values (95% of the probability range overlaps). Therefore, both production processes do not show significant differences in their environmental impacts.

The main contributor to environmental impacts in both processes is the consumption of virgin silver, belonging to the raw material stage. The contribution of this material to the total life cycle impacts for both processes is greater than 80% in all categories of environmental impact. The other stages are not significant; however, the other important contributors are the consumption of bronze, the consumption of liquefied petroleum gas and the generation of hazardous waste.

A series of assumptions had to be made to be able to model the product system, such as the consideration of inputs that exceed 5% of the total mass of inputs, exclusion of losses in production processes or the exclusion of emissions during production. However, none were

found to be of relevance to our stated conclusions. The score obtained in the impact categories is more sensitive to the data uncertainty of the amount of silver used and recovered; and the differences in both processes remain without a significant difference when we change the use of virgin silver for recycled silver.

Finally, the results show that the use of recycled silver reduces impacts by more than 80% in 13 environmental impact categories, more than 40% in 4 environmental impact categories, with only the marine eutrophication category being the only one that is greater; due to the use of nitric acid. For this reason, silver recycling should be considered in compliance with existing environmental regulations; and considering the use of technology that prevents the emission of pollutants to water and air.

PRÓLOGO

El trabajo de investigación realizado lleva como título: “Evaluación de los impactos ambientales mediante el análisis de ciclo de vida en la producción de joyería de plata en un taller artesanal de Chosica – Lima”, consiste en el uso de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida para evaluar impactos ambientales de diferentes categorías, al proceso de producción joyería de plata de un taller en específico. Este trabajo ha sido escrito como parte de los requisitos de titulación de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería de Perú. El periodo de investigación y redacción de este trabajo ha durado desde julio del 2020 hasta octubre del 2021.

El trabajo fue llevado a cabo en el pequeño taller de producción de joyería de mi padre, Alejandro Rodríguez Pomalaza, maestro platero; con la finalidad de evaluar los impactos ambientales generados durante la producción de joyería y evaluar alternativas de producción más limpia. El proceso de investigación pudo responder la pregunta formulada en el planteamiento del problema del Plan de Tesis; la cual se plantea evaluar la significancia de los impactos ambientales durante el ciclo de vida del proceso de producción de joyería y la comparación de los procesos de producción hecho a mano y semiindustrial.

Asimismo, el trabajo realizado muestra un análisis detallado del desempeño ambiental en el proceso de fabricación de joyería. El sector de joyería, es un sector a menudo olvidado; sin embargo, tiene un gran potencial, debido a que es una alternativa para poder brindar un procesamiento a los metales preciosos extraídos de las minas, y no solo exportarlos como materia prima. Siendo así que nuestros principales compradores de materia prima, son los mayores importadores de joyería.

Finalmente, los resultados de la investigación muestran los impactos ambientales generados por el uso de estas piezas de joyería; como se demuestra en la tesis, es en mayor medida debido al proceso de extracción y refinación del metal. Por tal motivo se recomienda la importancia de la recuperación de este metal, sin considerar solo los beneficios económicos, sino también los ambientales.

Espero puedan disfrutar de la investigación, la cual me llevo mucho esfuerzo llevarla a cabo.

Alejandro Rodríguez Astuhamán

Nantes, 26 de octubre del 2021

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	VI
PRÓLOGO	VIII
INDICE	IX
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Realidad Problemática	2
1.3. Objetivos Generales y Específicos	3
1.4. Hipótesis	3
CAPÍTULO II. FUNDAMENTO TEÓRICO	4
2.1. Análisis del Estado del Arte	4
2.2. Metodología de Análisis de Ciclo de Vida	20
2.3. Marco Legal	32
2.4. Industria de la Joyería y Platería	34
CAPÍTULO III. DEFINICIÓN DE OBJETIVO	44
3.1. Aplicación Prevista	45
3.2. Supuestos del Método y Limitaciones de Impacto	45
3.3. Razones para llevar a cabo el estudio de ACV y el Contexto de Decisión ...	45
3.4. Público Objetivo	46
3.5. Comparaciones Destinadas a ser Divulgadas al Público	46
3.6. Comisionados del Estudio de ACV y otros actores influyentes	46
CAPÍTULO IV. ALCANCE DEL ESTUDIO	46
4.1. Entregables	47
4.2. Función, Unidad Funcional y Flujos de Referencia	47
4.3. Marco de Modelado del Inventario de Ciclo de Vida	48
4.4. Límites del Sistema y Requisitos de Integridad	49
4.5. Representatividad de los datos de ACV	51
4.6. Bases para la Evaluación de Impactos	52
4.7. Requisitos para Estudios Comparativos	53
4.8. Necesidades de Revisión Crítica	54

CAPÍTULO V. INVENTARIO DE CICLO DE VIDA	54
5.1. Modelo de ICV a Nivel de Sistema	54
5.2. Recopilación de Datos	55
5.3. Modelado del Sistema por Etapa del Ciclo de Vida	55
5.4. Bases para Análisis de Sensibilidad e Incertidumbre.....	58
5.5. Resultados de LCI Calculados.....	60
CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE IMPACTOS DE CICLO DE VIDA	61
6.1. Resultados Caracterizados.....	61
CAPÍTULO VII. INTERPRETACIÓN.....	62
7.1. Problemas Significativos	62
7.2. Comprobaciones de sensibilidad e incertidumbre	73
7.3. Verificaciones de integridad y consistencia	82
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFIA.....	85
ANEXOS.....	90
11.1. Métodos de Evaluación del Impactos del Ciclo de Vida y Factores de Normalización Utilizados.....	90
11.2. Lista de Supuestos	91
11.3. Lista de materiales, insumos y recursos consumidos en cada etapa de producción, según cada sistema evaluado.....	91
11.4. Lista de Materiales para la producción y el reciclaje de plata de los residuos del taller.....	104
11.5. Coeficientes de Sensibilidad Normalizados	107
11.6. Procesos Unitarios Evaluados	111
11.7. Resultados del Inventario del Ciclo de Vida	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1, Fases del Análisis de Ciclo de Vida..... 22

Figura 2, Marco del esquema general de indicadores de punto medio y punto final según la metodología IMPACT 2002+ 28

Figura 3, Metodologías de EICV publicadas desde el 2000 29

Figura 4, Clases de Análisis de Interpretación 31

Figura 5, Segmentación de Joyería por Precio y Calidad..... 36

Figura 6, Distribución de productores de joyería y orfebrería por tipo de inscripción 38

Figura 7, Distribución del N° de Talleres Artesanales según Región 39

Figura 8, Planificación Estratégica 2021 - Joyería..... 41

Figura 9, Dije de plata en forma de corazón 47

Figura 10, Alcance y Límites del Sistema 50

Figura 11, Sistema de producto de la joyería hecha a mano. Las líneas en rayas indican los procesos realizados en el taller..... 54

Figura 12, Sistema de producto de la joyería con el método de vaciado. Las líneas en rayas indican los procesos realizados en el taller 55

Figura 13, Resultados de los indicadores relativos de las respectivas variantes del proyecto 62

Figura 14, Contribución de las etapas individuales del ciclo de vida al impacto total por cada categoría de impacto para el proceso "Hecho a Mano" 63

Figura 15, Contribución de las etapas individuales del ciclo de vida al impacto total por cada categoría de impacto para el proceso "Vaciado"..... 66

Figura 16, Resultados de los indicadores relativos con respecto a la línea base y los escenarios de sensibilidad 75

Figura 17, Contribución de las etapas individuales del ciclo de vida al impacto total por cada categoría de impacto para el proceso "A Mano - Reciclado" 76

Figura 18, Contribución de las etapas individuales del ciclo de vida al impacto total por cada categoría de impacto para el proceso "Vaciado - Reciclado"..... 79

Figura 19, Producción de energía eléctrica en Perú por tipo de combustible, SEIN 2020. 93

Figura 20, Inventario del Proceso Unitario "Electricidad" 111

Figura 21, Inventario del Proceso Unitario "Ácido Sulfúrico"..... 111

Figura 22, Ácido para Negrear 112

Figura 23, Inventario del Proceso Unitario "Materia Prima – A Mano" 112

Figura 24, Inventario del Proceso Unitario "Producción - A Mano" 113

Figura 25, Inventario del Proceso Unitario "Disposición Final – A Mano" 113

Figura 26, Inventario del Proceso Unitario "Materia Prima – Vaciado"..... 114

Figura 27, Inventario del Proceso Unitario "Producción – Vaciado"..... 114

Figura 28, Inventario del Proceso Unitario "Disposición Final – Vaciado" 115

Figura 29, Inventario del Proceso Unitario "Recuperación de Plata" 115

LISTA DE TABLAS

Tabla 1, Resultados de ACV del proceso de beneficio con el método ILCD.....	7
Tabla 2, Resultados de ACV del proceso de refinación con el método ILCD	9
Tabla 3, Resultados de ACV de una empresa de joyería con el método ReCiPe.....	12
Tabla 4, Resultados de ACV del Relleno Sanitario Nauta y los botaderos abiertos en la región con el método IPCC 2013 y ReCiPe 2008	17
Tabla 5, Resultados de ACV de 100 botellas de cerveza Wayayo con el método CML2001	18
Tabla 6, Resultados de emisiones de GEI de una botella SMI de 355ml con el método IPCC 2013	20
Tabla 7, Principales hitos en la historia del Análisis de Ciclo de Vida	21
Tabla 8, Listado de las principales Bases de Datos de ICV.....	25
Tabla 9, Categoría de Impactos Ambientales según la SETAC	28
Tabla 10, Lista de software más utilizadas en los estudios de ACV	30
Tabla 11, Principales empresas exportadoras y principales mercados de joyería de plata	37
Tabla 12, Número de empresas fabricantes de joyería por departamento.....	39
Tabla 13, Diagnóstico sectorial FODA - Joyería	40
Tabla 14, Propiedades de las joyas según el proceso de producción.....	47
Tabla 15, Resumen de las recomendaciones de ILCD sobre opciones de modelado de ICV	48
Tabla 16, Equipos utilizados en los sistemas de producción de joyería	51
Tabla 17, Procedencia de los principales materiales usados	52
Tabla 18, Base de datos del consumo de materiales incluyendo la fuente de obtención ..	57
Tabla 19, Base de datos del consumo de materiales incluyendo la fuente de obtención ..	57
Tabla 20, Análisis de Sensibilidad según los escenarios evaluados	59
Tabla 21, Parámetros inciertos o variables incluidos en la simulación de Monte Carlo y su desviación estándar asociada expresada en porcentaje	59
Tabla 22, Impactos caracterizados y acompañados del rango de 95% de probabilidad del análisis de Monte Carlo	61
Tabla 23, Impactos caracterizados de la línea base y el escenario de sensibilidad, acompañados del rango de 95% de probabilidad del análisis de Monte Carlo.....	75
Tabla 24, Metodología ReCiPe para las categorías de impacto considerados en el estudio	90
Tabla 25, Lista de supuestos establecidos para la realización del estudio.....	91
Tabla 26, Lista de Materiales para el ácido sulfúrico.....	92
Tabla 27, Lista de Materiales para elaborar el ácido para negrear	92
Tabla 28, Lista de Materiales para elaborar la plata 950 en el proceso Hecho a Mano.....	93
Tabla 29, Lista de Materiales para elaborar la soldadura en el proceso Hecho a Mano....	94
Tabla 30, Lista de Materiales de la etapa de fundición en el proceso Hecho a Mano	94
Tabla 31, Lista de Materiales de la etapa de Laminado en el proceso Hecho a Mano	95
Tabla 32, Lista de Materiales de la etapa mesa de joyería en el proceso Hecho a Mano .	95

Tabla 33, Lista de Materiales de la etapa de soldado en el proceso Hecho a Mano	96
Tabla 34, Lista de Materiales de la etapa de acabado en el proceso Hecho a Mano.....	96
Tabla 35, Lista de Materiales de la etapa de elaboración de molde en el proceso Vaciado	97
Tabla 36, Lista de Materiales de la etapa de inyección en el proceso Vaciado.....	98
Tabla 37, Lista de Materiales de la etapa de preparación de yeso en el proceso Vaciado	98
Tabla 38, Lista de Materiales de la etapa de revestimiento en el proceso Vaciado.....	99
Tabla 39, Lista de Materiales de la etapa de vaciado en el proceso Vaciado.....	100
Tabla 40, Lista de Materiales de la etapa de mesa de joyería en el proceso Vaciado	100
Tabla 41, Lista de Materiales de la etapa de acabado en el proceso Vaciado	101
Tabla 42, Lista de Materiales de la etapa de quemado de residuos del proceso de reciclaje de plata.....	102
Tabla 43, Lista de Materiales del proceso de reciclaje de plata	104
Tabla 44, Inventario de materiales del proceso Hecho a Mano	105
Tabla 45, Inventario de materiales del proceso Vaciado	106
Tabla 46, Inventario de materiales del proceso de Reciclaje de Plata	107
Tabla 47, Coeficientes de sensibilidad normalizados calculados para 10% de perturbación de la cantidad de plata virgen.....	108
Tabla 48, Coeficientes de sensibilidad normalizados calculados para 10% de perturbación de la cantidad de GLP	108
Tabla 49, Coeficientes de sensibilidad normalizados calculados para 10% de perturbación de la cantidad de Residuos Peligrosos Generados	109
Tabla 50, Coeficientes de sensibilidad normalizados calculados para 10% de perturbación de la cantidad de Plata Recuperada	109
Tabla 51, Coeficientes de sensibilidad normalizados calculados para 10% de perturbación de la cantidad de Residuos para Recuperación de Plata	110
Tabla 52, Coeficientes de sensibilidad normalizados calculados para 10% de perturbación de la cantidad de Electricidad consumida	110
Tabla 53, Resultados del Inventario de Ciclo de Vida.....	116

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

En el mundo de la moda, la joyería siempre ha sido un elemento complementario para los usuarios, el cual tiene marcada relación entre su nivel adquisitivo y el tipo de metal usado; entre ellos el oro, la plata y el platino son considerados metales preciosos.

El Perú es un país con amplia historia en el arte de la orfebrería y joyería, que se demuestra con un amplio legado histórico en técnicas ancestrales de joyería; sin embargo, este sector presenta una dispersión entre el nivel de producción de este metal precioso con la industrialización de las joyas de plata, debido a que presenta ineficiencia en la formalización, productividad, competitividad, infraestructura, desarrollo humano, gestión ambiental y seguridad industrial que son pilares fundamentales para el crecimiento económico, por lo que se ha identificado que mejorando estos puntos detallados se generara un gran desarrollo en la industria de joyas de plata.

La finalidad del presente estudio es describir el desempeño ambiental de un taller artesanal representativo de joyería y posteriormente generar recomendaciones para mejorar su desempeño. Los talleres artesanales a diferencia de la producción industrializada, en promedio no están formalizados, por lo que necesitan mayores controles durante su producción.

La metodología de Análisis de Ciclo de Vida describe los impactos ambientales durante toda la cadena de valor del producto (desde la cuna a la tumba), por lo que se realizará el análisis en los procesos más importantes como son: la extracción de mineral, la refinación, la manufactura, la disposición final y la recuperación de material.

Para la presente investigación no se encontraron estudios ambientales con la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV) en el sector de joyería a nivel nacional, por lo que se realizará un ACV atribucional, donde el objetivo es describir los impactos ambientales del sistema analizado, el negocio como es usual (BAU, por sus siglas en inglés). A nivel internacional, son pocos los estudios de ACV encontrados en el sector de joyería, sin embargo, se observa que el mayor nivel de impactos ocurre en el proceso de extracción y refinamiento de materia prima.

No obstante, se planifica describir los principales impactos ambientales en el proceso de manufactura y distribución de la joyería artesanal de plata. En ese sentido se analizarán distintos escenarios de producción de joyería, como es la joyería mediante el proceso de "cera perdida" y la joyería hecha a mano, con la finalidad de evaluar los impactos ambientales durante dichos procesos y proponer niveles óptimos de producción. Finalmente se recomendarán mejores prácticas de producción para lograr la reducción considerable de los impactos ambientales generados y así lograr un modelo de economía circular relacionada a la Joyería.

1.2. Realidad Problemática

El deterioro de los ecosistemas a nivel mundial es uno de los principales problemas que presentamos como humanidad en los últimos tiempos; esto es ocasionado por los elevados niveles de consumo de recursos naturales y a la emisión de contaminantes al aire, suelo y agua que son generados por el alto nivel de consumismo que necesitamos para mantener nuestro estilo de vida; los cuales fueron acrecentados luego de la Primera Revolución Industrial (siglo XVIII). Como ejemplo, existe un abrumador consenso en la comunidad científica de todo el mundo que la humanidad es un contribuyente importante al cambio climático.

Dicho esto, la industria de la joyería es un actor relativamente pequeño en comparación con sectores como la generación de electricidad, la agricultura y el transporte. Sin embargo, es importante resaltar que los insumos que se utilizan en las piezas de joyería tienen un costo ambiental dramáticamente más alto que muchos otros artículos del día a día. Los más grandes impactos que tiene la industria de joyería son debido al uso de materia prima como los metales preciosos (plata, oro, platino) y piedras preciosas como (diamantes, rubíes, entre otros). La mayoría de estos impactos son relacionados a la generación de gases de efecto invernadero emitidos; sin embargo, la industria de la minería acarrea consigo otros grandes impactos ambientales como es la alteración de paisajes, el uso de insumos químicos, entre otros. A primera vista, eso suena mal, pero en muchos sentidos es una buena noticia; es una buena noticia porque cuando toma una decisión reflexiva sobre las joyas que compra, puede tener un impacto positivo sorprendentemente grande incluso cuando lo que está comprando es solo pequeño. (Harvey-Walker, 2019).

Si bien en los últimos años se ha considerado al cambio climático y el calentamiento global como la principal amenaza a nuestro ecosistema debido a los impactos que generan y podrían generar a nivel global; y se han desarrollado distintas medidas para poder afrontar la amenaza; como la medición de estos impactos mediante estudios de Huella de Carbono, la elaboración de normativas que prioricen la atención a esta problemática y la implementación de medidas de mitigación y corrección. Existen distintas categorías de impacto ambiental que deben evaluarse y que tienen también efectos graves a escala local, nacional y global; como es el consumo de recursos renovables y no renovables, la acidificación terrestre, la ecotoxicidad, el daño a la capa de ozono, entre otros. He ahí la necesidad de realizar estudios que tengan un mayor nivel de alcance con respecto a la evaluación del deterioro del ambiente en sus distintas categorías de impacto ambiental; siendo así que los estudios de Análisis de Ciclo de Vida brindan ese nivel de detalle, además de que existe toda una estructura normalizada que brinda la fiabilidad necesaria para poder desarrollar este tipo de estudios.

La presente investigación evaluará a través de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida los impactos ambientales ocasionados durante la fabricación de joyería de plata y así recomendar herramientas que puedan lograr una mejora en el desempeño ambiental en este sector; el presente trabajo de investigación se desarrollará utilizando el software libre OpenLCA versión 1.10. Por lo tanto, se plantea la siguiente problemática:

¿Qué impactos ambientales se generan en la producción joyería de plata en un taller artesanal de Chosica - Lima mediante la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV)?

1.3. Objetivos Generales y Específicos

1.3.1. Objetivo general:

- Evaluar los impactos ambientales generados en la producción de joyería de plata en un taller artesanal ubicado en Chosica – Lima, mediante la metodología de análisis de ciclo de vida.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los procesos que generan mayores impactos ambientales durante el ciclo de vida de la fabricación de joyería convencional.
- Evaluar los impactos ambientales durante el proceso de manufactura de joyería mediante los escenarios de producción mediante el método de “cera perdida” y la joyería hecha a mano.
- Proponer mejoras en el desempeño ambiental en la producción de joyería.

1.4. Hipótesis

La principal hipótesis planteada es: “Los impactos ambientales generados durante la producción de joyería de plata, en un taller artesanal de Chosica – Lima, mediante la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV) muestra que los impactos más significativos se generan durante los procesos de extracción, refinación y recuperación de material”.

También se plantean las siguientes hipótesis como parte del planteamiento de los objetivos secundarios de la tesis: “En el proceso de manufactura de joyería se verificará que los impactos ambientales mediante el proceso de vaciado son mayores que con el proceso hecho a mano”.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Análisis del Estado del Arte

El análisis del estado del arte que aquí se realiza se agrupan en 4 tipos: la primera es sobre la evaluación de estudios de Análisis de Ciclo de Vida en los procesos de extracción de minerales, el segundo es el Análisis de Ciclo de Vida en el sector de Joyería, el tercero es el uso del software OpenLCA en los estudios de Análisis de Ciclo de Vida a nivel internacional y el cuarto grupo es la evaluación de estudios de Análisis de Ciclo de Vida en el Perú.

2.1.1. Evaluación de los estudios de Análisis de Ciclo de Vida en los procesos de extracción de minerales

- Farjana; Huda; Parvez & Saidur (2019). A review on the impact of mining and mineral processing industries through life cycle assessment. Macquarie University, Sydney, Australia.

Objetivo: El objetivo principal de este documento de revisión es cuantificar y analizar las investigaciones pasadas en ACV de minerales y procesos mineros para llenar la falta de conocimiento en los principales procesos y materiales en minería, responsables de los impactos ambientales de la minería, categorías ambientales que se verán afectadas, cantidad de emisiones y sugerir alternativas para reducir los impactos ambientales de los procesos mineros.

Metodología: La metodología de recopilación y evaluación de información utilizada fue la siguiente: los resultados de investigaciones relevantes y significativas, así como los artículos publicados se ordenan y clasifican como parte del proceso de recopilación de materiales; en total, se seleccionaron de forma exclusiva cuarenta artículos que se centran en el ACV de las industrias mineras. Estos documentos se clasifican según el tipo de industria minera de metales en cuestión. En total, se estudiaron rigurosamente dieciséis procesos mineros mediante la evaluación del ciclo de vida. En el siguiente paso, estas publicaciones se estudian ampliamente para identificar los criterios clave para realizar una revisión exhaustiva de la literatura. Posteriormente, se seleccionan las categorías de evaluación y los artículos, sus métodos y resultados se clasifican en función de las categorías de evaluación. En el último paso, los materiales y sus criterios evaluados son evaluados científicamente, presentados e identificados los vacíos de investigación en estos estudios previos.

Desarrollo: Se describieron los conceptos básicos de ACV, que incluye el objetivo y el alcance, los límites del sistema, el software en uso y los métodos utilizados para el análisis de ACV enfocados en las industrias mineras hasta el momento, estos pasos cumplen el estándar ISO 14040. *Los límites del sistema* que se siguen en los estudios de ACV basados en la minería son de cuna a puerta (cradle-to-gate), debido a la falta de una fuente de datos suficiente, es difícil asumir el estado de fin de vida útil del metal procesado; un estudio completo de ACV en minería comprende

las operaciones de extracción, concentración y beneficio, extracción, fundición, transporte y refinación de minerales. *La unidad funcional* en consideración para el ACV en la minería podría ser de 1 kg de mineral seleccionado, o 1 tonelada de mineral seleccionado, o una mega tonelada de ese mineral seleccionado. *El objetivo de los trabajos* de ACV es analizar los efectos de un producto o proceso en función de la frontera de su sistema y categorizar sus emisiones. *Las bases de datos* para el inventario del ciclo de vida se recopilaron de varias fuentes, como informes de empresas, literatura publicada, bases de datos de renombre como Ecolnvent, USGS, AusLCl; sin embargo, muy pocos conjuntos de datos se centran en el contexto global. *Los métodos para realizar la evaluación del ciclo de vida* más reconocidos y ampliamente utilizados en las industrias mineras son el método ReCiPe, CML (Center of Environmental Science of Leiden University of Sweden), ILCD (International Reference Life Cycle Data System), el método CED (Cumulative Energy Demand) y el método IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change); estos métodos varían entre sí en cuanto a caracterización, normalización y factores de ponderación, categorías de impacto y ubicación geográfica. En cuanto a la *región geográfica*, una serie de estudios se centraron en diferentes regiones, pero la mayoría de los comunes se basaron en dos países: Australia y China. La *técnica de asignación* fue necesaria en muchos de los estudios de ACV que producen una cantidad significativa de subproductos, han sido basadas en la masa, basada en el costo o se puede utilizar como una combinación de masa y costo. El *software* más utilizado en las industrias mineras fue SimaPro y Gabi; los resultados de los análisis generados por SimaPro y Gabi deberían producir un resultado razonablemente similar considerando que se utilizan técnicas de análisis y bases de datos similares, sin embargo, eso también está sujeto a investigación y validación.

Resultados: En las industrias de procesamiento de minerales, en los últimos 15 años, hay 40 resultados de investigación significativos que se publican con base en la evaluación del ciclo de vida de procesos específicos de minería de metales o un sistema de procesos. Los resultados de la evaluación del ciclo de vida (ACV) varían de un método de ACV estandarizado a otro, de un software de simulación a otro y de un metal de minería a otro. A pesar de todos los factores clave, los procesos responsables cruciales para la emisión ambiental de cada metal se fijan independientemente de la cuantificación de los resultados. Se realizó la evaluación de Análisis de Ciclo de Vida en industrias mineras como: de aluminio, carbón, cobre, hierro, oro, níquel, acero, elementos raros, cobalto, manganeso, plata, entre otros. Sin embargo, la presente investigación se centra en evaluar los estudios de minería de plata. En ese sentido, la las investigaciones revisadas fueron las siguientes:

Farjana, S. H., Huda, N., & Parvez Mahmud, M. A. (2019). Life cycle analysis of copper-gold-lead-silver-zinc beneficiation process. *Science of the total environment*, 41-52.

Farjana, S. H., Huda, N., Parvez Mahmud, M. A., & Lang, C. (2019). Impact analysis of gold-silver refining processes through life-cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* 228, 867-881.

Conclusiones: En conclusión, este artículo de revisión presenta un escenario integral de todos los estudios existentes reportados en la literatura sobre el análisis del impacto ambiental del ciclo de vida de las industrias mineras de metales. Se identifican dieciséis industrias de minería de metales que tienen resultados de investigación significativos que cuantifican los efectos ambientales basados en métodos de LCA. (Farjana S. H., Huda, Parvez Mahmud, & Saidur, 2019)

- Farjana, S. H., Huda, N., & Parvez Mahmud, M. A. (2019). Life cycle analysis of copper-gold-lead-silver-zinc beneficiation process. *Science of the total environment*, 41-52

Objetivo: El objetivo principal de este artículo es analizar los impactos en el ciclo de vida de los procesos de beneficio de la producción combinada de oro-plata-plomo-zinc-cobre. En la presente investigación se considera particularmente el proceso de beneficio con los coproductos, donde se evalúan los efectos ambientales a través de más de 15 categorías de impacto. Esto, debido a que, en los trabajos anteriores, el investigador encontró que solo se evaluaron algunas categorías de impacto como: el potencial de calentamiento global, el potencial de acidificación y el consumo de energía. Esta falta de enfoque persistía en muchas categorías de impacto significativo como ecotoxicidad, eutrofización o radiación ionizante. Estas limitaciones de estudios anteriores también se trataron en la investigación. Además, no hubo una investigación significativa de ACV basada en procesos de producción de plomo o plata, por lo que este es otro aspecto notable de la investigación realizada.

Metodología: La metodología de análisis de ciclo de vida del proceso evaluado cumple con el estándar ISO 14040, en ese sentido cumple con las 4 principales etapas del ACV: definición del objetivo y alcance, inventario de impactos, evaluación de impactos y la interpretación de resultados.

Desarrollo: Se describieron los conceptos básicos de ACV, que incluye el objetivo y el alcance, los límites del sistema, el software en uso y los métodos utilizados para el análisis de ACV enfocados en las industrias mineras hasta el momento, estos pasos cumplen el estándar ISO 14040. El *objetivo* de la investigación es analizar los efectos ambientales del proceso de beneficio de oro-plata-plomo-zinc-cobre. El *alcance del sistema* contiene los impactos ambientales y emisiones sobre la mayoría de categorías de impactos ambientales, a través de los procesos de molienda, flotación, tostado y sinterizado. Los *límites del sistema* que se siguieron en la presente investigación tienen el enfoque de la cuna a puerta (cradle-to-gate); incluye el mineral de la mina, la concentración de mineral, el transporte y la fundición. Este estudio no tiene la intención de incluir las etapas del producto al final de su vida útil o las emisiones ambientales de estos metales no ferrosos. La *unidad funcional* establecida es de un kilogramo para cada coproducto de cada metal. El *software* utilizado en la para realizar el análisis de ciclo de vida fue SimaPro v8.5, sin embargo, el autor reconoce que existen otros softwares disponibles (sin costo de licencia) para realizar la investigación como Gabi, OpenLCA y Umberto, que

cumplen con los estándares para realizar la investigación. La *base de datos* para el inventario de ciclo de vida en estos estudios proviene de los softwares usados, en este caso el software SimaPro se abastece de base de datos reconocidas como Ecoinvent, USGS y AusLCI que contienen base de datos de los procesos mineros. La *ubicación geográfica* para el presente estudio proviene Suecia, sin embargo, no se han considerado los factores climáticos regionales con la finalidad de simplificar el análisis. Los *métodos de análisis* usados para la evaluación de impactos ambientales fueron la International Life Cycle Reference Data System (ILCD) para evaluar los impactos en el punto medio, el método IMPACT 2002+ para evaluar impactos en el punto final y el método de Demanda Acumulativa de Energía (CED, por sus siglas en inglés) para evaluar y cuantificar la energía consumida en cada etapa del proceso productivo. Se realizaron *métodos de asignación* debido a que todos los subproductos del proceso de beneficio como el oro, la plata, el plomo, zinc, y cobre; el método de asignación se basó en el criterio económico.

Resultados: Las categorías de impacto más importantes son la ecotoxicidad, el cambio climático, la toxicidad humana, la eutrofización, la acidificación y el agotamiento del ozono entre las casi 15 categorías de impacto que se evalúan en este estudio. Los resultados del análisis del método ILCD indican que existe un impacto notable sobre la radiación ionizante provocada por el proceso de beneficio. De los cinco metales considerados, el beneficio de oro y plata tiene el mayor impacto, mientras que el beneficio de plomo y zinc es el que menos. La *Tabla 1* muestra los resultados de la Evaluación de Impactos en el Ciclo de Vida.

Tabla 1, Resultados de ACV del proceso de beneficio con el método ILCD

Etiqueta	Oro	Cobre	Plata	Plomo	Zinc	Unidad
Cambio Climático	3843.55	0.97	82.12	0.268	0.41	kg CO ₂ eq
Agotamiento de la capa de ozono	2.25E-04	6.06E-08	3.84E-06	1.66E-06	2.54E-08	kg CFC-11 eq
Toxicidad Humana, sin efectos cancerígenos	3.86E-04	7.17E-06	6.59E-06	1.97E-06	3.01E-06	CTUh
Toxicidad Humana, con efectos cancerígenos	2.47E-05	6.37E-09	4.35E-07	1.75E-05	2.87E-09	CTUh
Emisión de Material Particulado	10.897	3E-03	0.16	0.3E-04	1.2E-03	kg PM 2.5 eq
Radiación Ionizante Hf	2146.9	0.613	38.697	0.168	0.257	kBq U235 eq
Radiación Ionizante E	0.019	5.52E-06	3.3E-04	1.52E-06	2.32E-06	CTUe
Formación de ozono fotoquímico	172.22	0.048	2.84	0.013	0.02	kg NfVOC eq
Acidificación	191.714	0.054	3.273	0.014	0.022	mmole H+ eq
Eutrofización terrestre	951.064	0.27	16.24	0.074	0.113	mmole N eq
Eutrofización lluvia	2.84	6.06E-04	0.046	2.22E-04	3.39E-04	kg P eq
Eutrofización marina	59.25	0.016	1.011	0.004	0.007	kg N eq
Ecotoxicidad acuática	1153.144	0.292	20.33	0.08	0.122	CTUe
Uso de Tierra	3.135.336	0.438	58.539	0.12	0.163	kg C direct
Agotamiento de recursos hídricos	19.852	0.005	0.33E	1.4E-04	2.2E-03	m3 water eq

Fuente: (Farjana, Huda, & Parvez Mahmud, Life cycle analysis of copper-gold-lead-silver-zinc beneficiation process, 2019)

Conclusión: En conclusión, este trabajo presenta y discute los factores clave que causan un impacto ambiental significativo debido al proceso de beneficio de oro-plata-plomo-zinc-cobre. Las principales categorías de impacto ambiental se analizan utilizando el método ILCD y el método CED. Las principales razones detrás de las cargas ambientales asociadas durante el proceso de beneficio son el proceso

de voladura y la cantidad de consumo de electricidad en el proceso de beneficio. (Farjana, Huda, & Parvez Mahmud, Life cycle analysis of copper-gold-lead-silver-zinc beneficiation process, 2019).

- Farjana, S. H., Huda, N., Parvez Mahmud, M. A., & Lang, C. (2019). Impact analysis of gold silver refining processes through life-cycle assessment. Journal of Cleaner Production 228, 867-881.

Objetivo: El objetivo principal de este artículo es analizar y comparar la evaluación del ciclo de vida (ACV) de los procesos de refinación de oro y plata. En este estudio se consideran dos procesos de producción: refinación de oro y plata a través del proceso de producción en pareja de oro-plata y refinación de oro y plata que se producen a partir del proceso de producción combinado de oro-plata-plomo-zinc-cobre. La diferencia entre estos procesos es la coproducción de diferentes metales como resultado de sus procesos.

Metodología: La metodología de análisis de ciclo de vida del proceso evaluado cumple con el estándar ISO 14040, en ese sentido cumple con las 4 principales etapas del ACV: definición del objetivo y alcance, inventario de impactos, evaluación de impactos y la interpretación de resultados.

Desarrollo: Se describieron los conceptos básicos de ACV, que incluye el objetivo y el alcance, los límites del sistema, el software en uso y los métodos utilizados para el análisis de ACV enfocados en las industrias mineras hasta el momento, estos pasos cumplen el estándar ISO 14040. El *objetivo* es analizar los impactos ambientales causados por los diferentes procesos de producción. El *alcance del sistema* contiene los impactos ambientales y emisiones sobre la mayoría de categorías de impactos ambientales. Los *límites del sistema* que se siguieron en la presente investigación tienen el enfoque de la cuna a puerta (cradle-to-gate). La *unidad funcional* establecida es de un kilogramo para cada producto (oro y cobre). La *base de datos* para el inventario de ciclo de vida en estos estudios proviene de estudios previos y bases de datos; la base de datos para el proceso de producción en pareja de oro y plata es basado en plantas de Papua Nueva Guinea, por otro lado, la base de datos para el proceso de producción combinada otro-plata con otros metales están basados en base de datos de Suecia. La *ubicación geográfica* para el presente estudio proviene de Papua Nueva Guinea y Suecia. Los *métodos de análisis* usados para la evaluación de impactos ambientales fueron International Life Cycle Reference Data System (ILCD) para evaluar los impactos en el punto medio, el método IMPACT 2002+ para evaluar impactos en el punto final y el método de Demanda Acumulativa de Energía (CED, por sus siglas en inglés) para evaluar y cuantificar la energía consumida en cada etapa del proceso productivo. El *software* utilizado en la investigación para realizar el análisis de ciclo de vida fue SimaPro v8.5. Se realizaron *métodos de asignación* debido a que el oro y la plata nunca se producen solos, el método de asignación se basó en el criterio económico.

Resultados: Los resultados muestran la evaluación comparativa del ciclo de vida a partir de los procesos de refinación de oro y plata producidos a partir de la

producción en pareja de oro y plata o de la producción combinada de metales no ferrosos. Los resultados del análisis utilizando el método ILCD revela que los procesos de refinación de oro y plata de la producción en pareja tienen un efecto mayor que el proceso de refinación utilizando la producción combinada de metales no ferrosos. Las principales categorías de impacto en la producción en pareja de oro y plata incluyen la toxicidad humana con efectos carcinogénicos, la acidificación, la eutrofización, las ecotoxicidades, el uso de la tierra, el uso del agua y el agotamiento de los recursos minerales. Por otra parte, la producción de oro y plata procedente de la producción combinada de metales básicos repercute en gran medida en la toxicidad humana (efectos no carcinogénicos), la radiación ionizante (tanto para la salud humana como sobre los ecosistemas). La *Tabla 2* muestra los resultados de la Evaluación de Impactos en el Ciclo de Vida.

Tabla 2, Resultados de ACV del proceso de refinación con el método ILCD

Categoría de Impacto	Oro de la producción combinada de metales	Plata de la producción combinada de metales	Oro de la producción en pareja	Plata de la producción en pareja	Unidad
Cambio Climático	9.4E-03	161.19	3.4E-04	815.44	kg CO ₂ eq
Agotamiento de la capa de ozono	2.5E-04	4.26E-06	2.2E-03	5.31E-05	kg CFC-11 eq
Toxicidad Humana: en efectos cancerígenos	7.1E-03	1.12E-04	1E-05	2.42E-05	CTUn
Toxicidad Humana: con efectos cancerígenos	6.05E-05	1.02E-08	8E-04	1.45E-05	CTUn
Emisión de Material Particulado	15.61	0.27	28.56	0.636	kg PM2.5
Radiación Ionizante HII	2.1E-03	37.34	47.15	1.14	kBq U235
Radiación Ionizante E	0.02	3.37E-04	4.2E-04	1.02E-05	CTUe
Formación de ozono fotoquímico	165.15	1.23	255.64	7.14	kg NMVOC eq
Acidificación	203.21	3.98	280.58	6.79	molc H+ eq
Eutrofización Terrestre	1.07E-03	17.26	1.2E-03	29.95	molc N eq
Eutrofización fluvial	2.85	0.05	65.45	1.58	kg P eq
Eutrofización marina	64.61	1.11	100.14	2.42	kg N eq
Ecotoxicidad acuática	3.1E-03	54.03	1.3E-04	330.61	CTUe
Uso de Tierra	3.6E-03	62.06	1.6E-04	389.39	kg C deflcat
Agotamiento de recursos hídricos	21.19	0.36	225.67	5.45	m ³ water eq
Agotamiento de recursos minerales y fósiles	6.32E-11	1.17E-12	1.02E-10	2.45E-12	kg Sb eq

Fuente: (Farjana S. H., Huda, Parvez Mahmud, & Lang, Impact analysis of gold silver refining processes through life-cycle assessment, 2019)

Conclusión: Esta investigación presenta la evaluación del ciclo de vida de los procesos de refinación de oro y plata, compara sus entradas, salidas, categorías de impacto y analiza algunas formas de reducir los impactos ambientales de los procesos de refinación. Los resultados muestran que la refinación de oro tiene mayores efectos ambientales en comparación con la refinación de plata. (Farjana S. H., Huda, Parvez Mahmud, & Lang, Impact analysis of gold silver refining processes through life-cycle assessment, 2019)

2.1.2. Análisis de Ciclo de Vida en los procesos de joyería

- Usapein, P., & Tongcumpou, C. (2016). Greenhouse Gas Emission in Jewelry Industry: A Case Study of Silver Flat Ring. Applied Environmental Research. (38), 11-18.

Objetivo: El objetivo principal de este artículo es analizar y comparar la evaluación de la huella de carbono de un anillo de plata, junto con un intento de medir el

consumo de material y energía. En ese sentido los objetivos secundarios del estudio fueron (1) crear un inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el proceso de producción de un anillo plateado; (2) estimar las emisiones de GEI de la producción de anillos de plata; y (3) proponer opciones para reducir las emisiones de GEI de la producción de anillos de plata.

Metodología: La metodología de cálculo de la huella de carbono del proceso evaluado cumple con el estándar ISO 14064 y con la metodología establecida por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), en ese sentido cumple con las 4 principales etapas similares al Análisis de Ciclo de Vida: definición del objetivo y alcance, inventario de impactos, evaluación de impactos y la interpretación de resultados.

Desarrollo: Se describieron los conceptos básicos del análisis, que incluye el objetivo y el alcance, los límites del sistema, el software en uso y los métodos utilizados para el análisis de huella de carbono. El *objetivo* de la investigación es calcular la emisión de dióxido de carbono equivalente a lo largo del ciclo de vida de la producción de anillos de plata. *El alcance del sistema* contiene los impactos ambientales y emisiones que influyen en el cambio climático, a través de los procesos de adquisición de materia prima, procesos de producción, transporte y tratamiento de residuos. Los *límites del sistema* que se siguieron en la presente investigación tienen el enfoque de la cuna a puerta (cradle-to-gate); asimismo, el sistema del proceso tiene el enfoque Bussines to Bussines, que significa que la empresa es proveedora y no realiza la distribución del producto al consumidor final; en ese sentido se incluye la extracción de materia prima, la producción y la entrega del producto hasta un tercero que realizará la venta al consumidor final; se excluye del proceso la distribución final, el consumo y la disposición final. La *unidad funcional* establecida está basada en la producción de un anillo de plata. La investigación no menciona el uso de un *software* para realizar el cálculo de la huella de carbono. La *base de datos* para el inventario de la huella de carbono proviene en mayor medida por parte de la empresa, también se usaron base de datos de Tailandia, para los datos que no se encontraban disponibles se utilizó la base de datos de Ecoinvent v2.0. La *ubicación geográfica* para el presente estudio proviene de Tailandia. El *método de análisis* usado para la evaluación de impactos ambientales fue según la metodología establecida por IPCC, en la cual las emisiones de GEI son expresados en la masa dióxido de carbono equivalente (CO₂eq).

Resultados: El cálculo de Huella de Carbono muestra que la etapa de adquisición de materia prima hace la mayor contribución de GEI (0.9740 kg CO₂e o 94.44%) seguida de producción (0.0573 kg CO₂e) y transporte (0.002 kg CO₂e). En conclusión, la huella de carbono total del producto es 1.03 kg CO₂e por anillo de plata (que pesa en promedio 10.0 g).

Conclusión: En este estudio se evaluó la huella de carbono del anillo de plata. Con base en los límites del sistema definidos por el estudio, se calcularon sucesivamente las emisiones de GEI generadas a partir de la adquisición de materias primas, el

proceso de producción, el transporte y el tratamiento de residuos. (Usapein & Tongcumpou, 2016).

- Thammaraksa, C., Wattanawan, A., & Prapasongsa, T. (2017). Corporate Environmental Assessment of a Large Jewelry Company: From a Life Cycle Assessment to Green Industry. *Journal of Cleaner Production*. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.06.220

Objetivo: Los objetivos de la investigación fueron definir fuentes significativas de impacto ambiental a lo largo de la cadena de valor de una gran empresa de fabricación de joyas, y comprender las consecuencias del uso de materiales de diferentes fuentes para identificar posibles soluciones hacia una industria verde.

Metodología: La metodología de evaluación del proceso evaluado cumple con el estándar ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, en ese sentido cumple con las 4 principales etapas del Análisis de Ciclo de Vida: definición del objetivo y alcance, inventario de impactos, evaluación de impactos y la interpretación de resultados.

Desarrollo: Se describieron los conceptos básicos del análisis, que incluye el objetivo y el alcance, los límites del sistema, el software en uso y los métodos utilizados para el análisis de huella de carbono. El *objetivo* de la investigación es comprender los impactos ambientales más significativos de las actividades de una organización a lo largo de su cadena de valor e identificar oportunidades para reducir los impactos ambientales enfocándose en las áreas más críticas. *El alcance del sistema* cubre las actividades in situ, incluidos todos los productos y servicios que la empresa ha proporcionado, así como las actividades clave upstream (producción y distribución de materia prima) y downstream (venta, uso y disposición final). Los *límites del sistema* que se siguieron en la presente investigación tienen el enfoque de la cuna a puerta (cradle-to-gate); en ese sentido se incluye la extracción de materia prima, la producción y la distribución final del producto; se excluye del proceso el uso y la disposición final. La *unidad funcional* establecida está basada en el total de consumos y emisiones debido a la operación de la empresa en el año 2013 para la producción de joyería de oro y plata, no se tuvo acceso al inventario de ciclo de vida. La investigación no menciona el uso de un *software* para realizar el análisis de ciclo de vida. La *base de datos* para el inventario de ciclo de vida proviene en mayor medida por parte de la empresa, también se usaron base de datos de Tailandia. La *ubicación geográfica* para el presente estudio proviene de Tailandia. El *método de análisis* usado para la evaluación de impactos ambientales fue según la metodología establecida por ReCiPe 2008 (Goedkoop, M, y otros, 2013), los resultados son caracterizados en diferentes categorías de impactos de punto medio.

Resultados: El escenario en condiciones normales de la empresa, *Business as Usual*, muestra el impacto potencial de las operaciones normales en 2013; el proceso de producción de oro y plata (producido a partir de recursos primarios o vírgenes) es la fuente más importante de contaminación en cada categoría de

impacto, ya que representa más del 60% a casi el 100% de los impactos aparecieron en la adquisición de materia prima, como se muestra en la *Tabla 3*.

Conclusión: La fuente importante de contaminación considerando toda la cadena de suministro en 2013 fue la extracción y refinación de oro y plata en la adquisición de materias primas. El uso de oro y plata reciclados podría evitar generar impactos ambientales. El impacto podría ser menor si el oro y la plata reciclados se reciclaran de los desechos de oro y plata propios de la empresa. (Thammaraksa, Wattanawan, & Prapasongsa, 2017)

Tabla 3, Resultados de ACV de una empresa de joyería con el método ReCiPe

Categoría de Impactos	Adquisición de materia prima		Manufactura		Distribución del producto		Total
	(%)		(%)		(%)		
Cambio climático (kg CO ₂ eq)	(68.6)	2.95E+07	(90.1)	1.30E+07	(1.4)	5.84E+05	4.33E+07
Agotamiento de la capa de ozono (kg CFC-11 eq)	(95.7)	3.23E+03	(1.5)	6.51E+02	(2.4)	8.17E+02	3.58E+03
Toxicidad Humana (kg 1,4-DB eq)	(97.9)	6.55E+08	(2.1)	1.43E+07	(0.0)	4.82E+04	6.69E+08
Formación de ozono fotoquímico (kg NMVOC)	(99.8)	2.62E+05	(7.5)	2.46E+04	(1.2)	4.15E+03	3.17E+05
Material particulado (kg PM10 eq)	(86.8)	1.05E+05	(12.4)	1.60E+04	(0.8)	1.09E+03	1.26E+05
Acidificación Terrestre (kg SO ₂ eq)	(83.7)	3.08E+05	(15.5)	5.89E+04	(0.7)	2.69E+03	3.70E+05
Toxicidad Fluvial (kg 1,4-DB eq)	(99.5)	8.38E+06	(1.5)	1.26E+05	(0.0)	1.02E+03	9.49E+06
Toxicidad marina (kg 1,4-DB eq)	(98.1)	3.24E+08	(1.5)	1.60E+05	(0.0)	1.33E+03	8.51E+08
Agotamiento de agua (m ³)	(63.0)	5.33E+05	(36.8)	3.13E+05	(0.2)	1.59E+03	8.48E+05
Agotamiento de metales (kg Fe eq)	(97.7)	8.41E+07	(2.3)	2.04E+06	(0.0)	1.43E+04	8.61E+07
Agotamiento de recursos fosfatos (kg oil eq)	(66.8)	8.95E+08	(21.7)	4.27E+06	(1.5)	2.08E+05	1.34E+09

Fuente: (Thammaraksa, Wattanawan, & Prapasongsa, 2017)

2.1.3. Análisis de Ciclo de Vida mediante el uso del software OpenLCA

- Buitrago, R. (2014). "Evaluación de los efectos ambientales de la gasolina, diésel, biodiésel y etanol carburante en Colombia por medio del Análisis de Ciclo de Vida". Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Objetivo: La presente investigación tiene como objetivo desarrollar la evaluación de los impactos ambientales ocasionados por el consumo de gasolina, E10, diésel y biodiésel en Colombia, cuando se utilizan como combustible para vehículos de transporte de personas por medio de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida.

Metodología: La metodología de evaluación del proceso evaluado cumple con el estándar ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, en ese sentido cumple con las 4 principales etapas del Análisis de Ciclo de Vida: definición del objetivo y alcance, inventario de impactos, evaluación de impactos y la interpretación de resultados.

Desarrollo: Se describieron los conceptos básicos del análisis, que incluye el objetivo y el alcance, los límites del sistema, el software en uso y los métodos utilizados para el análisis de huella de carbono. El *objetivo* de la investigación es evaluar los impactos ambientales ocasionados por la gasolina, E10, diésel y biodiésel en Colombia cuando son usados como fuente de energía para vehículos de transporte de pasajeros mediante la metodología de Análisis de Ciclo de Vida. Los *límites del sistema* que se siguieron en la presente investigación tienen el enfoque de la cuna a puerta (cradle-to-gate); comprenden la cadena completa de producción de los biocombustibles, extracción de materias primas, transporte, cultivo de biomasa, producción, transporte distribución y uso del bioetanol biodiésel como combustible en un vehículo Renault tipo Logan. La *unidad funcional* para comparar el desempeño del bioetanol y biodiésel, gasolina E10, gasolina y diésel en las categorías de impacto descritas, corresponde a: un kilómetro recorrido con estos combustibles en un vehículo Renault Logan; por otra parte, la *unidad funcional* para comparar la cadena de producción de los biocombustibles colombianos respecto al bioetanol producido en Brasil y el biodiésel producido en Malasia corresponde a: un kilogramo de biocombustible producido. El *software* usado en la presente investigación es OpenLCA, el cual fue desarrollado por Green Delta y se encuentra disponible gratuitamente. La *base de datos* para el inventario de ciclo de vida proviene del Laboratorio Nacional de Energías Renovables de Estados Unidos (NREL), inventarios de emisiones europea The European reference Life Cycle Database y Ecoinvent. La *ubicación geográfica* para el presente estudio proviene de Colombia. Las *metodologías de análisis* usadas para la evaluación de impactos ambientales fueron de IPCC para la categoría de Cambio Climático, y el análisis de la Demanda Acumulada de Energía (CED) que evalúa los tipos de energía utilizados durante todo el ciclo de vida del proceso.

Resultados: Los resultados muestran que el sistema de producción actual de bioetanol presenta una reducción en las emisiones de GEI del 79% en comparación con la gasolina, mientras que se presenta una reducción en la Demanda de Energía no Renovable del 87% (bioetanol: $1,7E-2$ kg CO₂eq/MJ y $1,8E-1$ MJeq/MJ; gasolina: $8,3E-2$ kg CO₂eq/MJ y $1,4$ MJeq/MJ). Por otra parte, la producción actual de biodiésel presenta una reducción del 82% en las emisiones de GEI en comparación al diésel fósil y una reducción en la Demanda de Energía no Renovable del 35% (biodiésel: $1,6E-2$ kg CO₂eq/MJ y $3,9E-1$ MJeq/MJ; diésel: $8,9$ kg CO₂eq/MJ y $6,0E-1$ MJeq/MJ). Los resultados obtenidos mediante el software OpenLCA fueron similares a los reportados por investigaciones previas (Consortio CUE, 2012), en la cual se usó como herramienta el software Simapro.

Conclusiones: El presente trabajo de investigación demuestra que el uso del software OpenLCA es una herramienta óptima para desarrollar estudios de impactos ambientales mediante la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, puesto que se pueden incorporar distintos métodos de evaluación de impactos ambientales, así como, la base de datos de Ecoinvent. (Buitrago Tello, 2014)

- Cuéllar, Y. (2016). “Análisis de Ciclo de Vida para diferentes fuentes energéticas usadas en los vehículos de transporte de pasajeros de la ciudad de Bogotá”. Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Objetivo: Evaluar los impactos ambientales de diferentes fuentes energéticas en vehículos de transporte para verificar cuales puedan garantizar menores impactos al ambiente.

Metodología: La metodología de evaluación del proceso evaluado cumple con el estándar ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, en ese sentido cumple con las 4 principales etapas del Análisis de Ciclo de Vida: definición del objetivo y alcance, inventario de impactos, evaluación de impactos y la interpretación de resultados.

Desarrollo: Se describieron los conceptos básicos del análisis, que incluye el objetivo y el alcance, los límites del sistema, el software en uso y los métodos utilizados para el análisis de huella de carbono. Los *límites del sistema* que se siguieron en la presente investigación tienen el enfoque de la cuna a puerta (cradle-to-gate); comprenden la cadena completa de producción de los combustibles fósiles, biocombustibles y electricidad: extracción de materias primas, transporte, cultivo de biomasa, producción, transporte de distribución y uso como fuente energética en un vehículo. La *unidad funcional* establecida está basada en la cantidad de contaminante emitido en gramos al recorrer un kilómetro y la cantidad de contaminante emitido en gramos para transportar un pasajero una distancia de un kilómetro. El *software* usado en la presente investigación es OpenLCA, el cual fue desarrollado por Green Delta y se encuentra disponible gratuitamente. La *base de datos* para el inventario de ciclo de vida proviene en mayor medida por parte de investigaciones nacionales y la base de datos de Ecoinvent. La *ubicación geográfica* para el presente estudio proviene de Colombia. El *método de análisis* usado para la evaluación de impactos ambientales fue según el Plan Decenal de Descontaminación del aire para Bogotá (2010), los resultados son caracterizados en diferentes categorías de impactos de punto medio como CO₂, CO, NO_x y PM_{2.5}.

Resultados: Los resultados de este trabajo indican que la mayor parte de las emisiones se generan en la etapa de combustión del vehículo, las cuales son superiores al 80 % para los vehículos que utilizan combustibles fósiles líquidos. Sin embargo, en el caso de los vehículos livianos, las emisiones de PM_{2.5} que se generan en las etapas previas a la combustión son significativas, y se originan principalmente en la producción de la gasolina (61 %) y del bioetanol (17 %). (Cuéllar Álvarez, 2016)

2.1.4. Análisis de Ciclo de Vida en el Perú

- Vázquez-Rowe, I., Kahhat, R., Larrea-Gallegos, G., & Ziegler-Rodríguez, K. (2019). Peru's road to climate action: Are we on the right path? The role of life cycle methods to improve Peruvian national contributions. (P. L. Network, Ed.) Science of the Total Environment (659), 249-266.

Objetivo: Brindar un punto de vista crítico de las actuales Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) de mitigación propuestas por el

gobierno peruano para cumplir con el Acuerdo de París sobre cambio climático. Además, el análisis va acompañado de una discusión sobre cómo el uso de métodos de análisis de ciclo de vida, en algunos casos en combinación con otras metodologías de gestión, espaciales y económicas, puede ser de utilidad en términos de apoyo de políticas para evaluar y mejorar el potencial de mitigación de NDC, así como en la identificación de contribuciones adicionales en sectores donde se ha obviado el potencial de mitigación.

Resultados: Se realizó la evaluación de los procesos de transición que están adoptando la mayoría de países, relacionada a acciones voluntarias de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) involucrados en el Acuerdo de Copenhague. De este análisis se evaluó también el grado de compromiso que está teniendo el Perú, en relación a sus contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés). Nuestro país se ha comprometido a reducir sus emisiones anuales de GEI en un 30% en 2030 con respecto a una estimación comercial para ese mismo año. Los 76 NDC se han dividido en seis sectores principales : energía, transporte, procesos industriales, agricultura, silvicultura y residuos. Asimismo, se evalúa la utilidad de los estudios de Análisis de Ciclo de Vida como mecanismo para evaluar el potencial de mitigación de estas NDC.

Conclusiones: Se concluye que la metodología de análisis de ciclo de vida surge como herramienta adecuada para monitorear la idoneidad ambiental de la adopción o adaptación de la tecnología baja en carbono al contexto local. (Vázquez-Rowe, Kahhat, Larrea-Gallegos, & Ziegler-Rodríguez, 2019)

- Ziegler Rodríguez, K. E. (2019). Evaluación ambiental por medio del Análisis de Ciclo de Vida del relleno sanitario del distrito de Nauta, en Loreto. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Objetivo: Realizar una evaluación ambiental de la construcción, operación y cierre de un Relleno Sanitario ubicado en la provincia amazónica de Loreto – Nauta a través de la metodología del ACV. Esta tesis busca cuantificar los impactos ambientales de un emplazamiento de disposición final de residuos sólidos en una zona de condiciones climáticas húmedas y calurosas ubicada en la Amazonía mediante distintas categorías de impacto.

Metodología: La metodología de evaluación del proceso evaluado cumple con el estándar ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, en ese sentido cumple con las 4 principales etapas del Análisis de Ciclo de Vida: definición del objetivo y alcance, inventario de impactos, evaluación de impactos y la interpretación de resultados.

Desarrollo: Se describieron los conceptos básicos del análisis, que incluye el objetivo y el alcance, los límites del sistema, el software en uso y los métodos utilizados para el análisis de huella de carbono. Los *límites del sistema* considera las siguientes características del relleno sanitario: preparación del terreno (remoción de la cobertura vegetal y deforestación en caso que hubiere), movimiento de tierras, construcción de las celdas e instalaciones, disposición de los residuos (y su caracterización local), sistemas de colección de lixiviados, sistemas de colección y

tratamiento de gases, sistemas energéticos como grupos electrógenos, y la maquinaria utilizada en el emplazamiento (camiones, tractores, excavadoras entre otros); se excluyeron del sistema los elementos que se consideren fuera de los límites de la investigación como el transporte de los residuos hacia el relleno sanitario, las obras aledañas, carreteras, campamentos de personal, transporte de personal en la etapa de construcción, entre otros. La *unidad funcional* establecida en el caso del relleno sanitario Nauta fue de “1 tonelada de RSM rellena en el RS Nauta” es imperativo señalar que se fija la unidad funcional como una tonelada dispuesta y no tonelada recolectada o transportada, debido a que como en diversas instalaciones se realizan procesos de valorización adicionales a la disposición final, como la segregación o el compostaje, el total de los residuos recolectados no llegan a ser dispuestos en el relleno sanitario. El *software* usado en la presente investigación es EASETECH, el cual es un programa especializado en sistemas de tratamiento de residuos a diferencia de los demás programas. La *base de datos* para el inventario de ciclo de vida proviene en mayor medida por parte de fuentes primarias como la Municipalidad Provincial de Loreto - Nauta, los datos de fuentes secundaria provienen de distintas bases de datos; en el caso de flujo de materiales y residuos se usó la base de datos provista del software EASETECH, en el caso de vehículos y maquinarias, se utilizó la base de datos de Ecoinvent y finalmente para obtener datos sobre la descomposición de los residuos se siguió un modelo de degradación provisto por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y por la IPCC. La *ubicación geográfica* para el presente estudio proviene de Perú. Los *métodos de análisis* usados para la evaluación de impactos ambientales fueron el método IPCC 2013, el cual se enfoca en la caracterización de Gases de Efecto Invernadero, y el método ReCiPe 2008, el cual involucra diversas categorías de impacto como acidificación, eutrofización y agotamiento de la capa de ozono.

Resultados: Los principales resultados se presentan en la *Tabla 4* muestran que el impacto total del relleno en la categoría de Cambio Climático asciende a 1376 kg CO₂-eq por unidad funcional, y se reduce a 696 y 355 kg CO₂-eq si se implementa la quema de biogás y recuperación de energía, respectivamente. Asimismo, la mayor parte de las emisiones se generan a lo largo de los primeros 5 años debido a las condiciones climáticas calurosas y húmedas de la selva amazónica. En cuanto a las categorías de impacto restantes, estas se ven incrementadas en gran medida por las elevadas precipitaciones de la región. Además, la migración de botadero informales a rellenos sanitarios, si bien incrementa el impacto en Cambio Climático, reduce en hasta 4 órdenes de magnitud los impactos en la mayoría de categorías restantes, lo que implicaría definitivamente un beneficio ambiental significativo. (Ziegler Rodríguez, 2019)

Conclusión: La presente investigación se centra en evaluar el desempeño ambiental del Relleno Sanitario Nauta en comparación con los botaderos de la región; se evidencia que contrariamente a lo esperado las emisiones de GEI son menores en los botaderos, por lo que se menciona la necesidad de realizar otras acciones que disminuyan las emisiones de GEI. La investigación fue desarrollada con apoyo de la Red Peruana de Análisis de Ciclo de Vida y Ecología Industrial (PELCAN) de la

Pontificia Universidad Católica del Perú, quienes vienen realizando investigaciones sobre ACV en el rubro energético, agroindustria, pesquero, entre otros. Asimismo, se concluye que la metodología de ACV cumplió con detallar los impactos ambientales en todas las etapas del ciclo de vida del relleno sanitario.

Tabla 4, Resultados de ACV del Relleno Sanitario Nauta y los botaderos abiertos en la región con el método IPCC 2013 y ReCiPe 2008

Categoría de impacto (Unidad)	Botadero profundo	Botadero poco profundo	RS Nauta
Cambio climático (kg CO ₂ eq)	1136	523	1376
Aquecimiento de la capa de ozono (kg CFC-11 eq)	1.05E-3	1.05E-3	8.68E-4
Toxicidad Humana (kg 1,4-DB eq)	9.70	1.13E4	1.21
Eutrofización en agua dulce (kg P eq)	1.03E-2	1.21	2.21E-4
Eutrofización marina (kg N eq)	7.40	25.06	1.94E-1
Materia particulada (kg PM ₁₀ eq)	0.00	0.00	4.05E-3
Acidificación Terrestre (kg SO ₂ eq)	0.00	0.00	7.61E-3
Ecoloxidad Terrestre (kg 1,4-DB eq)	3.12E-5	2.15	2.51E-4
Ecoloxidad Agua Dulce (kg 1,4-DB eq)	3.19E-1	1.95E2	1.78E-2
Ecoloxidad Marina (kg 1,4-DB eq)	7.95E-1	64.00	1.72E-2

Fuente: (Ziegler Rodríguez, 2019)

- Salcedo Lazo, A. M. (2019). "Mejoramiento del desempeño ambiental del proceso de producción de la cerveza Wayayo a partir del análisis de ciclo de vida utilizando OpenLCA". Tesis, Universidad Continental, Facultad de Ingeniería. Huancayo: Repositorio Institucional Continental, Huancayo.

Objetivo: Evaluar los impactos ambientales del proceso de producción de la cerveza Wayayo mediante la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, utilizando OpenLCA vs 1.7 para mejorar su desempeño ambiental.

Metodología: La metodología de evaluación del proceso evaluado cumple con el estándar ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, en ese sentido cumple con las 4 principales etapas del Análisis de Ciclo de Vida: definición del objetivo y alcance, inventario de impactos, evaluación de impactos y la interpretación de resultados.

Desarrollo: Se describieron los conceptos básicos del análisis, que incluye el objetivo y el alcance, los límites del sistema, el software en uso y los métodos utilizados para el análisis de huella de carbono. Los límites del sistema que se siguieron en la presente investigación tienen el enfoque de la cuna a puerta (cradle-to-gate); en ese sentido se incluye las etapas de producción de las principales materias primas para la producción de cerveza (malta de cebada y lúpulo); asimismo se incluye los principales procesos de producción como: la molienda de la malta, la maceración, la filtración, la cocción, la sedimentación, el enfriamiento, la fermentación, la maduración y el envasado; se excluye del proceso el consumo y la disposición final. La *unidad funcional* utilizada en la investigación fue de 53.4524 kg de cerveza artesanal envasada en una botella color marrón no retornable; lo que equivale a 100 botellas de cerveza artesanal envasadas. El software usado en la

presente investigación es OpenLCA versión 1.7. La *base de datos* para el inventario de ciclo de vida proviene en mayor medida por parte de los procesos internos de la empresa (Wayayo), los datos para el uso de materia prima y la disposición final proviene de base de datos que son compatibles con el software Open LCA, en ese sentido se usaron las bases de datos Ecoinvent v3.4 y Agrobalyse 1.3. La *ubicación geográfica* para el presente estudio proviene de Perú. El *método de análisis* usado para la evaluación de impactos ambientales fue CML 2001, los resultados son caracterizados en diferentes categorías de impactos de punto medio.

Resultados: En la *Tabla 5* se muestran los resultados de la investigación, en relación a los impactos ambientales ocasionados por la producción de cerveza mediante el Análisis de Ciclo de Vida; en esta ocasión para la producción de 100 botellas de cerveza de 330 ml cada una.

Tabla 5, Resultados de ACV de 100 botellas de cerveza Wayayo con el método CML2001

Categoría de impacto	Cantidad	Unidad
Cambio Climático: GWF 100/a	2.9571E01	kg CO ₂ eq
Agotamiento de ozono: estratosférico - ODP	4.04162E-08	kg CFC 11 eq
Toxicidad Humana: HTP infinito	2.04276E01	kg 1,4 DCB eq
Radiación ionizante	3.73759E-08	DALY
Potencial de Acidificación	2.2751E-01	kg SO ₂ Eq
Potencial de Eutrofización	6.37579E-02	kg PO ₄ eq
Ecotoxicidad acuática agua dulce	7.16007E00	kg 1,4 DCB Eq
Ecotoxicidad acuática marina	3.64715E04	kg 1,4 DCB Eq
Ecotoxicidad terrestre	2.46661E-01	kg 1,4 DCB Eq
Uso del suelo	2.29625E01	M ² a
Oxidación fotoquímica (emitg de verano)	7.6595E-03	kg Etieno eq
Agotamiento de recursos abióticos	2.83176E-1	kg Sb eq
Mixto: ozono de aire	7.49447E05	MJ air

Fuente: (Salcedo Lazo, 2019)

Conclusión: Se concluye que el software Open LCA cumple con brindar precisión en los resultados obtenidos. (Salcedo Lazo, 2019)

- libélula. (2019). Análisis de Ciclo de Vida de las Emisiones de GEI de seis escenarios de producción de botellas. Investigación, Lima.

Objetivo: Realizar una comparación de inventarios de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en 2 escenarios de los procesos de producción de botellas de plástico de San Miguel Industrias: botellas de plástico virgen y botellas de plástico reciclado.

Metodología: La metodología de evaluación del proceso evaluado cumple con el estándar ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, en ese sentido cumple con las 4 principales etapas del Análisis de Ciclo de Vida: definición del objetivo y alcance, inventario de impactos, evaluación de impactos y la interpretación de resultados.

Desarrollo: Se describieron los conceptos básicos del análisis, que incluye el objetivo y el alcance, los límites del sistema, el software en uso y los métodos

utilizados para el análisis de huella de carbono. Los *límites del sistema* que se siguieron en la presente investigación tienen el enfoque de la cuna a puerta (cradle-to-gate); en ese sentido se la adquisición de material y preprocesamiento, la producción, la distribución y almacenaje, el uso y la disposición/reciclaje; se excluye del proceso las actividades administrativas, el transporte del personal y actividades destinadas a incrementar la venta del producto. La *unidad funcional* considerada será una botella de 355 ml con un peso de 17.04 gramos con el fin de que los resultados puedan ser comparables con las botellas de vidrio más adelante, las mismas que obviamente tendrán la misma capacidad (355 ml) pero diferente peso, al ser fabricadas con vidrio. El *software* usado en la presente investigación es OpenLCA, el cual es un programa de libre acceso que proporciona la plataforma adecuada para utilizar la base de datos Ecoinvent. La *base de datos* para el inventario de ciclo de vida proviene en mayor medida por parte de los procesos internos de la empresa San Miguel Industrias (SMI), los datos de fuentes externas provienen de Ecoinvent v3.4, el cual es una base de datos de procesos a nivel global, la cual permite el Análisis de Ciclo de Vida de productos debido a que contiene las cadenas productivas desde su origen de una gran diversidad de insumos. La *ubicación geográfica* para el presente estudio proviene de Perú. El *método de análisis* usado para la evaluación de impactos ambientales fue IPCC 2013, los resultados serán expuestos en términos de kilogramos de CO₂ equivalente (o CO₂ eq), considerando los GEI incluidos en el IPCC 2013 según lo especificado en la base Ecoinvent 3.4.

Resultados: La adquisición de material y preprocesamiento es la única etapa que diferencia el tratamiento entre material virgen y material reciclado, mientras que el resto de etapas procesan los insumos de igual manera. Las emisiones de la etapa de Adquisición de Material y Preprocesamiento del material virgen superan por casi 10 veces a las emisiones de la misma etapa, pero de material reciclado. Siendo las primeras 3.69 kgCO₂ eq por kilogramo de material virgen y las segundas 0.37 kgCO₂ eq por kilogramo de material reciclado. El resumen de las emisiones por cada etapa para una botella de 355 ml se detalla en el *Tabla 6*

Conclusión: Los procesos de producción de las botellas de plástico SMI comprueban ser los menos emisores de GEI en comparación con los procesos promedio de botellas de vidrio y plástico, tanto virgen como reciclado, considerando el alcance propuesto en la presente investigación. Los resultados de la investigación mediante el uso del software OpenLCA y la base de datos Ecoinvent permiten a SMI comparar sus procesos con unos equivalentes (para el plástico en general) así como comprarlos con la producción del vidrio. Todo esto genera identificar oportunidades de mejora y de reducción de su Huella Ambiental, a través de prácticas sostenibles. (libélula, 2019)

Tabla 6, Resultados de emisiones de GEI de una botella SMI de 355ml con el método IPCC 2013

Etapas / Emisiones	Botella Plástico PET SMI Reciclado (kgCO ₂ eq./botella)	Botella Plástico PET SMI Virgen (kgCO ₂ eq./botella)
Adquisición de Material y Preprocesamiento	6.27E-03	62.34E-03
Producción de botella	4.20E-03	4.20E-03
Distribución a embotelladoras y puntos de venta	2.20E-03	2.20E-03
Transporte hacia puntos de disposición final	0.13E-03	0.13E-03
Total de emisiones (en kg)	12.80E-03	69.07E-03

Fuente: (libélula, 2019)

2.2. Metodología de Análisis de Ciclo de Vida

La metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) tiene la finalidad de evaluar los principales impactos ambientales a lo largo del desarrollo de un producto, proceso o sistema. Es una metodología cuantitativa, ya que recopila datos de entradas y salidas del sistema evaluado y los analiza según la metodología de evaluación de impactos que se establezca. Según el alcance del análisis se identifican dos tipos de estudios. Los ACV atribucionales describe el comportamiento de un sistema elegido sin alterar variables en el proceso de producción. Los estudios consecuenciales, sin embargo, evalúan los impactos ambientales de sistemas en el que se alteran variables en el proceso productivo, con la finalidad de evaluar la viabilidad ambiental de mejoras durante el proceso.

2.2.1. Historia del Análisis de Ciclo de Vida

La idea de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se concibió en la década de 1960 cuando la degradación ambiental y, en particular, el acceso limitado a los recursos comenzó a convertirse en una preocupación. El ACV tuvo sus raíces iniciales en los estudios de empaque y se centró principalmente en el uso de energía y algunas emisiones, lo que provocó un desarrollo de métodos en gran medida descoordinado en los EE. UU y el norte de Europa. Los estudios se realizaron principalmente para las empresas, que los utilizaron internamente y comunicaron poco a las partes interesadas. Después de un período de silencio en la década de 1970, las décadas de 1980 y 1990 vieron un aumento en el desarrollo metodológico y la colaboración y coordinación internacional en la comunidad científica y el desarrollo de métodos tuvo lugar cada vez más en las universidades. Con la consolidación de la base metodológica, la aplicación del ACV se amplió para abarcar una gama cada vez mayor de productos y sistemas con estudios encargados o realizados tanto por la industria como por los gobiernos, y los resultados se comunicaron cada vez más a través de artículos académicos e informes de la industria y el gobierno. Hasta el día de hoy, el desarrollo metodológico ha continuado y se ha prestado cada vez más atención a la creación de consenso científico internacional sobre las partes centrales de la metodología ACV y la estandarización de ACV y enfoques relacionados. (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018). Los principales hitos cronológicos están resumidos en la *Tabla 7*.

Tabla 7, Principales hitos en la historia del Análisis de Ciclo de Vida

Evento	Año	Nota
El (quizás) primer estudio orientado al ACV se presentó sobre los requisitos energéticos para la producción de productos químicos.	1963	Conferencia Mundial de Energía, Harold Smith
Coca Cola encarga su primer estudio comparando envases de bebidas	1969	No es público
Se establece la base metodológica para el análisis ambientalmente extendido de entrada / salida	1970	Leontief (1970)
Publicación del primer estudio de ACV público y revisado por pares "Análisis del perfil ambiental y de recursos de nueve alternativas de envases de bebidas", encargado por la EPA de EE. UU.	1974	EPA (1974)
Se introduce el primer método de evaluación de impacto basado en volúmenes críticos	1984	BUS (1984)
El primer software de ACV comercial ampliamente utilizado, GaBi, se lanzó en su primera versión.	1989	Thinkstep (2016).
SimaPro, otro software ACV comercial ampliamente utilizado, fue lanzado en su primera versión.	1990	PRé (2016)
El término "evaluación del ciclo de vida" fue acuñado	1990	SETAC (1991)
Surgimiento de varias bases de datos de ICV administradas por diferentes instituciones	Principios de la década de 1990	
Primera metodología de evaluación de impacto orientada a temas ambientales, CML92	1992	Heijungs et al. (1992)
Se publica el Código de Prácticas de la SETAC en un esfuerzo por armonizar el marco, la terminología y la metodología del ACV	1993	SETAC (1993)
La revista académica totalmente dedicada a ACV, The International Journal of Life Cycle Assessment, nació	1996	
Publicación de la Norma ISO 14040 sobre principios y marco de ACV	1997	ISO 14040
Publicación de la norma ISO 14041 sobre definición de objetivos y alcance	1998	ISO 14041
Emerge la Metodología orientada al daño Eco-indicador 99	1999	Goedkoop y Spriensma (2000)
Lanzamiento de la norma ISO 14042 sobre evaluación del impacto del ciclo de vida	2000	ISO 14042
Lanzamiento de la norma ISO 14043 sobre interpretación del ciclo de vida	2000	ISO 14043
Lanzamiento de la Iniciativa de ciclo de vida PNUMA / SETAC	2002	
Lanzamiento de la base de datos de ICV Ecoinvent versión 1.01	2003	Ecoinvent (2016)
Establecimiento de un marco metodológico general y sin guías para ACV a través de ISO 14040 e ISO 14044	2006	
Se propuso un marco para el análisis de la sostenibilidad del ciclo de vida	2008	Klöpffer (2008)
Publicación del Manual de la ILCD	2010	EC (2010)
Publicación de las Directrices PEF y OEF	2012 y posteriores	

Fuente: (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018)

2.2.2. Normas del ACV

A nivel internacional se viene usando la estructura propuesta por la International Organization for Standardization (ISO), quien define la estructura que debe tener dicho análisis en la norma ISO 14040:2006 ACV Principios y Marco de Referencia, y la norma ISO 14044:2006 Requerimientos y Directrices.

La presente investigación cumple la metodología de ACV estructurada de acuerdo con el marco ISO y, también, haciendo referencia a las recomendaciones y requisitos dados por las directrices del International Reference Life Cycle Data System (Sistema Internacional de Referencia de Datos de Ciclo de Vida, ILCD por sus siglas en inglés).

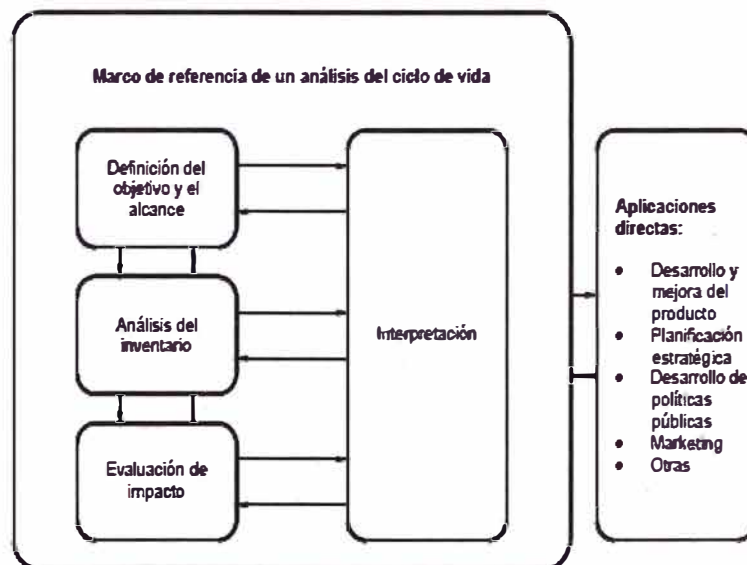
Las normas ISO 14040 y 14044 proporcionan el marco indispensable para la evaluación del ciclo de vida (ACV). Este marco, sin embargo, deja al investigador con una variedad de opciones, que pueden afectar la legitimidad de los resultados de un estudio de ACV. Si bien la flexibilidad es esencial para responder a la gran variedad de preguntas que se abordan, se necesita más orientación para respaldar la coherencia y la garantía de calidad. Por lo tanto, el ILCD se ha desarrollado para proporcionar una guía para datos y estudios de Evaluación del Ciclo de Vida consistentes y de calidad garantizada. (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018)

Las directrices europeas del ILCD para ACV (EC-JRC, 2010) se basan firmemente en el marco y los requisitos metodológicos de las normas ISO, pero van más allá y ofrecen orientación metodológica a un nivel mucho más detallado que las normas. El ILCD consta principalmente del Manual de ILCD (ILCD Handbook) y la Red de datos de ILCD (ILCD Data Network). El Manual ILCD es una serie de documentos técnicos que brindan orientación para las buenas prácticas en la Evaluación del ciclo de vida en empresas y gobiernos.

2.2.3. Fases del Análisis de Ciclo de Vida

La estructura del Análisis de Ciclo de Vida opera con 4 fases separadas, las cuales se muestran en la *Figura 1*:

Figura 1, Fases del Análisis de Ciclo de Vida



Fuente: ISO 14040 (2006)

2.2.3.1. Objetivo y alcance

Durante dicha fase es importante establecer la finalidad o los resultados que queremos encontrar en el estudio, los cuales serán establecidos en el objetivo. Asimismo, se establecerán los límites del sistema que será analizados, dicha delimitación es importante debido a que se podría identificar datos que no guardan mucha relación con la finalidad del estudio, asimismo el estudio podría ser muy complejo si no existen límites en el sistema.

a) Objetivo

La definición de objetivos es la primera fase de cualquier ACV. Esto influye en gran medida en el ACV porque las decisiones tomadas en fases posteriores del estudio deben ser consistentes con la definición de la meta. La definición de objetivos basada en los requisitos de la norma ISO generalmente contiene seis aspectos:

- Aplicaciones previstas de los resultados
- Limitaciones debidas a elecciones metodológicas
- Contexto de decisión y motivos para realizar el estudio
- Público objetivo
- Estudios comparativos que se darán a conocer al público
- Comisionado del estudio y otros actores influyentes.

b) Alcance

La definición del alcance determina que sistema de producto será evaluado y como la evaluación será llevada a cabo. La principal meta de la definición del alcance es asegurar y documentar la consistencia de los métodos, los supuestos y los datos; así como fortalecer la reproducibilidad del estudio. La norma ISO 14044 establece una serie de requerimientos que debemos cumplir durante el establecimiento del alcance. Entre los cuales resalta el establecimiento de una unidad funcional. La Unidad Funcional es la unidad de medida equivalente que se usará para comparar los impactos ambientales en cada proceso unitario evaluado. También es necesario establecer el sistema y sus límites, lo que consiste en establecer los procesos unitarios que serán evaluados y los que no estarán dentro del sistema, dicho análisis deberá estar establecido en un diagrama del proceso. Los demás requerimientos serán necesarios para establecer un mayor grado de exactitud y veracidad al estudio realizado. Una definición del alcance consiste de los siguientes aspectos:

- Entregables
- Objeto de la evaluación (Función, Unidad Funcional y Flujos de Referencia)
- Marco de modelización de ACV y gestión de procesos multifuncionales
- Límites del sistema y requisitos de integridad
- Representatividad de los datos de ACV
- Preparación de la base para la evaluación de impacto.
- Requisitos especiales para las comparaciones de sistemas

- Necesidades de una revisión crítica.
- Planificación de informes de resultados.

2.2.3.2. Inventario del Ciclo de Vida (ICV)

Durante la etapa de realización del Inventario de Ciclo de Vida se realiza la recopilación de datos de consumo y emisiones, así como los procedimientos de cálculo para poder cuantificar las entradas y salidas pertinentes dentro de un sistema de producto. Durante la fase de análisis del inventario del ciclo de vida de un ACV, se realiza la recopilación de datos y el modelado de los flujos hacia, desde y dentro de los sistemas de productos. Esto debe estar en línea con la definición de la meta y (en la medida de lo posible) cumplir con los requisitos derivados de la definición del alcance. Posterior a la recopilación de datos es necesario determinar los valores equivalentes en relación a la unidad funcional establecida, con la finalidad de determinar los impactos equivalentes y poder realizar los cálculos de evaluación de impactos ambientales en la siguiente fase.

Para el desarrollo del Inventario de Ciclo de Vida se deben cumplir los siguientes aspectos:

- Identificación de procesos para el modelo de ICV
- Planificación y recopilación de datos
- Procesos unitarios de construcción y control de calidad
- Construcción del modelo de ICV y cálculo de los resultados de ICV
- Preparación de las bases para la gestión de la incertidumbre y el análisis de sensibilidad.
- Presentación de informes.

El resultado de ICV es una lista de flujos elementales cuantificados que cruzan el límite del sistema del ciclo de vida estudiado y se utiliza como entrada para la siguiente fase de Evaluación de Impactos del Ciclo de Vida (EICV).

a) Bases de Datos de ICV

Para realizar la recopilación de datos es necesario diferenciar entre base de datos y datos obtenidos a primera mano. Lo recomendable es poder obtener datos a primera mano en cada proceso que se evalúe, sin embargo, debido a su complejidad y el costo existen base de datos de Inventario de Ciclo de Vida de distintos procesos y productos. Se recomienda su uso durante la evaluación de procesos indirectos o en procesos complejos donde se dificulte la recopilación de datos a primera mano. La *Tabla 8*, presenta una lista no excluyente de las bases de datos de ICV más utilizadas.

Tabla 8, Listado de las principales Bases de Datos de ICV

Nombre	Descripción	Referencias
Ecoinvent	Base de datos suiza que contiene aproximadamente 12.500 procesos (versión 3) organizados bajo diferentes temas como transporte, energía, producción de materiales, agricultura, etc. Todos los procesos están disponibles como procesos unitarios y de sistema y todos los procesos están documentados en detalle. Actualizado regularmente	ecoinvent; www.ecoinvent.org
ELCD	Base de datos de JRC de la Comisión Europea, contiene más de 300 conjuntos de datos sobre energía, producción de materiales, eliminación y transporte.	Joint Research Centre of the European Commission; epca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/index.xhtml
Agri-footprint	Una base de datos completa de LCI de piensos, alimentos y biomasa, que contiene alrededor de 3500 productos y procesos.	Blonk Consultants; www.agri-footprint.com
LCA Food	Base de datos danesa que contiene más de 600 conjuntos de datos sobre productos alimenticios básicos y procesos relacionados de la agricultura, la acuicultura, la pesca, la industria, la venta al por mayor y menor, incluidos los procesos de tratamiento de residuos	2.-0 LCA Consultants and Aarhus University; www.lcafood.dk
Base de Datos Nacional de ACV de Suecia	Contiene más de 500 conjuntos de datos de ICV bien documentados en formato SPINE para una amplia gama de procesos industriales y artículos y servicios para el hogar.	Centro de Competencias para la Evaluación Ambiental de Sistemas de Productos y Materiales de la Universidad de Tecnología de Chalmers; cpmdatabase.cpm.chalmers.se
GaBi databases	Bases de datos independientes basadas principalmente en la recopilación de datos primarios. Cubre sectores desde la agricultura hasta las industrias de la electrónica y la automoción, los textiles y la venta minorista, pasando por los servicios. Contiene más de 10,000 perfiles de inventario de ciclo de vida	GaBi; www.gabi-software.com/international/databases/gabi-databases/
LC-inventories	Más de 1000 conjuntos de datos de proceso, que son correcciones, actualizaciones o extensiones de la base de datos ecoinvent v2.2, creados por ESU-Services y otros autores	La Oficina Federal Suiza para el Medio Ambiente y los servicios ESU; www.lc-inventories.ch
NEEDS	Base de datos diseñada para evaluaciones ambientales a largo plazo. Contiene alrededor de 800 procesos de futuros sistemas de suministro de energía, futuros suministros de materiales y futuros servicios de transporte.	Miembros de un proyecto de investigación europeo; www.needs-project.org/needswebdb/index.php
NREL	Base de datos estadounidense con alrededor de 300 conjuntos de datos relacionados con la producción de materiales, componentes o ensamblaje en los Estados Unidos.	Laboratorio Nacional de Energías Renovables; www.nrel.gov/lci
ProBas	Comprende más de 8000 conjuntos de datos sobre energía, producción de materiales, transporte y eliminación, diferentes fuentes de datos y calidad de los datos. Se centra en los procesos dentro de Alemania	Agencia Federal Alemana para el Medio Ambiente; www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php
LCA Commons	Más de 18.000 conjuntos de datos para la producción agrícola y los productos derivados de la agricultura de EE. UU.	USDA; www.lcacommons.gov
Ökobaodat	Base de datos alemana con alrededor de 950 conjuntos de datos de declaración medioambiental de productos para materiales de construcción, procesos de construcción y procesos de transporte.	Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Edificación y Seguridad Nuclear; http://www.oekobaodat.de/en.html

Fuente: (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018)

Existen varios programas de base de datos de inventario de ciclo de vida, sin embargo, la base de datos más comprensible y más utilizada es Ecoinvent. En cada proceso de la base de datos existen una "asignación, por defecto" (o APOS: asignación en el punto de sustitución, en inglés), una "asignación, con contenido reciclado" (o "cut-off") y una versión "consecuente".

La versión de 'asignación, por defecto' usa el precio como clave de asignación como regla, excepto para algunos procesos, donde se utilizan parámetros físicos

representativos (como para procesos que involucran coproducción de electricidad y calor) donde los mercados se juzgan distorsionados, por ejemplo, regulación, y también corrige los precios fluctuantes aplicando precios promedio históricos de tres años para algunos procesos (Weidema, Bauer, Hischer, & et al., 2013). La versión de "corte" ("cut-off") es idéntica a la versión de "asignación por defecto", excepto por el manejo de materiales reciclables que se cortan antes de ser enviados a reciclaje. Esto significa que los materiales reciclables no aportan ningún beneficio al usuario principal de los materiales y se consideran disponibles 'libres de carga' para los procesos de reciclaje, y que los impactos atribuidos a los materiales reciclados secundarios son solo los de los procesos de reciclaje y el transporte asociado. Por el contrario, en la versión de asignación predeterminada, a los materiales reciclados secundarios también se les asigna una parte de los impactos del ciclo de vida anterior del material (según la asignación económica) (Althaus & et al, 2007) La existencia de los dos enfoques de asignación para materiales reciclables en ecoinvent ("predeterminado" y "corte") refleja el hecho de que hay poco consenso sobre cómo realizar dicha asignación de la manera más razonable. La asignación de corte ("cut-off") es el enfoque recomendado en la guía de Huella Ambiental de Productos Europeos (EC-JRC, 2012). La versión consecuente de ecoinvent usa la tecnología marginal a largo plazo, que se identifica considerando si un mercado está aumentando (o estable, o disminuyendo lentamente) o disminuyendo rápidamente.

2.2.3.3. Evaluación de impactos ambientales (EICV)

La evaluación del impacto del ciclo de vida es una fase del ACV que tiene como objetivo evaluar la magnitud de la contribución de cada flujo elemental (es decir, las emisiones o el uso de recursos de un sistema de productos) a un impacto en el medio ambiente. Esto proporcionará información útil en la fase de interpretación. En el ACV esta es una fase importante, ya que transforma un flujo elemental del inventario en sus impactos potenciales sobre el medio ambiente. Esto es necesario ya que los flujos elementales son solo cantidades emitidas o utilizadas, pero no directamente comparables entre sí en términos de la importancia de su impacto. Los métodos de caracterización de EICV esencialmente modelan el mecanismo ambiental que subyace a cada una de las categorías de impacto como una cadena de causa-efecto que comienza desde la intervención ambiental (emisión o interacción física) hasta su impacto. Sin embargo, los resultados de la EICV no deben interpretarse como efectos ambientales reales previstos ni como una superación prevista de los umbrales o márgenes de seguridad ni como riesgos para el medio ambiente o la salud humana. Los resultados de esta fase de ACV son puntuaciones que representan impactos potenciales. (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018)

Las normas ISO 14040/14044 (ISO, 2006) distinguen los pasos obligatorios y opcionales para la fase de EICV:

Pasos obligatorios:

- Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización (en la práctica, por lo general, se elige un método EICV ya existente). - ¿Qué impactos debo evaluar?
- Clasificación (asignación de resultados de ICV a categorías de impacto de acuerdo con sus efectos potenciales conocidos, es decir, en la práctica, normalmente se realiza de forma automática mediante las bases de datos de ICV y el software de ACV). - ¿A qué impacto(s) contribuye cada resultado de ICV?
- Caracterización (cálculo de los resultados del indicador de categoría cuantificando las contribuciones de los flujos de inventario a las diferentes categorías de impacto, es decir, normalmente realizado automáticamente por el software ACV) - ¿Cuánto aporta cada resultado de ICV?

Pasos opcionales:

- Normalización (que expresa los resultados de EICV en relación con los de un sistema de referencia) - ¿Es eso mucho?
- Ponderación (priorizar o asignar ponderaciones a cada categoría de impacto) - ¿Es importante?
- Agrupación (agregando varios resultados de indicadores de impacto en un grupo)

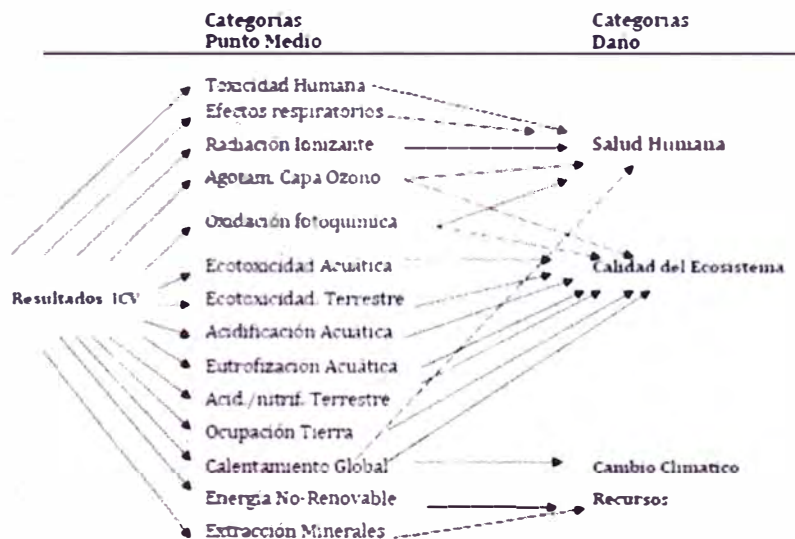
a) Categorías de Impacto

Durante este proceso de evaluación se categorizan los impactos ambientales encontrados en el inventario de ciclo de vida según los distintos mecanismos ambientales. El punto de partida del mecanismo ambiental se establece mediante una intervención ambiental en la forma de un flujo elemental en el ICV, y la contribución del flujo de ICV se mide por la capacidad de afectar un indicador para la categoría de impacto que se selecciona a lo largo de la cadena de causa-efecto de la categoría de impacto. Aparte de la viabilidad de modelar el indicador, esta selección debe guiarse por la relevancia ambiental del indicador. Por lo tanto, para seleccionar el indicador de impacto, se deben llegar a un compromiso entre elegir entre 2 categorías de indicadores de impacto ambiental según los diferentes niveles del mecanismo ambiental:

- Indicadores de Punto Medio (Al principio del mecanismo ambiental), dando un resultado más medible (por ejemplo, en el laboratorio) pero con menos relevancia ambiental y más alejado de las preocupaciones directamente observables en el ambiente.
- Indicadores de Punto Final (En la etapa final del mecanismo ambiental), proporcionando información más relevante pero difícilmente verificable (por ejemplo, ecosistemas degradados, vida humana afectada).

La *Figura 2* muestra el Marco de la caracterización según la metodología IMPACT 2002+ que vincula los flujos elementales de los resultados del inventario con los resultados de los indicadores a nivel de punto medio y nivel de punto final para 14 categorías de impacto de punto medio y 4 áreas de protección.

Figura 2, Marco del esquema general de indicadores de punto medio y punto final según la metodología IMPACT-2002+



Fuente: (Joliet, y otros, 2003)

La Tabla 9, muestra las principales categorías de impacto ambiental de punto medio contempladas por la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC).

Tabla 9, Categoría de Impactos Ambientales según la SETAC

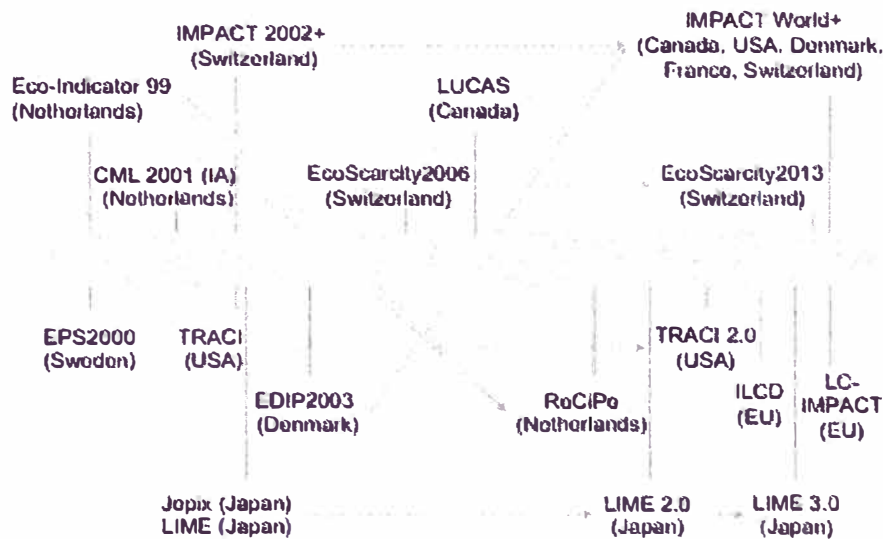
Nombre	Unidad	Descripción	Factor de Caracterización
Calentamiento Global	Kg Eq. CO ₂	Fenómeno observado en las medidas de la temperatura que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas.	Potencial de Calentamiento Global (PCG)
Consumo de Recursos Energéticos	MJ	Energía consumida en la obtención de las materias primas, fabricación, distribución, uso y fin de vida del elemento analizado.	Cantidad Consumida
Reducción de la Capa de Ozono	Kg Eq. de CFC-11	Efectos negativos sobre la capacidad de protección frente a las radiaciones ultravioletas solares de la capa de ozono atmosférica.	Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO)
Eutrofización	Kg Eq. de NO ₃	Crecimiento excesivo de la población de algas originado por el enriquecimiento artificial de las aguas de ríos y embalses como consecuencia del empleo masivo de fertilizantes y detergentes que provoca un alto consumo del oxígeno del agua.	Potencial de Eutrofización (PE)
Acidificación	Kg Eq. SO ₂	Pérdida de 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 descargados a la atmósfera.	Potencial de Acidificación (PA)
Consumo de Materiales Primas	Tm	Consumo de materiales extraídos de la naturaleza.	Cantidad Consumida
Formación de Oxidantes Fotoquímicos	Kg Eq. C ₂ H ₄	Formación de los precursores que dan lugar a la contaminación fotoquímica. La luz solar incide sobre ciertos precursores, provocando la formación de una serie de compuestos conocidos como oxidantes fotoquímicos (el ozono-O ₃ es el más importante por su abundancia y toxicidad).	Potencial de Formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF)

Fuente: (Ihobe S.A., 2009)

b) Metodologías de evaluación de impactos del ciclo de vida

En la práctica común del ACV, una serie de indicadores de categoría, basados en modelos de caracterización específicos, se combinan en conjuntos o métodos predefinidos, a menudo denominados métodos de evaluación del impacto del ciclo de vida o simplemente métodos de EICV (EC-JRC, 2010); disponible en los softwares de ACV con nombres como ReCiPe, CML, TRACI, EDIP, LIME, IMPACT 2002+, etc. Sin embargo, con un número creciente de métodos e indicadores de EICV disponibles, la tarea de elegir uno requiere un esfuerzo tangible para comprender las principales características de estos métodos y mantenerse al día con los desarrollos en el campo del EICV. Existen distintos modelos de clasificación de impactos ambientales, la Figura 3 presenta una descripción de las principales metodologías de evaluación de impactos ambientales.

Figura 3, Metodologías de EICV publicadas desde el 2000



Fuente: (Rosenbaum, 2017)

c) Herramientas de software de ACV

En la práctica, el modelado de inventario se realiza normalmente utilizando un software dedicado que apoya tanto la construcción del modelo del sistema de producto, conectando los procesos unitarios relevantes; la vinculación a las bases de datos de procesos unitarios disponibles y el almacenamiento de procesos propios, y la vinculación de los flujos elementales en los resultados del inventario con los factores de caracterización relevantes para la evaluación de impacto del ciclo de vida. La *Tabla 10* muestra algunos de los programas informáticos más utilizados para ACV.

Tabla 10, Lista de software más utilizadas en los estudios de ACV

Software	Integración	Idiomas	Información
SimaPro	Pre Consultants www.pre-sustainability.com/simapro	alemánico	Disponibles protocolos para la realización guiada de ACV. Posibilidad de modificación en cualquier momento de todas las parámetros del ciclo de vida del producto. Permite análisis tipo LCA, Life Cycle Assessment y LCC, Life Cycle Cost. Posibilita la redacción de informes de acuerdo con la normativa ISO de ACV. Posibilidad de análisis de incertidumbre de los datos, escenarios de fin de vida, análisis de sensibilidad y Monte Carlo. Permite exportar la información tanto en formato Ecospald y en Excel. http://www.pre-ri.org/default.htm
Gabi	Instituto de ciencia y analysis de polimeras (IKP) y la universidad de Stuttgart en colaboración con PE EUROPE GMBH Thinkstep, www.gabi-software.com/international/index/	alemánico	Descripción gráfica del ciclo de vida del producto mediante estructura jerárquica. Entradas y salidas asociadas a cada proceso. Flujos entre procesos. Posibilidad de modificación en cualquier momento de todas las parámetros del ciclo de vida del producto. Posibilidad de reutilización de procesos y planes creadas en otros proyectos. Permite análisis tipo LCA, Life Cycle Assessment, LCC, Life Cycle Cost y LCWT, Life Cycle Working Time. Alimentación de datos del ICV en formato fichas (similitud con SimaPro). Asignación posterior de cada dato del ICV a un dato concreto de la BDCO. Gran variedad de representación de los datos del análisis, tanto en lo referente al balance del sistema, como a la EICV. Redacción de informes de acuerdo a exigencias ISO de ACV. Posibilidad de asignación de cargas. Posibilidad de análisis de escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo. Permite la agrupación de procesos según tipo, nación, empresa y usuario definida (cumplimiento de MDA 231 105 e inventario de emisiones de gases de efecto invernadero). Permite exportar la información tanto en formato Ecospald y en Excel. http://www.gabi-software.com/
OpenLCA (antes PRANEE)	GreenDelta (open access): www.openlca.org/	alemánico / ferrostario	Inicialmente diseñada para el sector ferroviario, se ha generalizado con el paso del tiempo. Utiliza bases de datos propias. Actualmente se encuentra en plena fase de desarrollo junto a PRE CONSULTANTS, con el objetivo de ser una herramienta ACV de software libre. http://www.openlca.org/
Umberto	du Hamburg, www.du.com/er/umberto/	alemánico	Interfaz gráfica muy intuitiva que posibilita la elaboración de ciclos de vida de producto (diagramas SANKEY) completa. Entradas y salidas asociadas a cada proceso. Flujos entre procesos. Alimentación de datos del ICV en formato fichas (similitud con SimaPro). Alta flexibilidad en lo concerniente a límites del sistema, con posibilidad de ser definidos individualmente. Permite análisis tipo LCA, Life Cycle Assessment y LCC, Life Cycle Cost. Posibilidad de modificación en cualquier momento de todas las parámetros del ciclo de vida del producto. Gran variedad de representación de los datos del análisis, tanto en lo referente al balance del sistema, como a la EICV. Distintas interfaces para la conexión del programa a otras aplicaciones. Posibilidad de análisis de escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo. Permite exportar la información tanto en formato Ecospald y en Excel. http://www.umberto.de/er/

Fuente: (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018) (Ihobe S.A., 2009)

Uno de los softwares destacados, y que se utilizará en la presente investigación es OpenLCA el cual fue desarrollado por la empresa GreenDelta en el año 2006, para la evaluación de estudios de Análisis de Ciclo de Vida. (Open LCA, 2006) Sus principales características son:

- Es un software de código abierto, que puede ser descargado de manera gratuita. Lo que permite utilizarlo libremente y proponer mejoras ya sea en su forma modificada o en su forma original.
- Brinda una variada gama de bases de datos de distintos procesos productivos durante su ciclo de vida.

2.2.3.4. Interpretación

La fase de interpretación debería proporcionar resultados que sean coherentes con el objetivo y el alcance definidos, que lleguen a conclusiones, expliquen las limitaciones y proporcionen recomendaciones. En esta etapa los hallazgos dan como resultado conclusiones y recomendaciones para quienes toman decisiones, las cuales tienen que ser coherentes con el objetivo y alcance del estudio. (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018).

En la etapa de interpretación se consideran los siguientes aspectos:

- Identificación de aspectos significativos: Se identifican los problemas importantes (procesos clave y supuestos, flujos elementales más importantes) de las otras fases del ACV.
- Evaluación mediante la revisión de integridad, sensibilidad y consistencia: Estos problemas se evalúan con respecto a su influencia en los resultados generales del ACV y la integridad y coherencia con la que se han manejado en el estudio.
- Conclusiones, limitaciones y recomendaciones: Los resultados de la evaluación se utilizan en la formulación de conclusiones y recomendaciones del estudio.

Para poder realizar dicho análisis se recomiendan dos clases de evaluación; numérica y del proceso, *Figura 4*. La evaluación del proceso evalúa los datos utilizados, la fuente de los mismos y el sistema utilizado. En la evaluación de proceso se evalúa si los datos corresponden a cada proceso evaluado mediante análisis de sensibilidad o análisis de incertidumbre.

Figura 4, Clases de Análisis de Interpretación



Los elementos centrales de la fase de interpretación, como el análisis de sensibilidad y el análisis de incertidumbre, también se aplican a lo largo del proceso de ACV junto con las herramientas de evaluación de impacto como parte de los ciclos iterativos que se utilizan en el trazado de límites y la recopilación de datos de inventario y evaluación de impacto.

En los casos en que el estudio implique la comparación de dos o más sistemas, hay consideraciones adicionales que deben incluirse en la interpretación.

2.3. Marco Legal

- **La Constitución Política del Perú**

Es la norma legal de mayor jerarquía en nuestro país. En ella se resalta que es deber primordial del Estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida; constituyendo un derecho humano fundamental y exigible de conformidad con los compromisos internacionales suscritos por el Estado, conforme se describe en el numeral 22°, del Art. 2°. Es necesario mencionar, que en el Título III “Del Régimen Económico”, Capítulo II “Del Ambiente y los Recursos Naturales”, Art. 67°, establece que el Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

- **Ley N° 28611 Ley General del Ambiente**

En el Título Preliminar, Art. 1°, el derecho irrenunciable de toda persona a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

- **Ley N° 27446 Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental**

Este dispositivo legal establece un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas a través de los proyectos de inversión.

- **D.S. N° 019-2009-MINAM Reglamento de Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental**

Tiene por objeto lograr la efectiva identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio de proyectos de inversión, así como de

políticas, planes y programas públicos, a través del establecimiento del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental - SEIA.

El Artículo 10° Contenido de los Instrumentos de Gestión Ambiental menciona en el literal b, que el Instrumento de Gestión Ambiental debe contener lo siguiente:

b) La identificación y caracterización de las implicaciones y los impactos ambientales negativos, según corresponda, en todas las fases y durante todo el período de duración del proyecto. Para tal efecto, se deberá tener en cuenta el ciclo de vida del producto o actividad, así como el riesgo ambiental, en los casos aplicables y otros instrumentos de gestión ambiental conexos.

- **Ley N° 29968 Ley de creación del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE)**

Se crea el SENACE cuyas funciones son: a) Aprobar los Estudios de Impacto Ambiental detallados, regulados en la Ley 27446, b) Administrar el Registro Nacional de Consultoras Ambientales y el Registro Administrativo de las certificaciones ambientales, c) Solicitar, cuando corresponda, la opinión técnica de las autoridades con competencias ambientales y absolver las solicitudes de opinión que se le formulen, conforme a ley. d) Formular propuestas para la mejora continua de los procesos de evaluación de impacto ambiental, e) Implementar la Ventanilla Única de Certificación Ambiental en los procedimientos de aprobación de Estudios de Impacto Ambiental detallados. f) Aprobar la clasificación de los estudios ambientales, en el marco del SEIA, g) Evaluar y aprobar la Certificación Ambiental Global, así como sus actualizaciones, modificaciones y ampliaciones. h) Coordinar con las entidades autoritativas y opinantes técnicos para la emisión de los informes y opiniones técnicas para la expedición de la Certificación Ambiental Global.

- **Ley N° 30754 Ley Marco Sobre Cambio Climático**

Tiene por objeto establecer los principios, enfoques y disposiciones generales para coordinar, articular, diseñar, ejecutar, reportar, monitorear, evaluar y difundir las políticas públicas para la gestión integral, participativa y transparente de las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, a fin de reducir la vulnerabilidad del país al cambio climático, aprovechar las oportunidades del crecimiento bajo en carbono y cumplir con los compromisos internacionales asumidos por el Estado ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, con enfoque intergeneracional.

- **Decreto Supremo N° 003-2020-Produce Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en el Sector Industria**

Contiene las acciones que desarrollará el Estado para impulsar y promover la transición de un modelo económico lineal a uno circular en las industrias manufactureras y de procesamiento industrial pesquero.

- **D.L. N° 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos**

Establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con la finalidad de propender hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos de este Decreto Legislativo.

- **D.S. N° 014-2017-MINAM Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos**

El Reglamento asegura la maximización constante de la eficiencia en el uso de materiales, y regular la gestión y manejo de residuos sólidos, que comprende la minimización de la generación de residuos sólidos en la fuente, la valorización material y energética de los residuos sólidos, la adecuada disposición final de los mismos y la sostenibilidad de los servicios de limpieza pública.

- **Ley N° 28256 Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos**

Aplica a la producción, almacenamiento, embalaje, transporte y rutas de tránsito, manipulación, utilización, reutilización, tratamiento, reciclaje y disposición final.

- **D.S. N° 021-2008-MTC Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos**

Establece las normas y procedimientos que regulan las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el ambiente y la propiedad.

2.4. Industria de la Joyería y Platería

2.4.1. Cronología de la Platería en el Perú

La primera evidencia de metalurgia en los Andes Centrales data de 1500 a.e.c., fecha comprendida en lo que los arqueólogos denominan Periodo Inicial (1800-900 a.e.c.). Las evidencias son unas láminas de oro nativo martilladas, encontradas dentro de un mortero con tres martillos de piedra y un yunque del mismo material; todo este conjunto fue hallado en el sitio de Waywaka en Andahuaylas, sierra sur del Perú (Grossman, 1972). Este periodo se caracteriza por la técnica del laminado en metales nativos de oro y cobre, junto a un trabajo de dorado por medio del enchapado. Aún no hay evidencias de trabajo en plata.

En la etapa siguiente, el Horizonte Temprano (900-200 a.e.c.), los objetos de metal son técnicamente más sofisticados, más grandes y más abundantes, trabajados principalmente en oro, quedando el cobre un poco rezagado. Son muchas las técnicas orfebres empleadas y la iconografía plasmada en las piezas es compleja

e implica un alto grado de sofisticación. Muchas de las piezas de metal que se conocen de este periodo no provienen de contextos arqueológicos, salvo algunos casos, como aquellas excavadas en Kuntur Wasi, Cajamarca, por Tello entre 1946 y 1947 y luego por la misión japonesa entre 1988 y 1997 (Onuki, 1997) (Seiki, 1997).

El Intermedio Temprano (200 a.e.c. - 600 e.c.) se caracterizó por un gran desarrollo de la metalurgia. Si bien los vicús lograron un trabajo en metal muy desarrollado, los Moche los superaron (Alva, 1994). Aparecieron nuevas técnicas como el granulado, la cera perdida, filigrana, incrustaciones de piedras semipreciosas y el recopado para la elaboración de vasos. Se elaboraron piezas bimetálicas, como narigueras o cuencos de oro y plata. En el Intermedio Temprano aparecen los broncees, tanto el arsenical como el estañífero, pero como aleación no intencional. Ambos broncees tienen las mismas propiedades de dureza.

En el Horizonte Medio (600-900 e.c.), los Huari aparentemente no desarrollaron una tradición orfebre similar a la de las culturas anteriores. Las pocas piezas en oro o plata asignadas a este periodo se encuentran en publicaciones aisladas o en algunos museos. Asimismo, según las evidencias arqueológicas disponibles, los Tiahuanaco no trabajaron el oro, fueron más bien grandes expertos en elaborar piezas de cobre y bronce estañífero con la técnica del vaciado en moldes (Lechtman, 1996).

Durante el Intermedio Tardío (900-1450 e.c.), la metalurgia alcanzó un desarrollo formidable, no sólo se trabajó el oro, plata, cobre y tumbaga, sino también el bronce estañífero y arsenical; este último se llegó a producir en escala industrial en la costa norte, utilizando recursos locales. Por otro lado, los Chimú destacaron por su trabajo metalúrgico, sobre todo en plata. (Epstein & Shimada, 1983)

En el Horizonte Tardío (1450-1533 e.c.), los incas impusieron la aleación del cobre estañífero o bronce estañífero en todo su imperio, inclusive en la costa norte donde predominaba el uso del bronce arsenical. La mayoría de piezas fabricadas con esta aleación corresponden a la técnica del vaciado, y consistieron en armas y herramientas. Por el contrario, el oro y la plata fueron usados principalmente para la elaboración de piezas suntuarias, las cuales eran utilizadas por las elites para adornar los templos y para ser ofrecidas a los dioses (Bingham, 1977).

Hacia el final de la época prehispánica, los orfebres —por lo menos en la costa— tenían la posibilidad de dedicarse exclusivamente a su especialidad. Al analizar tanto el Anónimo de Chincha, escrito en 1577,²¹ como los escritos de González Cuenca de 1566-1567,²² Espinoza (op. cit.) también menciona que había ayllus enteros en la costa (Trujillo, Pacasmayo, Chepén, Saña, Chiclayo, Ferreñafe y Lambayeque), posiblemente agrupados por barrios, que se dedicaban exclusivamente a una ocupación artesanal dirigidos por un cacique (Espinoza Soriano, 1983).

Para entender qué significaba «platero» durante la Colonia, utilizaremos una serie de diccionarios que definen este término y que fueron redactados entre los siglos XVII y XVIII. Según el diccionario de Sebastián de Covarrubias del siglo XVII: Tesoro de la Lengua Castellana o Española, se define la palabra platero como: «El oficial que labra la plata y el oro» (De Covarrubias Orozco, 2003). Por su parte, Martín Alonso en la Enciclopedia del Idioma: diccionario histórico y moderno de la lengua española (siglos XII al XX) etimológico, tecnológico, regional e hispanoamericano: «Platero: s. XVIII al XX. Artífice que labra la plata. // 2. s. XVIII al XX. El que vende objetos labrados de plata u oro, o joyas con pedrería» (Alonso, 1947). Los españoles vinieron con un alto nivel de sofisticación en el trabajo orfebre y en la técnica de la filigrana en particular, la que, junto con la pedrería y el uso de esmaltes, era la técnica más utilizada en la Europa renacentista. Ese momento fue el resultado de un proceso cultural muy complejo y largo, de invasiones, conquistas, alianzas e intercambios comerciales.

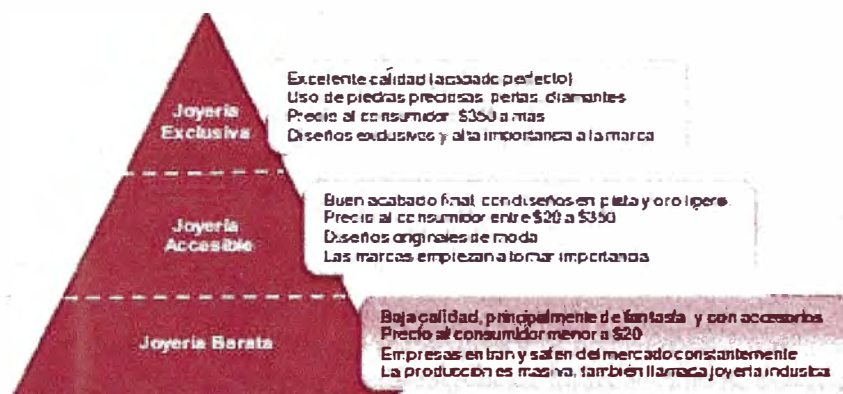
Actualmente son reconocidos como ejes productores de filigrana: Catacaos (Piura) en la costa norte, San Jerónimo de Tunán (Junín) y Ayacucho (Ayacucho) en la sierra central de nuestro país, donde, durante la primera mitad del siglo XX, la filigrana fue prácticamente la única técnica de elaboración de joyas conocida. Se ha observado que algunas familias han transmitido esta expresión cultural fuera de su vínculo consanguíneo masificándola en el espacio local y expresando la técnica de la filigrana como principal especialidad artesanal del pueblo. La organización del taller siempre ha tenido como finalidad optimizar el producto y reducir los tiempos, cada uno de los artesanos que realizaban las labores de producción tenía un jornal de entre diez a doce horas diarias. (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2015)

2.4.2. Oferta de productores de joyería

En el Perú, el sector joyería produce y exporta joyas de plata, oro, y bisutería, estos productos abastecen tanto el mercado local como el mercado internacional y se realizan de manera artesanal, semi industrial e industrial.

La fabricación de joyería tiende a segmentarse principalmente por el nivel de diseño, acabado y uso de pedrería. En la *Figura 5*, se muestra las principales características de cada segmento de acuerdo a la oferta producida; identificándose que el segmento de joyería accesible abarca casi la totalidad de las exportaciones nacionales, siendo esta la mayor producción por parte de talleres artesanales. (Cortez Segura, 2012)

Figura 5, Segmentación de Joyería por Precio y Calidad



Fuente: Cortez Segura, 2012, p. 12

Partiendo de este marco general del sector que el presente estudio se desarrollará en el Sector de Plata, limitando al sector de joyas producidas con plata refinada tanto para producción nacional de joyería de plata, como para exportación bajo la partida de aduanas con número 7113110000. De acuerdo a la información de Siicex, portal informático de Promperú, las exportaciones de joyería de plata y oro se concentran en muy pocas empresas de Lima, siendo los principales mercados Chile y Estados Unidos, como se muestra en la Tabla 11. Por ejemplo, para el año 2020, el 74% del total exportado en joyería de plata lo lideraban las empresas New Fashion SA, ARIN SA y DEORO SAC.

Tabla 11, Principales empresas exportadoras y principales mercados de joyería de plata

PRINCIPALES EMPRESAS EXPORTADORAS

Empresa	%Var 20-19	%Part. 20
NEW FASHION PERU S A	25%	45%
ARIN S A	-52%	17%
DEORO S A C	8%	12%
WWW/NOVICA COM S A C	21%	6%
PERFUMERIAS UNIDAS S.A	-30%	5%
ALLPA S A.C	-35%	4%
MIS JOYAS S A C	-57%	2%
GROUP V&L SAC	238%	2%
R BERROCAL S.A C	-58%	1%
Otras Empresas (18)	--	5%

Fuente: SUNAT (Referente a la partida seleccionada)

PRINCIPALES MERCADOS

Mercado	%Var 20-19	%Part. 20	FOB-20 (miles US\$)
Chile	16%	44%	1.459.23
Estados Unidos	-34%	41%	1.349.25
España	-30%	5%	152.71
Uruguay	25%	3%	90.42
Ecuador	-57%	2%	60.04
Alemania	60%	2%	56.66
Reino Unido	-40%	1%	37.45
Canadá	114%	1%	32.03
Bélgica	69%	1%	20.22
Otros Países (11)	--	2%	68.75

Fuente: SUNAT

Fuente: Promperú SIICEX (2020)

El Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, implementó en el año 2008 el Sistema del Registro Nacional del Artesano, bajo la necesidad de crear una línea base de identificación de artesanos y de las diferentes líneas artesanales que existen en nuestro país. Es así que el Sistema del RNA, sólo permite tres categorías de beneficiarios con posibilidad de inscripción y/o renovación en el RNA, como son los artesanos, las asociaciones de artesanos y las empresas de la actividad artesanal,

esto de conformidad con las categorías reconocidas por la Ley N° 29073 Ley del Artesano y del Desarrollo de la Actividad Artesanal, y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 008-2010-MINCETUR.

En ese sentido, mediante Informe N° 003-2021-MINCETUR/VMT/DGA/DDA-DLM, el MINCETUR realizó el reporte correspondiente de los administrados registrados hasta el 08 de abril del 2021 a nivel nacional de la Línea de Artesanía "06 Metales Preciosos y No Preciosos", considerando las sub líneas de Joyería, Orfebrería y Filigrana; se consideró conveniente estas 3 sub líneas ya que existen algunas regiones en la que los joyeros se registran en una u otra denominación (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2021). De acuerdo, a los datos obtenidos se reporta la siguiente información.

Hasta el año 2021 el sector de la joyería y orfebrería se encuentra conformado por 2691 productores, de las cuales el 94% de la producción del sector es realizada por artesanos. Estos artesanos realizan la actividad ya sea agrupados en talleres de manera individual o familiar, sin embargo, son los principales prestadores de servicios de fabricación para las empresas exportadoras. Figura 6

Figura 6, Distribución de productores de joyería y orfebrería por tipo de inscripción

TIPO INSCRIPCIÓN	Total
Artesano	2542
Asociación	24
Empresa	125
Total	2691



Fuente: Registro Nacional del Artesano 2021. MINCETUR - Dirección General de Artesanía

Asimismo, se obtuvo la relación de productores de joyería y orfebrería por cada región y por tipo de inscripción, Tabla 12. En ese sentido, se verifica que las

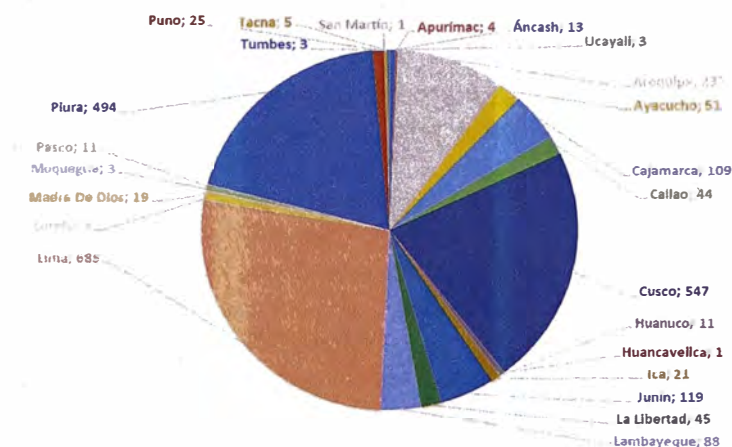
regiones donde hay más presencia de talleres artesanales son Lima, Piura y Cuzco, Figura 6.

Tabla 12, Número de empresas fabricantes de joyería por departamento

REGISTRADOS POR REGIÓN Y TIPO DE INSCRIPCIÓN				
Región	Artesano	Asociación	Empresa	Total
Ancash	13			13
Apurímac	4			4
Arequipa	237		3	240
Ayacucho	51	2	1	54
Cajamarca	109	2	5	116
Callao	44	1	4	49
Cusco	547	3	9	559
Huancavelica	1			1
Huánuco	11			11
Ica	21			21
Junín	119		6	125
La Libertad	45	2		47
Lambayeque	88	2	3	93
Lima	685	17	90	785
Loreto	3			3
Madre De Dios	19			19
Moquegua	3			3
Pasco	11	1	1	13
Piura	494		2	496
Puno	25	1	1	27
San Martín	1			1
Tacna	5			5
Tumbes	3			3
Ucayali	3			3
Total	2542	24	125	2691

Fuente: Registro Nacional del Artesano 2021
MINCETUR - Dirección General de Artesanía

Figura 7, Distribución del N° de Talleres Artesanales según Región



Fuente: Registro Nacional del Artesano 2021. MINCETUR - Dirección General de Artesanía

2.4.3. Plan Estratégico Nacional de Joyería

El Departamento de la Industria de la Vestimenta y Decoración de la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo – PROMPERÚ; en su función de promocionar las exportaciones de sus líneas priorizadas, dentro de ellas la línea de joyería, cumple con elaborar periódicamente el Plan e información estadística sobre el desempeño de las exportaciones de joyas de oro, plata y bisutería. En ese sentido elaboraron el Plan Estratégico Exportador del Sector Joyería del año 2021. (Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ, 2021)

En la *Tabla 13*, se muestra el Diagnóstico Sectorial FODA del sector Joyería. Se puede observar que se estableció como debilidad la “Ausencia de joyería sostenible para la exportación”, siendo uno de los objetivos de la presente investigación.

Tabla 13, Diagnóstico sectorial FODA - Joyería

<p>FORTALEZAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Gran experiencia en sourcing. ✓ Personal capacitado y con conocimiento de diferentes técnicas de producción. ✓ Centros de producción en diferentes regiones del país. 	<p>OPORTUNIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Potencial de promocionar la imagen de país de tradición joyera. ✓ Potencial de reducir costos de materias primas mediante cambios en la legislación que favorezcan el refinamiento de oro y plata en nuestro país. ✓ Potencial de desarrollar una industria de bisutería de lujo.
<p>DEBILIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Excesiva dependencia del sourcing como modelo de producción para la exportación. ➤ Pese a ser un país productor de oro y plata se importan las materias primas. ➤ Bienes que no son de primera necesidad y ante cualquier crisis son afectados directamente. ➤ Ausencia de joyería sostenible para la exportación. 	<p>AMENAZAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cambios políticos económicos en EEUU y otros mercados destino de exportaciones. ➤ Variaciones del precio de los minerales (materias primas). ➤ Desarrollo de industrias de producción masivas de joyas y bisutería en Asia; con costos de producción (mano de obra) menores. ➤ Imagen del Perú como país productor de oro y plata como materias primas.

Fuente: Planificación Estratégica 2021, Sector Joyería - PROMPERÚ

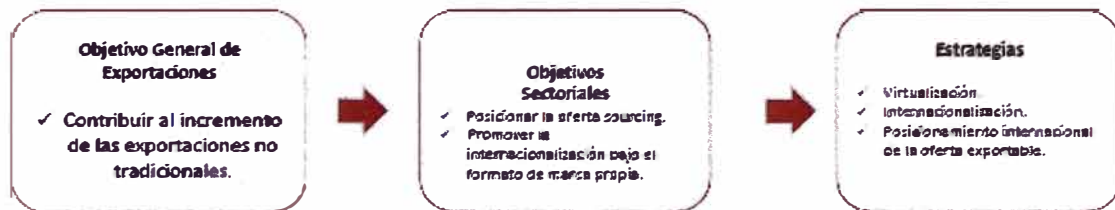
En ese sentido, se formularon el siguiente Marco Referencial para el año 2021:

- La permanente incertidumbre para la organización y ejecución de actividades presenciales como Ferias Internacionales, Misiones Comerciales y Ruedas de Negocios.
- Altos y preocupantes niveles de avance de la pandemia del COVID-19 en mercados estratégicos de Europa y Norteamérica.
- Considerable reducción presupuestal a nivel público para todos los sectores del Estado, consecuente con la situación actual a nivel sanitario, económico y social.
- Año electoral y limitaciones de gastos.
- Priorización a nivel de promoción comercial enfocado en actividades estratégicas de alto impacto para las empresas y el sector exportador.

Por lo tanto, la Planificación Estratégica 2021 es detallada en la Figura 8. Además, se establecieron las siguientes estrategias de Promoción Comercial:

- Transformación Digital de Promoción Comercial
- Ruedas de Negocios Virtuales
- Promoción de la Internacionalización de la Empresa
- Programas y Proyectos para la Internacionalización de la Empresa.

Figura 8, Planificación Estratégica 2021 - Joyería



Fuente: Planificación Estratégica 2021, Sector Joyería - PROMPERÚ

2.4.4. Proceso Productivo de la Joyería

El proceso productivo contemplado para la elaboración de joyería puede ser visto como un proceso de ensamble de diversos componentes; sin embargo, en la presente investigación se analizarán dos procedimientos para la obtención de joyería, el método de cera perdida o “vaciado” y la forma artesanal con herramientas manuales. A continuación, se describirán los procesos productivos utilizados en cada etapa del ensamble.

a) Joyería Artesanal

En proceso es utilizado cuando el nivel de producción sea menor, cuando no se requiere mucha complejidad para la elaboración o en caso se utilicen estilos complejos como son la filigrana o el tejido a crochet que no pueden ser hechos de forma mecanizada. También es usado para la elaboración de prototipos de joyas que serán reproducidas a mayor nivel por el método de vaciado, sin embargo, actualmente se vienen optando por el uso de impresoras 3D, cabe resaltar que dicha tecnología aún no es muy utilizada en talleres artesanales.

- **Fundición (Preparación de la Aleación):** La primera parte de este proceso consiste en obtener la aleación deseada para el metal con el que se diseñará la pieza. Siendo el cobre el metal más utilizado como liga debido a que aporta dureza a la aleación final y su costo es muy bajo. Las aleaciones más usadas en joyería de plata son 925 y 950 milésimas de plata con el resto de cobre. Estas aleaciones se hacen en un horno eléctrico o a gas que cuenta con un crisol. Dentro del crisol se deposita el metal fino y el metal de liga; se eleva la temperatura del horno hasta los 1080 a 1090 °C (en este intervalo todos los metales de la aleación han alcanzado su punto de fusión). El metal fundido se vierte

en una lingotera de hierro con el molde que se necesite, en caso sean hilos o láminas de plata.

- Laminado: Es un trabajo en caliente o en frío, consiste en el uso de un equipo mecánico o eléctrico, que cuenta con rodillos de acero de superficie lisa o ranurada. De esta manera se obtienen hojas, cintas, hilos o laminas según la superficie de los rodillos.
- Trefilado: Con el laminador para hilos no se alcanza a descender de un cierto diámetro de material. Cuando se necesite descender más, o bien se quiere obtener un hilo de sección cilíndrica uniforme o con una particular geometría, se recurre a la trefila que puede ser de acero templado, acero especial, piedras duras o diamante. En talleres artesanales, este proceso generalmente se hace mediante el uso de fuerza mecánica, sin embargo, existen equipos llamados “burros” que sirven para mecanizar el proceso mediante el uso de energía eléctrica.
- Texturado: Si el diseño requiere imprimirle una textura al material se utilizan distintos métodos para modificar la superficie, entre los cuales se tiene martillado, refogado, limado, lijado y satinado.
- Corte y Calado: El material habilitado y texturado se corta de acuerdo a las medidas especificadas en el diseño utilizando tijeras, cizallas, arco de calar y taladros según el grosor del material.
- Armado y Soldado: Luego del corte, se procede a darle la forma requerida con técnicas de doblado, devanado, cincelado, martillado, embutido, entre otros. El armado final se logra mediante soldadura.
- Limado: Consiste en devastar los materiales sobrantes mediante el uso de limas y limatones para corregir imperfecciones y lograr la simetría requerida.
- Lijado: Se busca conseguir el alisado final de la joya mediante el uso de papel lija de distintos grosores.
- Pulido: Consiste en un alisado mecánico en el motor de pulir y la ayuda de escobillas, motas y pasta para pulir.
- Lavado: Se hierven y lavan las piezas en agua caliente y detergente para eliminar las grasas adheridas a la joya debido al uso de la pasta para pulir.

b) Método de Vaciado o “Cera Perdida”

Consiste en modelar un metal precioso en estado líquido dejándolo solidificar dentro de una cavidad (molde) expresamente creado en un material refractario (Centro Nacional Gemológico, 1996). Los pasos son los siguientes:

- Prototipo: En primer proceso consiste en la elaboración del prototipo que se utilizará en la elaboración de los moldes. El prototipo es elaborado íntegramente por el artesano de manera manual para lo cual realiza las actividades mencionadas anteriormente.
- Elaboración del molde de hule: El prototipo obtenido se deposita en un marco de aluminio forrado con hule al cual se inserta una varilla hueca

de latón unida a un cono que funcionará como bebedero, luego se procede a fijar el marco. El molde de hule es llevado a la máquina vulcanizadora para inyectar el hule líquido que fluirá dentro del molde llenando todas las cavidades existentes. El tiempo de vulcanizado es aproximadamente entre 20 y 35 minutos.

- **Elaboración de la pieza de cera:** El molde es colocado en la inyectora neumática de manera que la cera fluya llenando la cavidad del molde; la cera es utilizada a una temperatura ligeramente mayor al punto de fusión, aproximadamente entre 60 y 75°C dependiendo del tipo de cera. Luego de inyectar la cera se debe dejar enfriar el modelo, dependiendo del espesor de éste, el tiempo de enfriado va de uno hasta cinco minutos. Una vez enfriado el modelo se procede a la extracción para lo cual se separan las dos partes del molde. El modelo de cera quedará alojado en la parte inferior del molde. Se pueden reproducir varios modelos de cera utilizando un solo molde de hule, repitiendo el proceso tantas veces sea necesario.
- **Elaboración de árbol:** Las piezas de cera obtenidas previamente con su correspondiente bebedero se adhieren manualmente a un bebedero central de cera; adquiriendo la forma de un árbol; el cual se coloca en un cilindro metálico.
- **Preparación del revestimiento:** El revestimiento es una mezcla de agua e investimento (compuesto por yeso, sílice, ácido y grafito); la cual se obtiene agitando manualmente el investimento con el agua y dejando hervir la mezcla por 60 segundos en una campana de vacío.
- **Llenado de Cilindro:** El revestimiento de yeso se vierte en el cilindro que contiene el árbol de manera que los modelos de cera queden totalmente cubiertos. El cilindro se coloca en una campana de vacío donde botará el aire retenido en la mezcla y posteriormente se deja reposar hasta que endurezca el revestimiento (de 1 a 4 horas, dependiendo del tamaño del cilindro).
- **Eliminación de Cera:** El producto obtenido se transporta manualmente a un horno donde se realiza la operación de quemado para eliminar la cera de los cilindros, dejando así las cavidades que servirán de moldes para el vaciado del metal. El tiempo en el horno varía entre 50 a 70 minutos.
- **Vaciado de Metal:** El metal líquido fundido preparado previamente se lleva al pozo de vacío y se vierte en el molde de yeso mediante el accionar de la bomba de vacío o mediante el uso de fuerza centrífuga. Se deja enfriar hasta que la superficie del metal solidifique completamente y adquiera una coloración oscura. Una vez que el metal se ha enfriado, se sumerge el molde en agua a temperatura ambiente, después de un minuto el árbol de modelos de metal puede extraerse del material de revestimiento, con ayuda de unas pinzas, en esta operación se destruye el molde. El tiempo para el proceso de vaciado y enfriado es aproximadamente 15 a 20 minutos.

- **Preparación de Piezas:** El árbol de piezas en metal se calienta al rojo vivo con un soplete y se sumerge en una solución compuesta por ácido sulfúrico (10 %) y agua (90 %) para que el metal quede libre de impurezas. Las piezas se separan de los bebederos con la ayuda de una cizalla de mano. Cada pieza pasa por las operaciones mencionadas anteriormente con la finalidad de obtener un acabado y brillantes de la pieza. En caso sea necesario el engastado de piedras o el ensamblaje con otros materiales, estos se realizan al final.

2.4.5. Taller de Producción

El taller artesanal de joyería del maestro Alejandro Rodríguez Pomalaza se encuentra ubicado en Lurigancho, cuenta con más de 40 años de funcionamiento. Los productos que ofrece son joyería y orfebrería, mayormente de plata. Los procesos de producción durante toda su trayectoria han sido similares, sin embargo, en los últimos años se tiene preferencia a los procesos con el método de cera perdida, dado que ofrece una mayor rapidez en la producción, además con la llegada de herramientas tecnológicas como la impresión 3D, abre un campo mayor en donde este método se utilizará mayormente. Es así que se espera identificar los puntos críticos del proceso de producción y reducir considerablemente los impactos ambientales.

3.1. Aplicación Prevista

El objetivo del estudio es evaluar el desempeño ambiental de la producción de joyería en dos procesos que son ampliamente utilizados en los talleres artesanales, hecho a mano y mediante la técnica de vaciado; con la finalidad de identificar los impactos significativos en cada proceso de producción de un Taller Artesanal ubicado en Lurigancho, Lima, Perú. En ese sentido, esta investigación es un estudio de tipo comparativo. Asimismo, se realizará un análisis de escenarios en la que toda la plata, que es la principal materia prima, sea conseguida por distintas fuentes, y otro análisis en el que se use material reciclado de los procesos internos del taller. Uno de los objetivos de este estudio es cuantificar la compensación que puede ocurrir cuando se logran impactos ambientales potencialmente reducidos debido al uso de material reciclado internamente a expensas de mayores impactos de una mayor demanda de materiales necesarios para el reciclaje. En general, los resultados de este estudio de Análisis de Ciclo de Vida están destinados a ser usados para iniciar un proceso de gestión ambiental en el taller, identificando en que parte de la cadena de producción se generan más impactos ambientales, y así optar por materia prima y procesos de mejor desempeño ambiental, generando recomendaciones para crear un modelo de economía circular en el proceso de producción de Joyería.

3.2. Supuestos del Método y Limitaciones de Impacto

El presente estudio sigue las mejores prácticas recomendadas por la Unión Europea, como el ILCD Handbook (EC-JRC, 2010) (Goedkoop, M, y otros, 2013); así como la estructura recomendada por la Organización Internacional para la Estandarización, establecidas en las normas ISO 14040 e ISO 14044 (ISO, 2006). En el presente estudio hemos utilizado la metodología ReCiPe, ya que han sido ampliamente utilizados en los antecedentes de la investigación y las categorías de impacto ambiental son de carácter global. Sin embargo, cabe resaltar que, al ser de carácter global, existen ciertas limitaciones dado que los resultados pueden obtener cierta incertidumbre por la ubicación geográfica de los procesos de producción.

Cabe resaltar que, a nivel de Sudamérica, los estudios de ACV aún se encuentran en avance por lo que no existe metodologías de impactos ambientales consistentes en nuestro espacio geográfico; asimismo en el Perú aún no se ha masificado los estudios de análisis de ciclo de vida a procesos industriales, siendo el presente estudio el primer análisis encontrado al sector joyería en el país.

3.3. Razones para llevar a cabo el estudio de ACV y el Contexto de Decisión

El taller de joyería desea mejorar sus procesos con la finalidad de posicionarse como una empresa de joyería con producción sostenible y así llegar a un nuevo mercado. Por esa razón, desea realizar la medición de sus impactos y así poder

obtener certificaciones ambientales. Además, se espera que la información obtenida ayude a desarrollar productos con bajos impactos ambientales.

El contexto de decisión es la situación "decisión a nivel micro" (según el ILCD Handbook), lo que significa, que la decisión tomada por el Taller solo tendrá influencia interna y no tendrá consecuencias externas en el mercado, ya que la empresa siendo una MYPE, es cliente menor para los proveedores de plata y demás suministros aplicados en la joyería.

3.4. Público Objetivo

La información proporcionada está destinada principalmente a los encargados del proceso de producción de joyería y a investigadores en la metodología de Análisis de Ciclo de Vida.

3.5. Comparaciones Destinadas a ser Divulgadas al Público

El presente estudio de tipo comparativo está destinado principalmente a ser de uso interno, sin embargo, los datos pueden ser usado por investigadores relacionados a este tema.

3.6. Comisionados del Estudio de ACV y otros actores influyentes

El presente estudio es financiado y realizado por el investigador de la presente tesis, quien además contará con el apoyo de un asesor de tesis y un comité de evaluación establecido por la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería.

4.1. Entregables

El presente estudio comprende la evaluación de puntos críticos ambientales en el proceso de producción y un análisis comparativo interno en los dos tipos de procesos de producción. Los entregables incluyen el Inventario de Ciclo de Vida (ICV) de todos los procesos comparados, incluyendo los datos de procesos unitarios; y los resultados caracterizados de la Evaluación de Impactos en el Ciclo de Vida (EICV).

4.2. Función, Unidad Funcional y Flujos de Referencia

Función: Generalmente en los productos de moda como joyería y accesorios tienen una función subjetiva dado que depende de los gustos del cliente, siendo la principal función brindar un lujo al propietario; sin embargo, existen ciertas propiedades que los usuarios evalúan al momento de comprar sus piezas de joyería como la composición, la forma, el peso y la durabilidad. Es por eso, que para poder realizar una comparación en los procesos de producción se analizarán joyas con la misma forma, magnitud y composición. El cual consiste en un dije de plata de ley 950 en forma de corazón de magnitudes establecidas (largo 3 cm y ancho 2 cm), y un peso de 2.7 g, ver Figura 9. Dichas propiedades son listadas en la Tabla 14.

Figura 9, Dije de plata en forma de corazón



Tabla 14, Propiedades de las joyas según el proceso de producción

Propiedades	A mano		Vaciado	
Composición	Plata ley 950 Plata virgen Cobre virgen	Plata ley 950 Plata reciclada Cobre virgen	Plata ley 950 Plata virgen Cobre virgen	Plata ley 950 Plata reciclada Cobre virgen
Forma	Corazón	Corazón	Corazón	Corazón
Tamaño	l: 3 cm, a: 2 cm	l: 3 cm, a: 2 cm	l: 3 cm, a: 2 cm	l: 3 cm, a: 2 cm
Peso	2.7 g	2.7 g	2.7 g	2.7 g
Proceso de Producción	Hecho a mano	Hecho a mano	Vaciado	Vaciado
Tiempo de vida	20 años	20 años	20 años	20 años

Elaboración propia

Unidad Funcional: Todas las piezas de joyería serán comparadas en las bases de la siguiente unidad funcional: "Dije de plata de ley 950 en forma de corazón de

magnitudes establecidas (largo 3 cm y ancho 2 cm), un peso de 2.7 g. y una durabilidad de 20 años”. A pesar de que la comparación se realizará en base a un dije de plata de 2.7 g; las medidas de consumo calculadas se realizarán en función a 370 unidades de dije, que equivale a 1Kg de joyería. En ese sentido la unidad utilizada será de “unidad/kg” evaluando el equivalente de cada unidad de flujo por 1 kg de plata fabricada como joya; ya que, de manera general, la empresa gestiona la producción y operación de sus instalaciones y procesos en esa misma unidad, a su vez nos permite comparar el producto estudiado de forma clara y objetiva.

Flujos de Referencia: Dado que las propiedades evaluadas en todos los sistemas son los mismos, el flujo de referencia será similar. Cabe mencionar que se considerará que el tiempo de vida de cada sistema evaluado será el mismo al considerar que la calidad del producto es el mismo. Tenga en cuenta que los flujos de referencia para todas las piezas serían iguales si estas serían reemplazadas después de 20 años igual al tiempo de vida esperado; sin embargo, existen factores como las tendencias en el diseño, los gustos de cliente o la frecuencia de cambio del usuario que puede ocasionar que el tiempo de vida sea menor. Estos factores no fueron considerados aquí.

4.3. Marco de Modelado del Inventario de Ciclo de Vida

El desarrollo de la presente investigación tiene como objetivo mejorar el desempeño ambiental del taller de joyería estudiado, evaluando los impactos generados en dos tipos de producción y evaluando el uso de material reciclado, no se esperan grandes cambios estructurales en el mercado de la joyería (como la prohibición de ciertos tipos de productos o la prohibición del uso de plata virgen). Como se mencionó anteriormente, el contexto de decisión es a nivel micro, relacionado a estudios de apoyo en la toma de decisiones a nivel de productos o procesos, es decir “situación A” en el Manual de ILCD (EC-JRC, 2010), por lo que se utilizará el principio de estudios atribucionales como marco de modelamiento para el Inventario de Ciclo de Vida, ver Tabla 15.

Tabla 15, Resumen de las recomendaciones de ILCD sobre opciones de modelado de ICV

Contexto de decisión	Significado	Marco de modelado de ICV {terminología ILCD}	Manejo de procesos multifuncionales cuando la subdivisión no es posible
Situación A	Apoyo a la toma de decisiones a nivel micro	atribucional	Expansión del sistema
Situación B	Apoyo a la toma de decisiones a nivel meso/macro	Mezcla de atribucional y consecuente	expansión del sistema
Situación C1	Estudios puramente descriptivos con interacciones de otros sistemas	atribucional	Expansión del sistema
Situación C2	Estudios puramente descriptivos sin interacciones de otros sistemas	atribucional	Asignación

Fuente: (EC-JRC, 2010)

Esto implica que los sistemas serán modelados representando cadenas de valor existentes, como la actual fuente de energía eléctrica y calorífica en Perú, sin

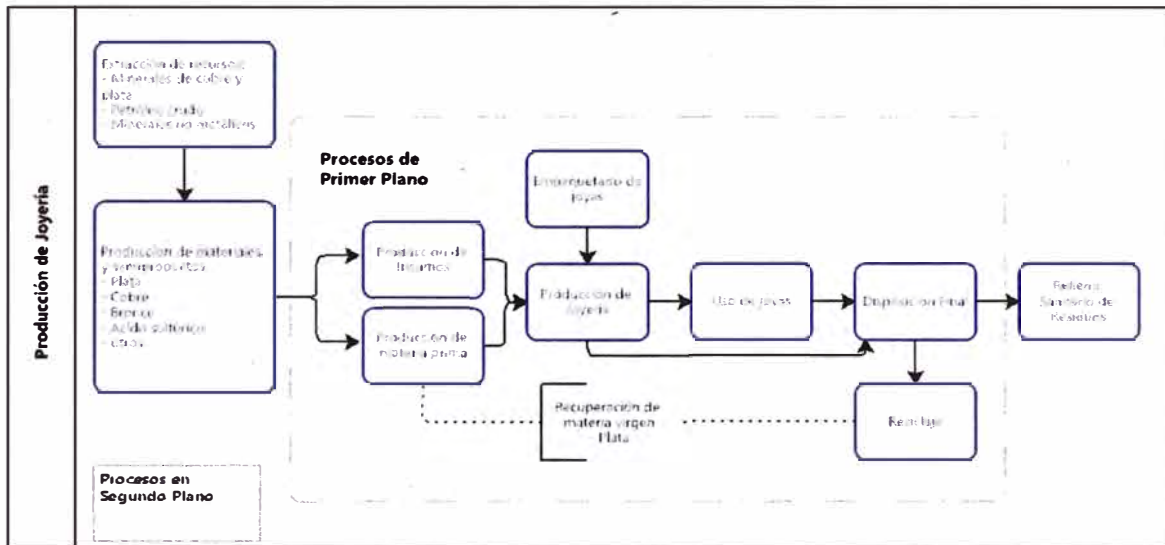
considerar posibles cambios marginales que pueda generarse en un futuro. Consistentemente con el contexto de decisión a nivel micro, se utilizaron los criterios de asignación para calcular los impactos originados por un producto que cuenta con coproductos en el mismo sistema de producción. A pesar de que la jerarquía de decisión establecida por ISO recomienda evitar la asignación mediante el uso de subdivisión o la expansión del sistema; es factible el uso de criterios de asignación para estudios con enfoque atribucional para el modelamiento del inventario de Ciclo de Vida. En el presente estudio se utilizaron criterios de asignación para el manejo de coproductos en el sistema primario de obtención de materia prima y en el sistema secundario de manejo de residuos y reciclaje. Las que se mencionan a continuación. Por ejemplo, en el proceso de extracción de plata se asignarán impactos equivalentes a la extracción únicamente de plata, dado que en un proceso normal la extracción es de varios metales como oro o cobre; de la misma manera en el proceso de refinamiento, estos datos son calculados directamente de la base de datos; mientras que en el proceso de recuperación y reciclaje de la plata será acreditado usando la plata virgen.

En ese sentido, se utilizó la base de datos de Ecoinvent 3.7.1 mediante el sistema "Asignación, corte por clasificación" (Allocation cut-off by classification, en inglés), la cual se basa en el enfoque de que la producción primaria de materiales siempre se asigna al usuario principal de un material. Si se recicla un material, el productor primario no recibe ningún crédito por el suministro de materiales reciclables. Como consecuencia, los materiales reciclables están disponibles sin carga para los procesos de reciclaje, y los materiales secundarios (reciclados) soportan solo los impactos de los procesos de reciclaje. (Althaus & et al, 2007)

4.4. Límites del Sistema y Requisitos de Integridad

Límites del Sistema: Para todos los sistemas de productos evaluados se realizó la inclusión de los procesos de adquisición de materia prima, procesos de producción, y el tratamiento de los residuos (Figura 10). Se hizo esta delimitación del sistema debido a que el taller de joyería realiza pedidos al por mayor para abastecer otro tipo de negocios, siendo el tipo de negocio *Bussines to Bussines* (B2B). En ese sentido la adquisición de materia prima considera: la extracción de materias primas, la producción de materiales primarios y secundarios, los procesos primarios como la extracción de minerales metálicos y la extracción de petróleo crudo dentro de los límites del sistema; las materias primas se transportan a fundiciones o refinerías de metales para producir metales vírgenes, combustibles y plásticos; estos materiales se utilizan para producir la plata, cobre y los insumos necesarios en la fabricación de joyería. Los procesos de producción consideran todas las etapas de producción de joyería según cada tipo de sistema. Al final del tiempo de vida útil del producto se realiza el reciclaje del metal; asimismo en la etapa del tratamiento de residuos se considera la disposición de residuos sólidos municipales y peligrosos a rellenos sanitarios y de seguridad, respectivamente.

Figura 10, Alcance y Límites del Sistema



bizagi

Elaboración propia

Requerimientos de Integridad: Idealmente en un Análisis de Ciclo de Vida ningún proceso debería excluirse del sistema, dado que este estudio evalúa los principales puntos críticos, sin embargo, debido a la complejidad del sistema, hemos excluido lo siguiente:

- i. Uso y Reparación de las joyas. Dado que es un proceso en el que el taller de producción no tiene suficiente control (como la frecuencia de lavado y el tipo de solución limpiadora).
- ii. Bienes Capitales, maquinarias y bienes que consumo promedio mayor a dos años, a menos que se encuentren integrados en los procesos unitarios del sistema secundario de datos. Es una práctica común en la mayoría de estudios de ACV.
- iii. La contribución de materiales e insumos que tengan un peso menor al 5 % de la masa total de la pieza serán excluidos, a excepción de sustancias o materiales consumibles durante el proceso que se espera que sean tóxicos o que puedan contribuir considerablemente a la evaluación de impactos ambientales.
- iv. La contribución de emisiones durante el proceso de producción; a excepción de sustancias durante el proceso de reciclaje de plata que se espera que sean tóxicos o que puedan contribuir considerablemente a la evaluación de impactos ambientales.
- v. El transporte de materiales, debido a que el volumen evaluado es menor, se considera que los impactos generados en el transporte sea menor comparado a los impactos generados por el uso de los principales insumos. Por ese motivo no fue considerado en el estudio.

4.5. Representatividad de los datos de ACV

Representatividad Tecnológica. La tecnología utilizada en los procesos de manufactura es representativa a la mayoría de talleres artesanales. Su tecnología es caracterizada por una relativa eficiencia media (con respecto la productividad) y de un tiempo de vida en promedio entre 5 a 10 años. Los datos utilizados para la fabricación de joyería serán utilizados principalmente de los procesos de producción del taller y de sus proveedores. Alternativamente se puede usar datos de otros talleres con similar tecnología como compensación en caso de que existan datos faltantes. A continuación, la Tabla 16 detalla equipos y maquinarias que son utilizados durante el proceso de producción.

Tabla 16, Equipos utilizados en los sistemas de producción de joyería

Vaciado			Hecho a Mano		
Equipo	Antigüedad	Potencia	Equipo	Antigüedad	Potencia
Pulidora 0.5 HP	10 años	0.37 KW	Pulidora 0.5 HP	10 años	0.37 KW
Horno	10 años	3 KW	Laminadora 2 HP	40 años	1.49 KW
Vulcanizadora	10 años	1 KW			
Inyectora	10 años	0.5 KW			
Compresora 0.5 HP	10 años				
Cautil	1 año	0.08 KW			
Inyectora	10 años	0.5 KW			

Elaboración propia

Representatividad Geográfica. La cobertura geográfica de la materia prima principal, la plata, es originaria de las principales minas del Perú y procesadas en Lima para el mercado local. Además, existen suministros que son producidos en el país como son los trapos de pulir, pastas de pulir, crisoles, ácidos. Existen productos que son importados como pastas de lustrar, yeso satín, silicona y cera; principalmente de China. La mayoría de maquinarias utilizadas en joyería son importadas de Italia, sin embargo, en el presente estudio serán excluidas. La siguiente tabla muestra el alcance geográfico de las etapas del ciclo de vida del producto. Tabla 17.

Tabla 17, Procedencia de los principales materiales usados

Etapa	Proceso de Producción	
	A mano	Vaciado
Materia Prima y Energía	Minerales Metálicos: Perú	
	Petróleo crudo: Perú	
	Energía: Perú	
Producción	Producción Perú	
	Otros elementos: Perú	Otros elementos: China
Disposición Final y Tratamiento de residuos	Principalmente en Perú	

Elaboración propia

Representatividad Temporal. Los datos utilizados para la fabricación de joyería serán representativos en un horizonte de 5 años, es decir desde el 2017 al 2022. El tiempo de vida promedio de las piezas de joyería es de 20 años, luego de esto los productos serán reciclados para la fabricación de otras piezas. Cabe mencionar que los datos utilizados en los sistemas secundarios como extracción y refinación de metal, así como en la fabricación de insumos, se espera utilizar datos no mayores a 5 años de antigüedad.

4.6. Bases para la Evaluación de Impactos

Para el presente estudio se utilizó la metodología ReCiPe H 2008, dado que es una herramienta ampliamente usada, de carácter global; además se revisó información de investigaciones de ACV en proyectos mineros, identificando que la metodología ReCiPe es una de las más utilizadas; siendo este el método de ACV más actualizado con un número mínimo de puntajes de indicadores. El método ReCiPe se clasifica en 3 enfoques: jerárquico, individualista e igualitario; en el presente proyecto se utilizó el enfoque jerárquico (H) que considera un equilibrio entre ambos enfoques pesimista y optimista. (Fugiel, A., Burchart-Korol, D., Czaplicka-Kolarz, K., , & Smolinski, A., 2017). El método ReCiPe tiene 18 categorías basadas en indicadores de puntos medios y tres categorías basadas en indicadores de puntos finales. En el presente proyecto se utilizaron indicadores de punto medio, en ese sentido se utilizaron las siguientes categorías de impacto ambiental: ocupación de tierras agrícolas (m²*a), cambio climático (kg CO₂-Eq), agotamiento de recursos fósiles (kg oil-Eq), ecotoxicidad del agua dulce (kg 1,4-DCB-Eq), eutrofización de agua dulce (kg P-Eq), toxicidad humana (kg 1,4-DCB-Eq), radiación ionizante (kg U235-Eq), ecotoxicidad marina (kg 1,4-DCB-Eq), eutrofización marina (kg N-Eq), agotamiento de metales (kg Fe-Eq), transformación natural de la tierra (m²), agotamiento del ozono (kg CFC-11-Eq), formación de partículas (kg PM₁₀-Eq), formación de oxidantes fotoquímicos (kg NMVOC), acidificación terrestre kg SO₂-Eq), ecotoxicidad terrestre (kg 1,4-DCB-Eq), ocupación de suelo urbano (m²*a), agotamiento del agua (m³). El modelamiento de impactos a nivel medio, fue

considerado suficiente dado el objetivo del estudio. Se realizó un análisis de sensibilidad e incertidumbre para los parámetros más representativos del sistema.

El sistema de producto fue modelado en el software Open LCA versión 10, dado que es un software de uso libre. Como software de código abierto, está disponible gratuitamente, sin costos de licencia. El software, así como cualquier modelo creado, se puede compartir libremente si la licencia de la base de datos lo permite. Tiene una información muy detallada sobre los resultados de los cálculos y análisis; identifica los principales impulsores a lo largo del ciclo de vida, por proceso, flujo o categoría de impacto, permite visualizar los resultados y ubicarlos en un mapa. Tiene las mismas funciones que un software de ACV comercial, como SimaPro, GaBi o Umberto, pero ofrece claras diferencias (Ciroth, Di Noi, Lohse, & Srocka, 2020). Adicionalmente, Open LCA cuenta con un repositorio en línea de base de datos llamado Open LCA Nexus. Este repositorio combina datos ofrecidos por proveedores de datos de ACV líderes en el mundo como PE International (bases de datos GaBi), elecoinvent center (ecoinvent) o el Joint Research Center de la Comisión Europea (ELCD).

En la presente investigación se utilizó la base de datos de Ecoinvent 3.7.1. La base de datos Ecoinvent es la base de datos de ICV líder en el mundo que ofrece tanto en términos de transparencia como de coherencia. La base de datos ecoinvent proporciona datos de proceso bien documentados para miles de productos, lo que le ayuda a tomar decisiones verdaderamente informadas sobre su impacto medioambiental (Moreno Ruiz, FitzGerald, Symeonidis, & Wernet, 2020). La última versión de la base de datos se encuentra disponible en OpenLCA Nexus. Asimismo, los factores de caracterización en base al método ReCiPe H 2008 disponible en la base de datos, fueron descargados del portal web de Open LCA Nexus (<https://nexus.openlca.org/>) y fueron importadas al software. El método de evaluación de impactos ambientales es presentado en el Anexo 11.1.

4.7. Requisitos para Estudios Comparativos

A pesar de que la comparación de escenarios se realizará en un análisis interno, se entiende que es un estudio que será abierto para el público en general. Por lo que se presentarán los requerimientos de calidad de datos, se excluirán los procesos idénticos para la comparación de escenarios y se realizará una adecuada interpretación de resultados para los interesados en el proceso; en especial para la comparación de entre el uso de materia prima virgen y reciclada.

Cabe mencionar que la comparación será utilizando la misma unidad funcional y límites del sistema. Los procesos que se hayan omitido serán los mismos en ambos casos. Es así que se espera que la comparación entre los sistemas evaluados sea justa y se cumplan los requerimientos para los estudios comparativos. Por lo tanto, la comparación entre los sistemas de producción es justa y se cumplen los requisitos para los estudios comparativos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, aunque cuantificamos el inventario de incertidumbres, no se pudo realizar una comparación teniendo en cuenta la correlación entre el inventario de incertidumbres de los inventarios de procesos que son los mismos para los sistemas de producción

comparados. Por lo tanto, en algunos casos puede haber una diferencia estadísticamente significativa en las puntuaciones de impacto entre los sistemas de producción, incluso si eso no es evidente en nuestro análisis. Por otro lado, no se consideraron las incertidumbres en los procesos de primer plano, que pueden, al menos parcialmente, superar una posible disminución de la incertidumbre debido a las correlaciones (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018).

4.8. Necesidades de Revisión Crítica

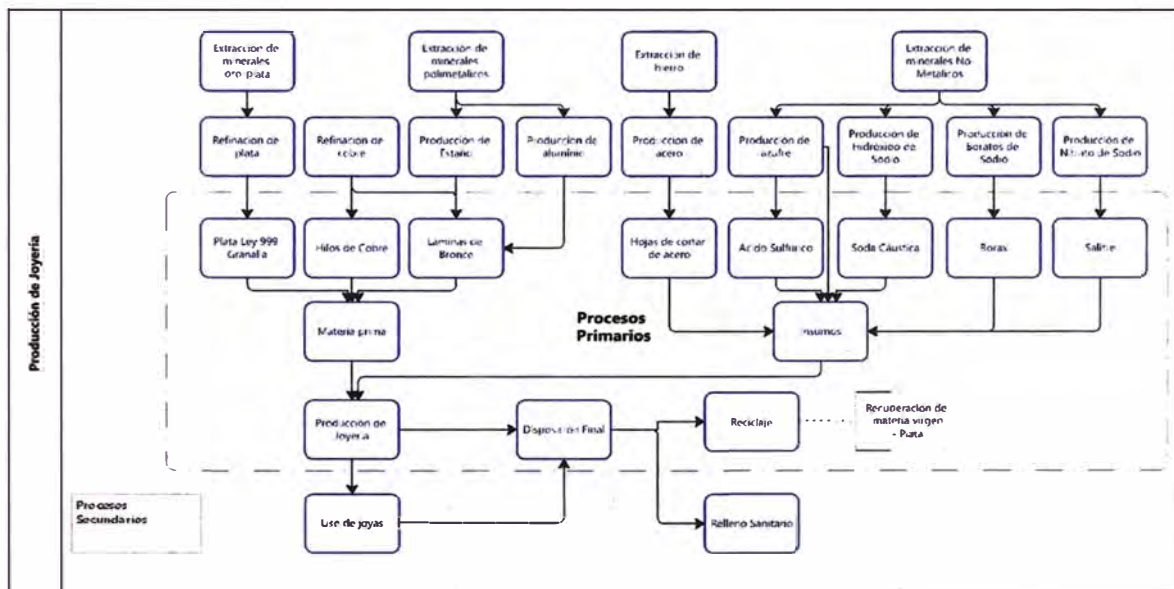
Dado que es un estudio que será abierto al público en general, será necesario una revisión crítica por un Comité de revisión, el cual será propuesto y formado por especialistas de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería de Perú.

CAPÍTULO V. INVENTARIO DE CICLO DE VIDA

5.1. Modelo de ICV a Nivel de Sistema

A continuación, se presenta los diagramas de flujo de los escenarios analizados en la Figura 11 y Figura 12. La comparación entre los sistemas muestra que mucho de los procesos serán similares, por ejemplo, la extracción de materia prima y en insumos. Sin embargo, la magnitud de los flujos a veces varía.

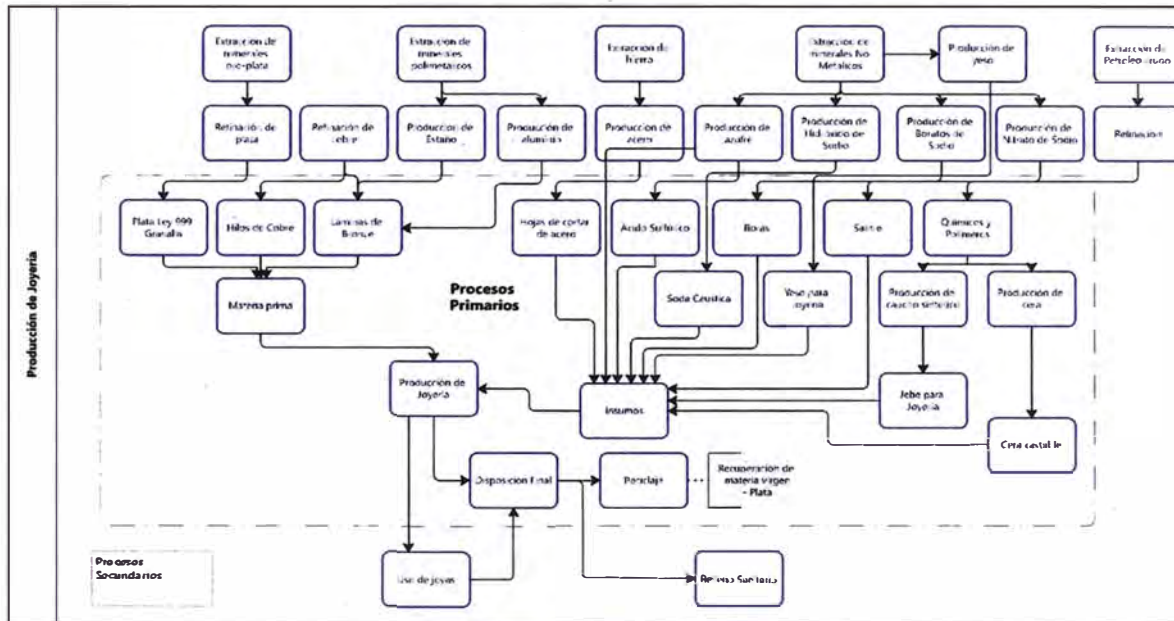
Figura 11, Sistema de producto de la joyería hecha a mano. Las líneas en rayas indican los procesos realizados en el taller



Fuente Propia



Figura 12, Sistema de producto de la joyería con el método de vaciado. Las líneas en rayas indican los procesos realizados en el taller



Modeler

Fuente Propia

5.2. Recopilación de Datos

Los datos utilizados serán de dos fuentes, internas y externas. Los datos internos serán del proceso de manufactura, distribución de joyería y recuperación de plata, los que serán recopilados personalmente en el taller de joyería y lugares externos. Se utilizó la base de datos de Ecoinvent 3.7.1 en los procesos de extracción, refinación, obtención de insumos, energía y tratamiento de residuos; dado que son procesos más complejos que no son de fácil recopilación (ecoinvent, 2020).

Una vez finalizado el proceso de recolección, se procedió a realizar un ejercicio de validación de la información recolectada en la que se solicitará información de soporte de los datos presentados para asegurar la integridad y precisión de la información que requiere el estudio. Los datos son sintetizados en la

5.3. Modelado del Sistema por Etapa del Ciclo de Vida

En la presente sección presentaremos el detalle de los sistemas modelados, la recopilación y tratamiento de datos y los mayores supuestos. La Lista completa de todos los supuestos será mostrada en el Anexo 11.2; asimismo el Anexo 11.3 muestra a detalle las actividades, materiales, insumos y recursos consumidos de cada etapa del proceso productivo.

Etapa de Materiales. La lista de actividades requeridas para producir una pieza de joyería es mostrada en la , la lista de materiales necesarios para la producción de joyería se presenta en el Anexo 11.4. Los datos de cantidad de materia prima e insumos son provistos por el taller de producción. Se ha realizado el cálculo y la medición de la cantidad de materia prima e insumos necesarios para producir un kilogramo de joyería, debido a que la producción en el taller es variable, así como los tipos de joyería. Se ha considerado cuantificar los insumos que sean más del 5% del total de la masa de todos los insumos usados; sin embargo, también se consideraron los insumos que podría contar con elevadas cargas ambientales.

Etapa de Producción. Los datos de consumo de energía eléctrica han sido calculados con respecto a la potencia de cada equipo con el tiempo de uso para el flujo de referencia, que ha sido provista por el taller. Estos datos son considerados de alta certeza. Los datos de consumo de energía térmica son considerados con respecto al consumo de balones de GLP convencional de 10 kg (494 MJ) que es provisto por el mercado local. Asimismo, el consumo de agua ha sido provisto por el taller de producción para el flujo de referencia. Los principales supuestos en esta etapa son que las pérdidas de material en esta etapa no son consideradas, se considera un 100% de eficiencia en el consumo de energía térmica, se consideran precisos los datos de potencia y tiempo de uso para calcular la energía eléctrica consumida en el uso de los equipos. Se realizó el cálculo de la estimación de emisiones y efluentes generados en el proceso de producción con respecto a los datos observables por la evaporación de los insumos químicos y por la generación de residuos sólidos. En el Anexo 11.3 se muestra las etapas del proceso de producción en cada escenario evaluado; en las etapas se mencionan la cantidad de materia prima e insumos necesarios en cada etapa de producción, asimismo se mencionan las salidas en el proceso de producción por cada tipo de sistema.

Etapa de Uso. Los datos de consumo durante la etapa de uso no han sido considerados debido a que la unidad de referencia es considerada como un artículo de lujo y la función o necesidades que satisface varía según los criterios de gustos del poseedor del artículo; por lo tanto, la cantidad de reemplazos que se pueden realizar es variable durante el tiempo de vida útil de la pieza de joyería. Asimismo, el taller de joyería no tiene control sobre la limpieza y el tipo de mantenimiento que se podría realizar a la pieza de joyería.

Etapa de Disposición Final. Los datos de generación de los residuos sólidos durante la etapa de producción, han sido calculados y estimados según el tipo de insumos dispuestos en cada tipo de escenario; en ese sentido el Anexo 11.3 muestra los cálculos realizados para obtener la cantidad de residuos municipales, residuos peligrosos y las emisiones generadas durante el proceso de producción.

Tabla 19, Base de datos del consumo de materiales incluyendo la fuente de obtención

Parámetro	Valor		Unidad	Nota	Fuente
	M	V			
Materiales					
Materia Prima	Ver Anexo 11.4		Kg	El empaquetado es hecho de cartón reciclado y polietileno. La Lista de materiales es obtenida del productor.	Medido
Insumos	Ver Anexo 11.4		Kg	Adicionalmente a la lista de materiales mostrada en el Anexo 11.4. Se utilizan otros materiales durante la producción como ceras de pulir, grasa, entre otros; se omitió debido a que el porcentaje era menor a la masa total. La lista de materiales fue obtenida del productor.	Medido y estimado
Producción					
Consumo de Electricidad para la producción	4.079	31.646	KW.h	La data proviene de las mediciones del consumo actual del taller de producción,	Calculada
Agua consumida	19	20	L	Los datos son medidos del consumo de agua que se realiza en todo el proceso de producción.	Medida
Energía térmica	247	135.70	MJ	Los datos son medidos con respecto a la cantidad de balones de gas de 10 kg (4.94 MJ/kg) que son consumidos en la producción.	Medida
Disposición de Residuos Sólidos					
Residuos municipales	0.045	4.311	Kg	Residuos sólidos generados durante el proceso de producción y la etapa de uso.	Calculado
Residuos peligrosos	4.361	7.688	Kg	Residuos peligrosos generados durante el proceso de producción.	Calculado
Residuos para el reciclaje de plata	0.110	0.110	Kg	La lista de materiales necesarios para el reciclaje de plata obtenida de residuos del taller es mostrada en el Anexo 11.4. El reciclaje es realizado por el producto mediante procesos internos.	Calculado
Agua residual	0.015	0.15	m3		Calculado

Fuente Propia

5.4. Bases para Análisis de Sensibilidad e Incertidumbre

Para poder evaluar la influencia de los supuestos hechos en los resultados de ACV, se han desarrollado análisis de sensibilidad seguidos de análisis de incertidumbre y variabilidad.

Análisis de sensibilidad. Con la finalidad de poder realizar la identificación de los parámetros que más influyen en el cálculo de impactos ambientales y para proveer las bases para el análisis de variabilidad e incertidumbre se ha realizado el cálculo de coeficientes de sensibilidad normalizados ($X_{IS,k}$) acorde a la Ecuación 1. (Prommer, Tuxen, & Bjerg, 2006)

Ecuación 1

$$X_{IS,k} = \frac{\Delta IS / IS}{\Delta a_k / a_k}$$

De la ecuación, $X_{IS,k}$ es el coeficiente de sensibilidad normalizado del valor del impacto ambiental (IS) por la perturbación de un parámetro k , a_k es el valor del parámetro k , Δa_k es la perturbación del valor a_k , IS es el valor de impacto ambiental calculado con el parámetro a_k , y ΔIS es la variación del valor de impacto ambiental calculado que resulta de la perturbación del valor del parámetro k . Todos los parámetros de entrada deben ser perturbados en un 10%, que es un rango realista alrededor de los valores esperados. $X_{IS,k}$ igual a 1 significa que un aumento del 10% en el valor del parámetro genera un aumento del 10% en la puntuación de impacto. Generalmente, se considera que un parámetro tiene una sensibilidad media si $X_{IS,k} > 0,3$ y una sensibilidad grande si $X_{IS,k} > 0,5$. En este estudio, un parámetro se considera importante cuando $X_{IS,k} > 0.3$. (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018).

El Anexo 11.5 muestra los valores de $X_{IS,k}$ en cada parámetro evaluado por cada tipo de impacto ambiental. Con lo cual se evidencia que el parámetro que más influye en el análisis es la cantidad de plata consumida, la cantidad de plata recuperada y la cantidad de residuos peligrosos generados.

Adicionalmente se realizó otro análisis de sensibilidad en distintos tipos de escenarios, con respecto al cambio de la fuente de la materia prima principal que sería la plata. En el taller de producción artesanal, se realiza con poca frecuencia la recuperación de los residuos de plata de los procesos de limado, lijado y pulido; normalmente el artesano espera acumular una considerable cantidad del residuo para realizar la recuperación de plata mediante la refinación con ácido nítrico y cloruro de sodio. En la presente investigación se realizarán análisis de sensibilidad en 2 escenarios, uno cuando se realiza la producción de joyería a mano con la plata reciclada y otro cuando se realiza la producción con la técnica de vaciado utilizando plata reciclada. El resumen de los escenarios evaluados se presenta en la Tabla 20.

Tabla 20, Análisis de Sensibilidad según los escenarios evaluados

Parámetros de sensibilidad	Escenarios base	Escenarios de sensibilidad
		Escenario 1
Materia prima	Plata virgen ¹	Plata reciclada internamente

Fuente Propia

Análisis de Incertidumbre y Variabilidad. Las incertidumbres de los parámetros provienen de la imprecisión en el conocimiento sobre el valor real de un parámetro, por ejemplo, cantidad de insumos consumidos en la producción. Por el contrario, la variabilidad es la variación inherente que existirá entre procesos similares dependiendo del nivel tecnológico y la ubicación espacial, por ejemplo, la distancia de transporte desde el taller hasta el comercio minorista (Steinmann, Hauck, Karupiah, Laurenzi, & Huijbregt, 2014).

En la presente investigación se realizará la evaluación en conjunto de incertidumbre y variabilidad mediante la simulación de Monte Carlo. Se realizó la simulación, solamente de los parámetros que fueron considerados importantes ($X_{IS,k} > 0.3$) en el análisis de sensibilidad por alguno de los impactos ambientales para cada tipo de sistema de producción, ver Anexo 11.5. Se encontraron 03 parámetros considerados importantes. A estos parámetros se les asignó valores de desviación estándar relativa derivada del rango de variación de los valores de los parámetros, ver Tabla 21.

Tabla 21, Parámetros inciertos o variables incluidos en la simulación de Monte Carlo y su desviación estándar asociada expresada en porcentaje

Parámetros inciertos variables	Media (desviación estándar relativa)			
	A	V	Escenario 1 A	Escenario 1 V
Cantidad de plata	1.0 (0.5%)	1.235 (1%)	1.0 (0.5%)	1.235 (1%)
Cantidad de plata recuperada	-0.0705 (0.5%)	-0.29 (1%)	-0.0705 (0.5%)	-0.29 (1%)
Cantidad de residuos peligrosos generados	4.36133 (1%)	7.688 (1%)	4.36133 (1%)	7.688 (1%)
Cantidad de Ácido Nítrico durante la recuperación de plata	-	-	10 (2.5%)	10 (2.5%)

Fuente Propia

¹ Se ha considerado los datos del proceso de producción de plata "gold-silver mine operation with refinery; Rest of World". Este proceso de múltiples salidas 'minería y refinación, depósito de oro y plata' entrega el oro de los dos coproductos, 'de la producción combinada de oro y plata, en la refinería' y 'plata, de la producción combinada de oro y plata, en la refinería'. Este conjunto de datos incluye la minería en Perú en minas a cielo abierto incluyen el uso de la tierra. Se estiman las emisiones atmosféricas. (ecoinvent, 2020)

La desviación estándar relativa (también conocida como coeficiente de variación, CV) es igual a la desviación estándar de la muestra dividida por la media de la muestra, expresada en porcentaje. La desviación estándar de la muestra se estimó utilizando una regla empírica de que la desviación estándar de la muestra, es igual a un cuarto del rango de parámetros completo (igual a la diferencia entre el valor máximo y mínimo) (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018). Los cambios en las cantidades de plata como materia prima dependen de la cantidad de pérdidas en los procesos, así como de la cantidad de material adicional necesario; esto varía en cada proceso, se espera que en el proceso hecho a mano tenga un máximo de variación de 1% y en el proceso vaciado sea de 2%. Los cambios en cantidad de residuos peligrosos generado, son altos en las 2 etapas, se espera un cambio del 2%. Por último, en el proceso de recuperación de plata, el consumo de ácido nítrico fue el factor que mayor sensibilidad tuvo en los resultados de impacto, ante un cambio; se estimó que tendría una variación máxima de 5% debido a que la concentración de plata en los restos de pulido siempre es variable.

Los rangos de variación y el número de parámetros son altos en la cantidad de materia prima e insumos debido a que la producción es variable y existen mermas durante la producción. Hemos asumido una distribución normal en todos los parámetros debido a que es una distribución estándar y puede ser aplicado en el software OpenLCA 1.10.2. Las incertidumbres en los procesos primarios no se consideraron porque no se conocían y la base de datos de procesos unitarios no las incluía en el momento del estudio. Las diferencias en las puntuaciones de impacto entre los sistemas comparados se consideraron significativas si los rangos de probabilidad del 95% calculados de las puntuaciones de impacto de 1000 iteraciones no se superponían. (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018)

Aunque no se considera necesario en este estudio de caso, todos los demás flujos y parámetros podrían atribuirse a desviaciones estándar, lo que respalda un análisis de incertidumbre más completo. En tales casos, las desviaciones estándar para cada flujo en los procesos primarios podrían calcularse utilizando el enfoque de matriz de Pedigree (Ciroth, 2013). Debido a que no han sido consideradas las incertidumbres en los procesos primarios, puede resultar en un aumento en la incertidumbre de los resultados obtenidos. Asimismo, los factores de caracterización de cada metodología de evaluación de impactos ambientales vienen acompañados de rangos de incertidumbre, sin embargo, no han sido considerados en el presente estudio.

5.5. Resultados de LCI Calculados

En la presente sección se muestran los procesos unitarios evaluados en cada etapa evaluada, según los tipos de sistemas evaluados (ver Anexo 11.6). Asimismo, en el Anexo 11.7 se muestra el resultado del inventario de ciclo de vida por cada tipo de sistema.

CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE IMPACTOS DE CICLO DE VIDA

6.1. Resultados Caracterizados

Los impactos en el ciclo de vida son listados en la Tabla 22. Se verifica que la mayoría de categorías de impacto del proceso “Vaciado” son mayores que el proceso “Hecho a Mano”. La Figura 13 muestra los resultados de los indicadores relativos de las respectivas variantes del proyecto. Para cada indicador, el resultado máximo se establece en 100% y los resultados de las otras variantes se muestran en relación con este resultado. El proceso “Hecho a Mano” tiene los menores impactos ambientales en 13 categorías de impacto, mientras que el proceso “Vaciado” tiene menores impactos ambientales en 5 categorías de impacto; sin embargo, se observa que ninguna de las categorías de impacto, muestra diferencias significativas estadísticamente en los valores de impacto (el 95% del rango de probabilidad se superponen). Por lo tanto, ambos procesos de producción no muestran diferencias significativas en sus impactos ambientales.

Producto: 999 g de joyería de plata 950.

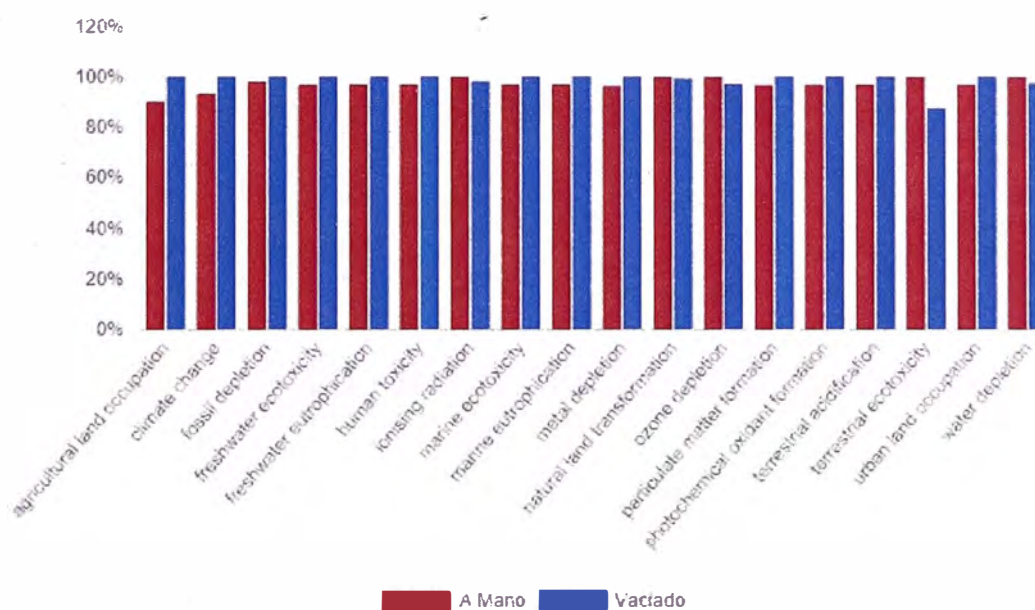
Equivale a 370 u de dijes en forma de corazón (peso 2.7 g)

Tabla 22, Impactos caracterizados y acompañados del rango de 95% de probabilidad del análisis de Monte Carlo

Categoría de Impacto	Unidad	Impacto Ambiental (rango de probabilidad 95%)	
		A Mano	Vaciado
ocupación de tierras agrícolas	m ² *a	6.37 (5.93-6.84)	7.05 (6.56-7.59)
cambio climático	kg CO ₂ -Eq	165.37 (152.78-179.27)	176.88 (162.62-192.78)
Agotamiento de recursos fósiles	kg oil-Eq	60.04 (55.48-65.09)	61.03 (56.04-66.65)
ecotoxicidad del agua dulce	kg 1,4-DCB-Eq	563.93 (520.62-611.71)	580.83 (533.03-633.94)
eutrofización de agua dulce	kg P-Eq	1.63 (1.50-1.77)	1.67 (1.54-1.83)
toxicidad humana	kg 1,4-DCB-Eq	2.562.35 (2.365.54-2.779.40)	2.636.58 (2.419.30-2.877.98)
radiación ionizante	kg U235-Eq	10.41 (9.62-11.29)	10.21 (9.38-11.15)
ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB-Eq	494.53 (456.54-536.42)	509.47 (467.55-556.04)
eutrofización marina	kg N-Eq	1.09 (1.01-1.19)	1.12 (1.03-1.23)
agotamiento de metales	kg Fe-Eq	1.65E-2 (1.53E-2-1.79E-2)	1.71E-2 (1.57E-2-1.87E-2)
transformación de la tierra natural	m ²	7.77E-2 (7.18E-2-8.42E-2)	7.71E-2 (7.08E-2-8.42E-2)
agotamiento del ozono	kg CFC-11-Eq	2.23E-5 (2.06E-5-2.42E-5)	2.17E-5 (1.99E-5-2.37E-5)
formación de partículas	kg PM10-Eq	0.91 (0.84-0.98)	0.93 (0.86-1.02)
formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	3.08 (2.84-3.33)	3.17 (2.91-3.46)
acidificación terrestre	kg SO ₂ -Eq	2.42 (2.23-2.62)	2.49 (2.28-2.71)
ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB-Eq	3.33E-2 (3.08E-2-3.62E-2)	2.92E-2 (2.69E-2-3.19E-2)
ocupación de suelo urbano	m ² *a	12.21 (11.28-13.24)	12.58 (11.55-13.73)
agotamiento del agua	m ³	3.33 (3.07-3.61)	3.24 (2.97-3.54)

Fuente Propia

Figura 13, Resultados de los indicadores relativos de las respectivas variantes del proyecto



Fuente Propia

CAPÍTULO VII. INTERPRETACIÓN

Antes de presentar las recomendaciones del estudio, es necesario realizar la interpretación de los resultados del Análisis de Ciclo de Vida.

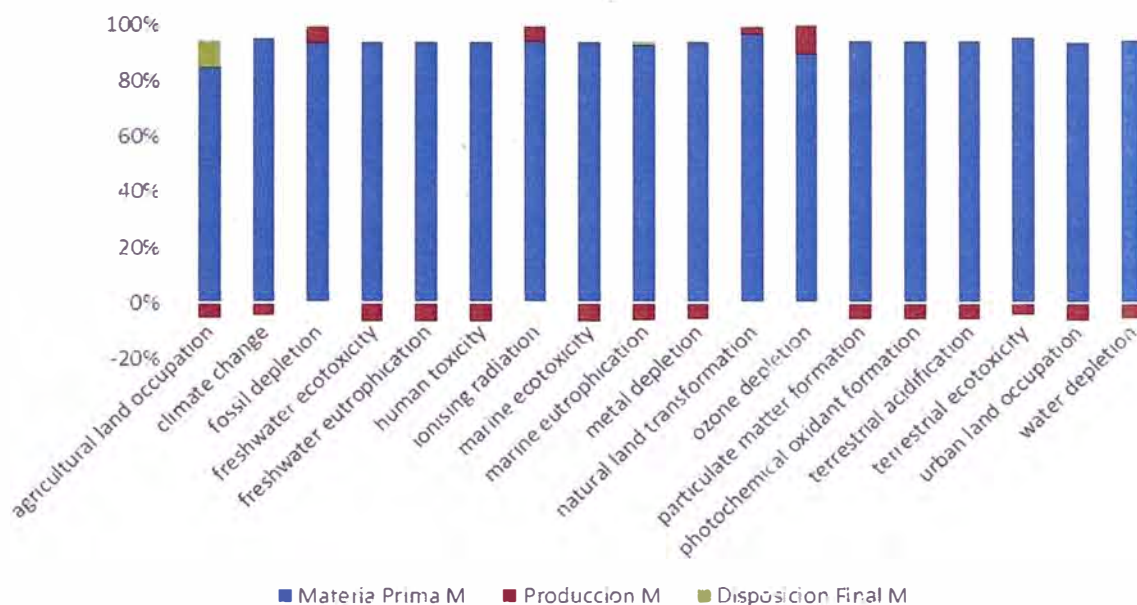
7.1. Problemas Significativos

Análisis de contribución de procesos

El análisis de contribución de procesos se realiza con la finalidad de explicar las diferencias en los valores de impacto en los procesos evaluados e identificar puntos críticos; uno de los métodos es analizar los procesos que tienen la mayor carga ambiental.

En la figura 14, que representa al proceso "Hecho a Mano" con plata virgen, se muestran que la principal fuente de impactos ambientales es la etapa de materia prima; en especial por el uso de la plata virgen. La contribución de esta etapa a los impactos totales es mayor del 80 % en todas las categorías de impacto ambiental.

Figura 14, Contribución de las etapas individuales del ciclo de vida al impacto total por cada categoría de impacto para el proceso "Hecho a Mano"



Fuente Propia

En la categoría de Ocupación de Tierras Agrícolas se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 5.418 m².a. Sin embargo, cabe mencionar que el impacto de la plata virgen en la etapa de materia prima es de 5.8136 m².a, mientras que en la etapa de producción es de -0.389 m².a; esto debido a que en la etapa de producción se recupera una parte de la materia prima utilizada para otro proceso. El segundo con mayor contribución es el tratamiento de residuos peligrosos con 0.686 m².a, que pertenece a la etapa de disposición final. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Cambio Climático se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 159.0 kg CO₂ Eq (170.66 kg CO₂ Eq en la etapa de materia prima y -11.43 kg CO₂ Eq en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de gas licuado de petróleo con 2.97 kg CO₂ Eq, que pertenece a la etapa de producción; sin embargo, la diferencia con el principal contribuyente es muy significativa.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de Recursos Fósiles se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 51.741 kg oil Eq (55.52 kg oil Eq en la etapa de materia prima y -3.72 kg oil Eq en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de gas licuado de petróleo con 6.90 kg oil Eq, que pertenece a la etapa de producción. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad de Agua Dulce se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con $5.61E2$ kg 1,4 DCB Eq (602.22 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de materia prima y -40.33 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de bronce con 0.784 kg 1,4 DCB Eq, que pertenece a la etapa de materia prima. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Eutrofización de Agua Dulce se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 1.62 kg P Eq (1.73 kg P Eq en la etapa de materia prima y -0.12 kg P Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de bronce con $1.59E-3$ kg P Eq, que pertenece a la etapa de materia prima. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Toxicidad Humana se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con $2.550E3$ kg 1,4 DCB Eq (2736.48 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de materia prima y -183.28 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de bronce con 2.672 kg 1,4 DCB Eq, que pertenece a la etapa de materia prima. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Radiación Ionizante se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 9.054 kg U235 Eq (9.716 kg U235 Eq en la etapa de materia prima y -0.651 kg U235 Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de gas licuado de petróleo con 1.224 kg U235 Eq, que pertenece a la etapa de producción. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad Marina se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con $4.921E2$ kg 1,4 DCB Eq (528.12 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de materia prima y -35.37 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de bronce con 0.680 kg 1,4 DCB Eq, que pertenece a la etapa de materia prima. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Eutrofización de Marina se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 1.062 kg N Eq (1.139 kg N Eq en la etapa de materia prima y -0.076 kg N Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el tratamiento de reciclaje interno de plata con 0.017 kg N Eq, que pertenece a la etapa de disposición final. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de Metales se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 0.016 kg Fe Eq (0.017 kg Fe Eq en la etapa de

materia prima y $-1.15E-3$ kg Fe Eq en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de gas licuado de petróleo con $1.321E-4$ kg Fe Eq, que pertenece a la etapa de producción. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Transformación de la Tierra Natural se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 0.07 m² (0.075 m² en la etapa de materia prima y $-5.01E-3$ m² en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de gas licuado de petróleo con $7.11E-3$ m², que pertenece a la etapa de producción. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de la Capa de Ozono se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con $1.855E-5$ kg CFC-11 Eq ($1.99E-5$ kg CFC-11 Eq en la etapa de materia prima y $-1.33E-6$ kg CFC-11 Eq en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de gas licuado de petróleo con $3.519E-6$ kg CFC-11 Eq, que pertenece a la etapa de producción. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Formación de Material Particulado se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 0.883 kg PM₁₀ Eq (0.947 kg PM₁₀ Eq en la etapa de materia prima y -0.063 kg PM₁₀ Eq en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de gas licuado de petróleo con $6.964E-3$ kg PM₁₀ Eq, que pertenece a la etapa de producción. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Formación de Oxidantes Fotoquímicos se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 3.012 kg NMVOC (3.232 kg NMVOC en la etapa de materia prima y -0.216 kg NMVOC en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el proceso de reciclaje de plata con 0.022 kg NMVOC, que pertenece a la etapa de disposición final. El tercer mayor contribuyente es el consumo de gas licuado de petróleo con 0.019 kg NMVOC, que pertenece a la etapa de producción. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Acidificación Terrestre se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 2.357 kg SO₂-Eq (2.529 kg SO₂-Eq en la etapa de materia prima y -0.169 kg SO₂-Eq en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de gas licuado de petróleo con 0.023 kg SO₂-Eq, que pertenece a la etapa de producción. El tercer mayor contribuyente es el proceso de reciclaje de plata con 0.012 kg SO₂-Eq, que pertenece a la etapa de disposición final. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

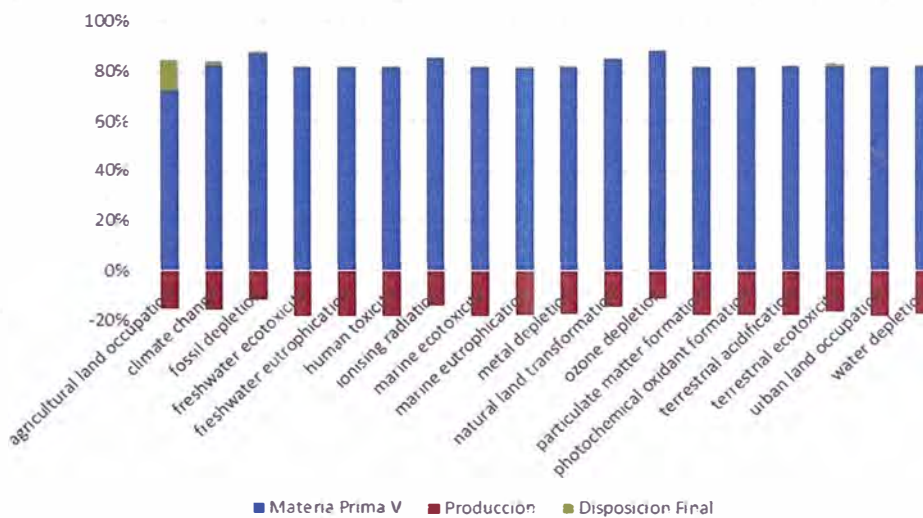
Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad Terrestre se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 0.026 kg 1,4 DCB Eq (0.028 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de materia prima y -1.89E-3 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de algodón con 6.21E-3 kg 1,4 DCB Eq, que pertenece a la etapa de materia prima. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Ocupación de Suelo Urbano se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 12.06 m2.a (12.942 m2.a en la etapa de materia prima y -0.867 m2.a en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de bronce con 0.048 m2.a, que pertenece a la etapa de materia prima. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Agotamiento del Agua se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 3.053 m3 (3.276 m3 en la etapa de materia prima y -0.219 m3 en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de algodón con 0.229 m3, que pertenece a la etapa de materia prima. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

En la Figura 15, que representa al proceso “Vaciado” con plata virgen, se muestra que la principal fuente de impactos ambientales también es la etapa de materia prima; en especial por el uso de la plata virgen. La contribución de esta etapa a los impactos totales es alrededor del 80 % en todas las categorías de impacto ambiental.

Figura 15, Contribución de las etapas individuales del ciclo de vida al impacto total por cada categoría de impacto para el proceso “Vaciado”



Fuente Propia

En la categoría de Ocupación de Tierras Agrícolas se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 5.578 m².a. Sin embargo, cabe mencionar que el impacto de la plata virgen en la etapa de materia prima es de 7.180 m².a, mientras que en la etapa de producción es de -1.602 m².a; esto debido a que en la etapa de producción se recupera una parte de la materia prima utilizada para otro proceso. El segundo con mayor contribución es el tratamiento de residuos peligrosos con 1.196 m².a, que pertenece a la etapa de disposición final. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Cambio Climático se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 1.637E2 kg CO₂ Eq (210.76 kg CO₂ Eq en la etapa de materia prima y -47.02 kg CO₂ Eq en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de electricidad con 4.495 kg CO₂ Eq, que pertenece a la etapa de producción; sin embargo, la diferencia con el principal contribuyente es muy significativa.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de Recursos Fósiles se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 53.275 kg oil Eq (68.571 kg oil Eq en la etapa de materia prima y -15.230 kg oil Eq en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de gas licuado de petróleo con 3.794 kg oil Eq, que pertenece a la etapa de producción. El tercer mayor contribuyente es el consumo de electricidad con 2.002 kg oil Eq, que pertenece a la etapa de producción. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad de Agua Dulce se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 5.778E2 kg 1,4 DCB Eq (743.75 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de materia prima y -165.91 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el tratamiento de residuos sólidos municipales con 1.280 kg 1,4 DCB Eq, que pertenece a la etapa de disposición final. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Eutrofización de Agua Dulce se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 1.668 kg P Eq (2.147 kg P Eq en la etapa de materia prima y -0.479 kg P Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Toxicidad Humana se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 2.626E3 kg 1,4 DCB Eq (3379.55.48 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de materia prima y -753.90 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Radiación Ionizante se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 9.322 kg U235 Eq (11.999 kg U235 Eq en la etapa de materia prima y -2.677 kg U235 Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de gas licuado de petróleo con 0.673 kg U235 Eq, que pertenece a la etapa de producción. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad Marina se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 5.067E2 kg 1,4 DCB Eq (652.231 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de materia prima y -145.498 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el tratamiento de residuos sólidos municipales con 1.240 kg 1,4 DCB Eq, que pertenece a la etapa de disposición final. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Eutrofización Marina se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 1.093 kg N Eq (1.407 kg N Eq en la etapa de materia prima y -0.314 kg N Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el tratamiento de reciclaje interno de plata con 0.017 kg N Eq, que pertenece a la etapa de disposición final. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de Metales se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 0.016 kg Fe Eq (0.021 kg Fe Eq en la etapa de materia prima y -4.72E-3 kg Fe Eq en la etapa de producción, por la recuperación del material). Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Transformación de la Tierra Natural se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 0.072 m² (0.092 m² en la etapa de materia prima y -0.021 m² en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de gas licuado de petróleo con 3.910E-3 m², que pertenece a la etapa de producción. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de la Capa de Ozono se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 1.910E-5 kg CFC-11 Eq (2.458E-5 kg CFC-11 Eq en la etapa de materia prima y -5.484E-6 kg CFC-11 Eq en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de gas licuado de petróleo con 1.935E-6 kg CFC-11 Eq, que pertenece a la etapa de producción. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Formación de Material Particulado se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 0.909 kg PM10 Eq (1.170 kg PM10 Eq en la etapa de materia prima y -0.261 kg PM10 Eq en la etapa de producción,

por la recuperación del material). Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Formación de Oxidantes Fotoquímicos se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 3.101 kg NMVOC (3.991 kg NMVOC en la etapa de materia prima y -0.890 kg NMVOC en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el proceso de reciclaje de plata con 0.022 kg NMVOC, que pertenece a la etapa de disposición final. El tercer mayor contribuyente es el consumo de gas licuado de petróleo con 0.010 kg NMVOC, que pertenece a la etapa de producción. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Acidificación Terrestre se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 2.427 kg SO₂-Eq (3.124 kg SO₂-Eq en la etapa de materia prima y -0.697 kg SO₂-Eq en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo mayor contribuyente es el consumo de gas licuado de petróleo con 0.013 kg SO₂-Eq, que pertenece a la etapa de producción. El tercero con mayor contribución es el proceso de reciclaje de plata con 0.012 kg SO₂-Eq, que pertenece a la etapa de disposición final. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad Terrestre se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 0.027 kg 1,4 DCB Eq (0.035 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de materia prima y -7.77E-3 kg 1,4 DCB Eq en la etapa de producción, debido a la recuperación del material). Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Ocupación de Suelo Urbano se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 12.418 m².a (15.983 m².a en la etapa de materia prima y -3.566 m².a en la etapa de producción, por la recuperación del material). El segundo con mayor contribución es el consumo de bronce con 0.043 m².a, que pertenece a la etapa de materia prima. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Agotamiento del Agua se observa que el principal contribuyente es la plata virgen con 3.143 m³ (4.046 m³ en la etapa de materia prima y -0.902 m³ en la etapa de producción, por la recuperación del material). Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Análisis de contribución de sustancias

Se ha desarrollado un análisis al nivel de flujos elementales con la finalidad de proveer un mayor análisis a las causas de los impactos ambientales en los procesos de fabricación de joyería. Se ha identificado las sustancias que tienen la mayor carga ambiental. El análisis fue desarrollado solo para el proceso hecho a mano,

debido a que se observó que el mayor contribuyente en los impactos ambientales es el consumo de plata virgen en ambos procesos. Sin embargo, en caso se encuentre importante para la interpretación de resultados, también se han discutido las diferencias en la contribución de sustancias en el otro proceso de fabricación de joyería.

En la categoría de Ocupación de Tierras Agrícolas se observa que el principal contribuyente es la ocupación intensiva de bosques con 5.012 m².a, seguido de la ocupación extensiva de bosques con 0.297 m².a; el tercer mayor contribuyente es la ocupación de cultivos anuales con 0.067 m².a. En todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Cambio Climático se observa que el principal contribuyente es el dióxido de carbono emitido al aire (sin especificar) con 67.795 kg CO₂ Eq, seguido del dióxido de carbono emitido al aire con baja densidad poblacional con 43.107 kg CO₂ Eq; el tercer mayor contribuyente es el dióxido de carbono emitido al aire con alta densidad poblacional con 34.511 kg CO₂ Eq. En todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de Recursos Fósiles se observa que el principal contribuyente es el consumo de petróleo crudo con 26.101 kg oil Eq, seguido del gas natural con 16.665 kg oil Eq; el tercer mayor contribuyente es el carbón duro con 7.910 kg oil Eq. En todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad de Agua Dulce se observa que el principal contribuyente es el ion cobre con 462.91 kg 1,4 DCB Eq, seguido del ion plata con 30.942 kg 1,4 DCB Eq; el tercer mayor contribuyente es el ion níquel con 13.838 kg 1,4 DCB Eq. En todos los casos es emitido al agua subterránea para un largo tiempo, además en todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Eutrofización de Agua Dulce se observa que el principal contribuyente es el fosfato emitido al agua subterránea para un largo tiempo con 1.450 kg P Eq, seguido del fosfato emitido al agua subterránea sin especificar con 0.170 kg P Eq. En todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Toxicidad Humana se observa que el principal contribuyente es el bario con 1012.596 kg 1,4 DCB Eq, seguido del manganeso con 803.204 kg 1,4 DCB Eq; el tercer mayor contribuyente es el plomo con 274.354 kg 1,4 DCB Eq. En todos los casos es emitido al agua subterránea para un largo tiempo, además en todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Radiación Ionizante se observa que el principal contribuyente es el carbono-14 con 6.171 kg U235 Eq, seguido del radon-222 con 2.760 kg U235 Eq; ambos casos son emitidos al aire con baja densidad poblacional, además es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. El tercer mayor contribuyente es el carbono-14 emitido al aire con baja densidad poblacional correspondiente a la producción de GLP con 1.199 kg U235 Eq. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad Marina se observa que el principal contribuyente es el ion cobre con 397.824 kg 1,4 DCB Eq, seguido del ion plata con 24.940 kg 1,4 DCB Eq; el tercer mayor contribuyente es el ion níquel con 13.488 kg 1,4 DCB Eq. En todos los casos es emitido al agua subterránea para un largo tiempo, además en todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Eutrofización Marina se observa que el principal contribuyente son los óxidos de nitrógeno emitidos al aire (sin especificar) con 0.917 kg N Eq, seguido de los óxidos de nitrógeno emitidos al aire con baja densidad poblacional con 0.048 kg N Eq. En todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de Metales se observa que el principal contribuyente es el uranio en el suelo con 0.016 kg Fe Eq, debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Transformación de la Tierra Natural se observa que el principal contribuyente es la transformación del suelo (sin especificar) con 0.063 m², seguido de la transformación de bosques intensiva con 0.062 m²; el tercer mayor contribuyente es la transformación de bosques (sin especificar) con 0.031 m². En todos los casos debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de la Capa de Ozono se observa que el principal contribuyente es metano del Halon 1301 (bromotrifloruro) con $1.403E-5$ kg CFC-11 Eq, seguido del metano del Halon 1211 (bromoclorodifloruro) con $0.364E-5$ kg CFC-11 Eq. En todos los casos es emitido al aire de baja densidad poblacional y es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Formación de Material Particulado se observa que el principal contribuyente son los óxidos de nitrógeno emitidos al aire con 0.519 kg PM10 Eq, seguido las partículas menores de 2.5 μ m con 0.104 kg PM10 Eq. En todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Formación de Oxidantes Fotoquímicos se observa que el principal contribuyente son los óxidos de nitrógeno emitidos al aire con 2.359 kg NMVOC, seguido de NMVOC (compuestos orgánicos volátiles no metálicos, en inglés) con 0.379 kg NMVOC. En todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Acidificación Terrestre se observa que el principal contribuyente con los óxidos de nitrógeno emitidos al aire con 1.320 kg SO₂-Eq seguido de amoníaco emitido al aire con 0.657 kg SO₂-Eq. En todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad Terrestre se observa que el principal contribuyente el cianuro emitido al agua superficial con 0.013 kg 1,4 DCB Eq, seguido del mercurio emitido al aire de baja densidad poblacional con 0.0027 kg 1,4 DCB Eq y en tercer lugar el mercurio emitido al agua subterránea con 0.0021 kg 1,4 DCB Eq. En todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Ocupación de Suelo Urbano se observa que el principal contribuyente es la ocupación de vertederos con 8.378 m².a, seguido de la ocupación de sitios de extracción de minerales con 3.253 m².a. En todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Agotamiento del Agua se observa que el principal contribuyente es el consumo de agua subterránea de pozos con 2.825 m³, seguido del consumo de agua de río con 0.218 m³. En todos los casos es debido a la extracción de la plata durante la operación en las minas y la posterior refinación. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

7.2. Comprobaciones de sensibilidad e incertidumbre

Los supuestos y elecciones que se han realizado durante el inventario del ciclo de vida de la producción de joyería, han podido potencialmente influir en los resultados y conclusiones del estudio, estos han sido mencionados en la Tabla 20. Para evaluar la potencial influencia de estos supuestos, primero identificamos los parámetros importantes para los resultados mediante el coeficiente normalizado de sensibilidad. El Anexo 11.5 muestra detalles de los parámetros y los coeficientes normalizados de sensibilidad. Asimismo, hemos realizado la comparación de los procesos y el escenario sensible evaluado con todos los parámetros inciertos perturbados a la vez. Por lo tanto, se encontró que muchos de los supuestos presentados en el Anexo 11.2, no influyeron en los resultados del estudio, en términos de identificar puntos críticos que puedan cambiar nuestras conclusiones.

La influencia de la cantidad de plata virgen

Los parámetros involucrados en el modelamiento del consumo de plata virgen como materia prima son muy importantes en el análisis debido a que la incertidumbre puede ocasionar cambios potenciales en los resultados del estudio. Estos parámetros son el cálculo de plata consumida y plata recuperada durante la producción; así como los factores de caracterización usados en la evaluación de impactos. Esto fue confirmado en el análisis de sensibilidad e incertidumbre; demostrando que la puntuación en las categorías de impacto es más sensible a los valores de plata consumida; siendo este parámetro el impulsor dominante en las diferencias de los puntajes de impacto durante todo el Ciclo de Vida. Sin embargo, este parámetro no ocasiona cambios en el análisis comparativo de procesos debido a que la cantidad consumida es la misma en ambos casos y el puntaje de impacto no muestra diferencias estadísticamente significativas cuando se considera la incertidumbre en los valores de consumo de plata.

La influencia de los demás insumos y la producción

De todos los supuestos establecidos en la etapa de materia prima y producción, la más importante fue la exclusión de demás insumos que no superen el 5% de la masa total consumida y de las emisiones; sin embargo, los insumos excluidos no cuentan con una elevada carga ambiental. En el análisis de sensibilidad se observó que la contribución debido al consumo de electricidad y de gas licuado de petróleo es muy pequeño para influir en la comparación de los procesos evaluados. El no considerar los equipos y materiales no consumibles usados en la etapa de

producción, es una práctica común en los estudios de Análisis de Ciclo de Vida, además se identificó que la cantidad consumida en el periodo de tiempo evaluado es muy menor comparado con el tiempo de vida de los mismos.

La influencia de la disposición de residuos

Los supuestos establecidos durante la etapa de disposición final se espera que no tengan influencia en la conclusión de nuestro estudio. De lo que se ha asumido en esta etapa, lo más importante fue la reacción química para la recuperación de plata con ácido nítrico, debido a que se ha considerado la reacción química más probable y una eficiencia de reacción del 100%; por tal motivo durante el análisis de incertidumbre se asignó una elevada desviación estándar, sin embargo, se observó que los resultados no afectan a las conclusiones. Asimismo, en el análisis de sensibilidad de los parámetros muestra que la contribución debido a la disposición final de residuos peligrosos y la recuperación de plata no influyen en la comparación de los procesos evaluados.

Comparación entre la línea de base y los dos escenarios de sensibilidad

La Tabla 23 muestra los impactos en el ciclo de vida en los procesos de línea base y los escenarios de sensibilidad en el que se usa la plata reciclada internamente. Se observa que cuando se usa plata reciclada en vez de plata virgen se ha reducido los impactos en más del 80% en 13 categorías de impacto ambiental, más del 40% en 4 categorías de impacto ambiental, siendo solo la categoría de eutrofización marina la única que es mayor. El

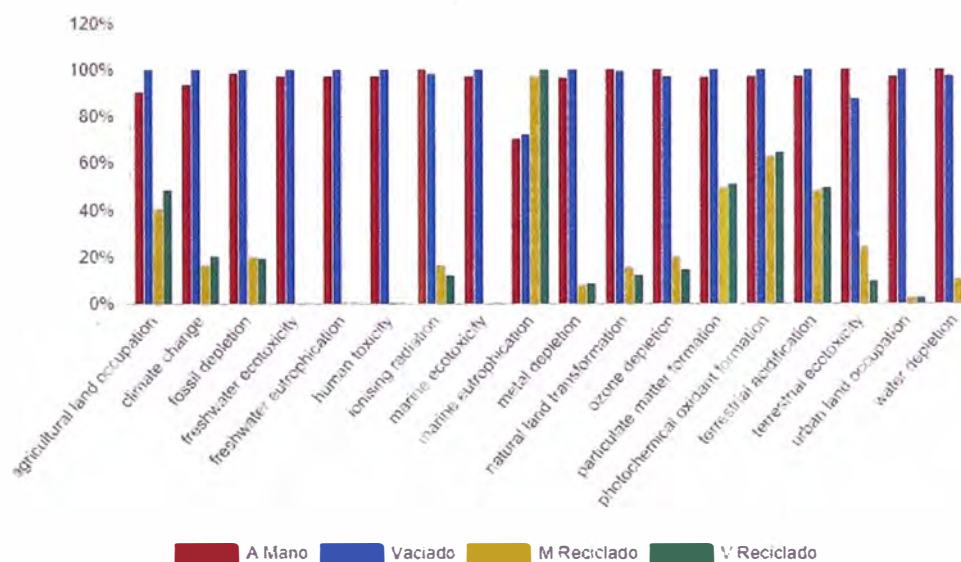
Figura 16 muestra los resultados de los indicadores relativos de las respectivas variantes del proyecto. Para cada indicador, el resultado máximo se establece en 100% y los resultados de las otras variantes se muestran en relación con este resultado. Por lo tanto, de manera general el uso de plata procedente del reciclaje interno cuenta con menor carga ambiental en comparación de la plata extraída de las minas.

Tabla 23, Impactos caracterizados de la línea base y el escenario de sensibilidad, acompañados del rango de 95% de probabilidad del análisis de Monte Carlo

Categoría de Impacto	Unidad	Impacto Ambiental (rango de probabilidad 95%)			
		A Mano	Vaciado	A Mano R	Vaciado R
ocupación de tierras agrícolas	m ² a	6.37 (5.93-6.84)	7.05 (6.56-7.53)	2.84 (2.68-3.04)	3.42 (3.23-3.63)
cambio climático	kg CO ₂ -Eq	16.537 (152.78-179.27)	176.88 (162.62-192.78)	28.42 (26.07-31.03)	35.95 (33.19-38.95)
Agotamiento de recursos fósiles	kg oil-Eq	60.04 (55.48-65.09)	61.33 (56.34-66.65)	12.15 (11.23-13.25)	11.74 (10.80-12.76)
ecotoxicidad del agua dulce	kg 1,4-DCB-Eq	563.93 (520.62-611.72)	580.83 (533.03-633.94)	1.29 (1.19-1.41)	1.84 (1.79-1.89)
eutrofización de agua dulce	kg P-Eq	1.63 (1.50-1.77)	1.67 (1.54-1.83)	6.36E-3 (5.89E-3-6.92E-3)	5.70E-3 (5.29E-3-6.15E-3)
toxicidad humana	kg 1,4-DCB-Eq	2,562.35 (2,365.54-2,779.40)	2,636.58 (2,419.30-2,877.98)	8.29 (7.68-9.03)	8.32 (7.81-8.88)
radiación ionizante	kg U235-Eq	10.41 (9.62-11.29)	10.21 (9.38-11.15)	1.70 (1.57-1.86)	1.25 (1.15-1.36)
ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB-Eq	490.53 (456.54-536.42)	509.47 (467.55-556.04)	1.11 (1.03-1.21)	1.72 (1.68-1.76)
eutrofización marina	kg N-Eq	1.09 (1.01-1.19)	1.12 (1.03-1.23)	1.51 (1.39-1.65)	1.55 (1.42-1.71)
agotamiento de metales	kg Fe-Eq	1.55E-2 (1.53E-2-1.79E-2)	1.71E-2 (1.57E-2-1.87E-2)	1.35E-3 (1.21E-3-1.42E-3)	1.48E-3 (1.36E-3-1.60E-3)
transformación natural de la tierra	m ²	7.77E-2 (7.18E-2-8.42E-2)	7.71E-2 (7.08E-2-8.42E-2)	1.19E-2 (1.11E-2-1.31E-2)	9.49E-3 (8.71E-3-10.34E-3)
agotamiento del ozono	kg CFC-11-Eq	2.23E-5 (2.06E-5-2.42E-5)	2.17E-5 (1.99E-5-2.37E-5)	4.39E-6 (4.06E-6-4.80E-6)	3.23E-6 (2.98E-6-3.52E-6)
formación de partículas	kg PM ₁₀ -Eq	0.91 (0.84-0.98)	0.93 (0.86-1.02)	0.46 (0.42-0.50)	0.48 (0.43-0.52)
formación de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	3.08 (2.84-3.33)	3.17 (2.91-3.46)	1.98 (1.82-2.17)	2.04 (1.85-2.25)
acidificación terrestre	kg SO ₂ -Eq	2.42 (2.23-2.62)	2.49 (2.28-2.72)	1.20 (1.10-1.31)	1.23 (1.12-1.35)
ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB-Eq	3.33E-2 (3.08E-2-3.62E-2)	3.19E-2 (2.92E-2-3.46E-2)	8.05E-3 (7.44E-3-8.80E-3)	3.19E-3 (2.97E-3-3.42E-3)
ocupación de suelo urbano	m ² a	12.21 (11.28-13.24)	12.58 (11.55-13.73)	0.28 (0.26-0.30)	0.30 (0.28-0.32)
agotamiento del agua	m ³	3.33 (3.07-3.61)	3.24 (2.97-3.54)	0.34 (0.32-0.38)	0.17 (0.16-0.18)

Fuente Propia

Figura 16, Resultados de los indicadores relativos con respecto a la línea base y los escenarios de sensibilidad

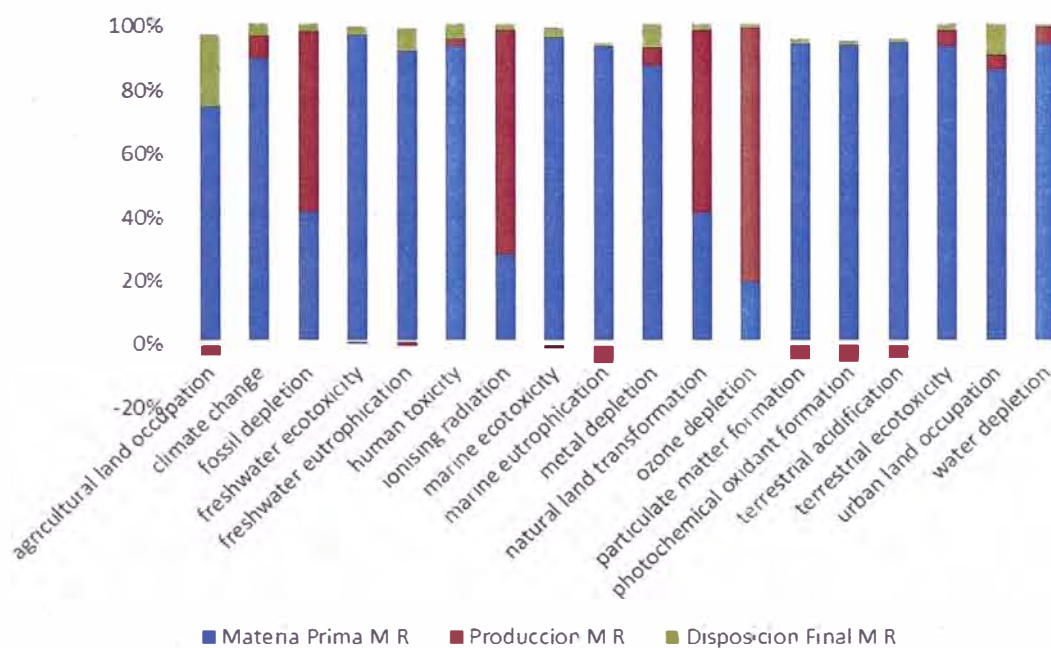


Fuente Propia

Se ha desarrollado un análisis al nivel de flujos elementales en cada escenario de sensibilidad con la finalidad de proveer un mayor análisis a las causas de los impactos ambientales. Se ha identificado las sustancias que tienen la mayor carga ambiental, debido a que los impactos han reducido considerablemente comparados con la línea base; y los otros insumos usados en cada proceso tienen mayor influencia en los impactos ambientales.

En la Figura 17, que representa al proceso "Hecho a Mano" con plata reciclada, se muestra que la principal fuente de impactos ambientales también es la etapa de materia prima; sin embargo, se observa que la etapa de producción tiene mayores impactos ambientales en las categorías de agotamiento de recursos fósiles, radiación ionizante, transformación de suelo natural y agotamiento de la capa de ozono. En las demás categorías de impacto la contribución en la etapa de materia prima a los impactos totales es alrededor del 80 %.

Figura 17, Contribución de las etapas individuales del ciclo de vida al impacto total por cada categoría de impacto para el proceso "A Mano - Reciclado"



Fuente Propia

En la categoría de Ocupación de Tierras Agrícolas se observa que el principal contribuyente es la ocupación intensiva de bosques debido al tratamiento de residuos peligrosos con 2.117 m².a, seguido de la ocupación intensiva de bosques debido a la producción de ácido nítrico con 0.423 m².a; el tercer mayor contribuyente es la ocupación de cultivos anuales debido al uso de algodón con 0.148 m².a. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Cambio Climático se observa que el principal contribuyente es el monóxido de di nitrógeno emitido al aire de alta densidad poblacional con 10.965 kg CO₂ Eq, seguido del dióxido de carbono emitido al aire con alta densidad poblacional con 6.558 kg CO₂ Eq; ambos correspondientes a la producción de ácido nítrico. El tercer mayor contribuyente es el dióxido de carbono emitido al aire (sin especificar) con 1.844 kg CO₂ Eq, correspondiente a la producción de gas licuado de petróleo.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de Recursos Fósiles se observa que el principal contribuyente es el consumo de petróleo crudo con 7.227 kg oil Eq correspondiente a la producción del gas licuado de petróleo. Seguido del consumo de gas natural con 1.552 kg oil Eq debido a la producción de ácido nítrico. El tercer mayor contribuyente es el consumo de carbón duro con 7.910 kg oil Eq debido a la producción de ácido nítrico.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad de Agua Dulce se observa que el principal contribuyente es el ion cobre emitido al agua subterránea con 0.708 kg 1,4 DCB Eq correspondiente a la producción de bronce. Seguido del ion cobre emitido al agua subterránea correspondiente a la producción de ácido nítrico con 0.213 kg 1,4 DCB Eq. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Eutrofización de Agua Dulce se observa que el principal contribuyente es el fosfato emitido al agua subterránea para un largo tiempo; a la producción de ácido nítrico le corresponde 2.22E-3 kg P Eq, a la producción de bronce 1.50E-3 kg P Eq y al tratamiento de residuos peligrosos 1.11E-3 kg P Eq. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Toxicidad Humana se observa que el principal contribuyente es la emisión de manganeso al agua subterránea; a la producción de ácido nítrico le corresponde 1.242 kg 1,4 DCB Eq, a la producción de bronce 0.812 kg 1,4 DCB Eq; y al tratamiento de residuos peligrosos 0.479 kg 1,4 DCB Eq.

Con respecto a la categoría de Radiación Ionizante se observa que el principal contribuyente es la emisión de carbono-14 emitido al aire de baja densidad poblacional con 1.310 kg U235 Eq correspondiente a la producción de gas licuado de petróleo. Seguido de la emisión de radon-222 con 0.086 kg U235 Eq y carbono-14 con 0.075 kg U235 Eq debido a la producción de ácido nítrico; ambos casos son emitidos al aire con baja densidad poblacional.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad Marina se observa que el principal contribuyente es el ion cobre emitido al agua subterránea para un largo tiempo con 0.608 kg 1,4 DCB Eq correspondiente a la producción de bronce y 0.183 kg 1,4 DCB Eq correspondiente a la producción de ácido nítrico. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Eutrofización Marina se observa que el principal contribuyente son los óxidos de nitrógeno emitidos al aire con alta densidad poblacional con 0.743 kg N Eq, seguido de los nitratos emitidos al agua subterránea con 0.738 kg N Eq. En ambos casos es debido al proceso de reciclaje de plata.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de Metales se observa que el principal contribuyente es el uranio en el suelo. La producción de ácido nítrico contribuye 4.9E-4 kg Fe Eq, el tratamiento de residuos peligrosos contribuye 2.7E-4 kg Fe Eq y la producción de gas licuado de petróleo contribuye 1.4E-4 kg Fe Eq. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Transformación de la Tierra Natural se observa que el principal contribuyente es la transformación de bosque (sin especificar) con 6.94E-3 m2 correspondiente a la producción de gas licuado de petróleo. Seguido de la transformación de bosques intensiva con 4.43E-3 m2 correspondiente a la producción de ácido nítrico. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de la Capa de Ozono se observa que el principal contribuyente es metano del Halon 1301 (bromotrifloruro) con 3.835E-6 kg CFC-11 Eq, correspondiente a la producción de gas licuado de petróleo. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Formación de Material Particulado se observa que el principal contribuyente son los óxidos de nitrógeno emitidos al aire con 0.420 kg PM10 Eq, correspondiente a proceso de reciclaje de plata. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Formación de Oxidantes Fotoquímicos se observa que el principal contribuyente son los óxidos de nitrógeno emitidos al aire con 1.976 kg NMVOC, correspondiente al proceso de reciclaje de plata. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Acidificación Terrestre se observa que el principal contribuyente son los óxidos de nitrógeno emitidos al aire con 1.069 kg SO₂-Eq, correspondiente al proceso de reciclaje de plata. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

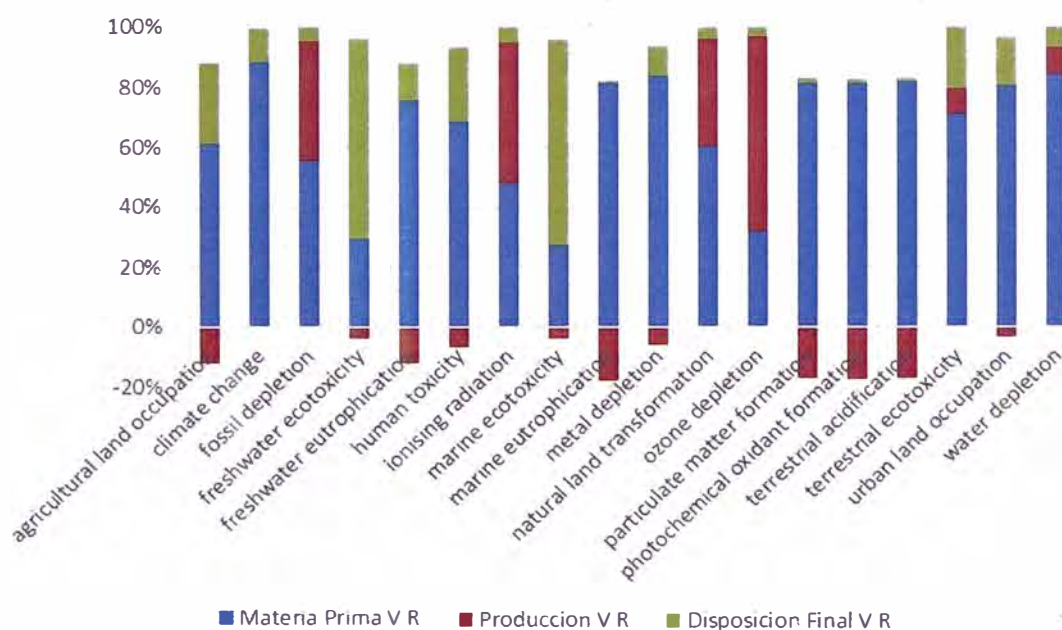
Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad Terrestre se observa que el principal contribuyente es la cipermetrina emitida al suelo agrícola con 5.84E-4 kg 1,4 DCB Eq, correspondiente a la producción de algodón. Seguido del bromo emitido al agua (sin especificar) con 2.6E-4 kg 1,4 DCB Eq correspondiente a la producción de ácido nítrico.

Con respecto a la categoría de Ocupación de Suelo Urbano se observa que el principal contribuyente es la ocupación de vertederos con $3.224E-2$ m².a, debido a la producción de ácido nítrico. Seguido de la ocupación de vertederos debido al tratamiento de residuos peligrosos con $3.759E-2$ m².a.

Con respecto a la categoría de Agotamiento del Agua se observa que el principal contribuyente es el consumo de agua subterránea de pozos con 0.140 m³, seguido del consumo de agua de río con 0.090 m³; correspondiente a la producción de algodón.

En la Figura 18, que representa al proceso "Vaciado" con plata reciclada, se muestra que la principal fuente de impactos ambientales también es la etapa de materia prima; sin embargo, se observa que la etapa de producción tiene mayores impactos ambientales en las categorías de radiación ionizante y agotamiento de la capa de ozono. La etapa de disposición final tiene mayores impactos ambientales en las categorías de ecotoxicidad de agua dulce y ecotoxicidad marina. En las demás categorías de impacto la contribución en la etapa de materia prima es mayor.

Figura 18, Contribución de las etapas individuales del ciclo de vida al impacto total por cada categoría de impacto para el proceso "Vaciado - Reciclado"



Fuente Propia

En la categoría de Ocupación de Tierras Agrícolas se observa que el principal contribuyente es la ocupación intensiva de bosques; al tratamiento de residuos

peligrosos le corresponde 2.664 m².a, a la producción de ácido nítrico 0.436 m².a y a la producción de yeso 0.129 m².a. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Cambio Climático se observa que el principal contribuyente es el monóxido de di nitrógeno emitido al aire de alta densidad poblacional con 11.287 kg CO₂ Eq, seguido del dióxido de carbono emitido al aire con alta densidad poblacional con 6.558 kg CO₂ Eq; ambos correspondientes a la producción de ácido nítrico. El tercer mayor contribuyente es el dióxido de carbono emitido al aire de baja densidad poblacional con 4.144 kg CO₂ Eq, correspondiente a la producción de electricidad.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de Recursos Fósiles se observa que el principal contribuyente es el consumo de petróleo crudo con 4.269 kg oil Eq correspondiente a la producción del gas licuado de petróleo. Seguido del consumo de gas natural con 1.598 kg oil Eq debido a la producción de ácido nítrico. El tercer mayor contribuyente es el consumo de carbón duro con 0.895 kg oil Eq debido a la producción de ácido nítrico.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad de Agua Dulce se observa que el principal contribuyente es el berilio emitido al agua subterránea con 0.826 kg 1,4 DCB Eq, seguido del ion cobre emitido al agua subterránea con 0.383 kg 1,4 DCB Eq correspondiente al tratamiento de residuos sólidos municipales. El tercer mayor contribuyente es la emisión del ion cobre al agua subterránea con 0.220 kg 1,4 DCB Eq debido a la producción de ácido nítrico. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Eutrofización de Agua Dulce se observa que el principal contribuyente es el fosfato emitido al agua subterránea para un largo tiempo; a la producción de ácido nítrico le corresponde 2.28E-3 kg P Eq y al tratamiento de residuos peligrosos le corresponde 1.39E-3 kg P Eq. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Toxicidad Humana se observa que el principal contribuyente es la emisión de manganeso al agua subterránea; a la producción de ácido nítrico le corresponde 1.279 kg 1,4 DCB Eq, al tratamiento de residuos sólidos le corresponde 0.758 kg 1,4 DCB Eq; y al tratamiento de residuos peligrosos 0.603 kg 1,4 DCB Eq.

Con respecto a la categoría de Radiación Ionizante se observa que el principal contribuyente es la emisión de carbono-14 emitido al aire de baja densidad poblacional con 0.774 kg U235 Eq correspondiente a la producción de gas licuado de petróleo. Seguido de la emisión de radon-222 con 0.089 kg U235 Eq y carbono-14 con 0.078 kg U235 Eq debido a la producción de ácido nítrico; ambos casos son emitidos al aire con baja densidad poblacional.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad Marina se observa que el principal contribuyente es el berilio emitido al agua subterránea para un largo tiempo con 0.860 kg 1,4 DCB Eq, seguido del ion cobre emitido al agua subterránea con 0.329 kg 1,4 DCB Eq. En ambos casos es debido al proceso de tratamiento de residuos.

Con respecto a la categoría de Eutrofización Marina se observa que el principal contribuyente son los óxidos de nitrógeno emitidos al aire con alta densidad poblacional con 0.764 kg N Eq, seguido de los nitratos emitidos al agua subterránea con 0.759 kg N Eq. En ambos casos es debido al proceso de reciclaje de plata.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de Metales se observa que el principal contribuyente es el consumo de uranio en el suelo; la producción de ácido nítrico contribuye 5.0E-4 kg Fe Eq, el tratamiento de residuos peligrosos contribuye 3.3E-4 kg Fe Eq y la producción de yeso contribuye 2.1E-4 kg Fe Eq.

Con respecto a la categoría de Transformación de la Tierra Natural se observa que el principal contribuyente es la transformación de bosque (sin especificar) con 4.10E-3 m2 correspondiente a la producción de gas licuado de petróleo. Seguido de la transformación de bosques intensiva con 4.56E-3 m2 correspondiente a la producción de ácido nítrico.

Con respecto a la categoría de Agotamiento de la Capa de Ozono se observa que el principal contribuyente es metano del Halon 1301 (bromotrifloruro) con 2.266E-6 kg CFC-11 Eq, correspondiente a la producción de gas licuado de petróleo. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Formación de Material Particulado se observa que el principal contribuyente son los óxidos de nitrógeno emitidos al aire con 0.432 kg PM10 Eq, correspondiente a proceso de reciclaje de plata. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Formación de Oxidantes Fotoquímicos se observa que el principal contribuyente son los óxidos de nitrógeno emitidos al aire con 1.964 kg NMVOC, correspondiente al proceso de reciclaje de plata. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Acidificación Terrestre se observa que el principal contribuyente son los óxidos de nitrógeno emitidos al aire con 1.100 kg SO₂-Eq, correspondiente al proceso de reciclaje de plata. Los demás contribuyentes tienen valores que no son significativos.

Con respecto a la categoría de Ecotoxicidad Terrestre se observa que el principal contribuyente es la cipermetrina emitida al suelo agrícola; a la producción de algodón le corresponde 5.84E-4 kg 1,4 DCB Eq y al tratamiento de residuos

peligrosos 3.5 E-4kg 1,4 DCB Eq. Seguido del bromo emitido al agua (sin especificar) con 2.6E-4 kg 1,4 DCB Eq correspondiente a la producción de ácido nítrico.

Con respecto a la categoría de Ocupación de Suelo Urbano se observa que el principal contribuyente es la ocupación de vertederos con 4.73E-2 m2.a, debido al tratamiento de residuos peligrosos. Seguido de la ocupación de vertederos con 3.32E-2 m2.a y la ocupación de áreas industriales con 2.04E-2 m2.a; ambos correspondientes a la producción de ácido nítrico.

Con respecto a la categoría de Agotamiento del Agua se observa que el principal contribuyente es el consumo de agua de río debido al consumo de agua de grifo con 6.81E-2 m3. Seguido del consumo de agua de río con 1.45E-2 m3 correspondiente a la producción de ácido nítrico. En tercer lugar, se encuentra el consumo de agua de pozo con 1.40E-2 m3, correspondiente a la producción de algodón.

Incertidumbres en los factores de caracterización y sensibilidad al método EICV elegido.

Todos los factores usados en el método ReCiPe (como cualquier otro método de evaluación de impactos en el ciclo de vida) están asociados con incertidumbres; lo que significa que la contribución a los impactos de diferentes modelos de flujos elementales y procesos muestran diversas incertidumbres en las categorías de impacto. Sin embargo, las incertidumbres en los factores de caracterización no fueron considerados en este estudio, dado que el software y la metodología usada no muestra dicha información. Se espera que la incertidumbre en los factores de caracterización resulte en una falta de significación estadística de la diferencia de las puntuaciones en las categorías de ecotoxicidad del agua marina, ecotoxicidad del agua dulce y toxicidad humana para todos los sistemas evaluados; debido a que estas categorías de impacto muestran altas incertidumbres en los factores de caracterización individuales.

El análisis de sensibilidad al método de Evaluación de Impactos Ambientales elegido se realiza con la finalidad de encontrar variaciones en los puntajes de impactos ambientales con respecto al uso de otras metodologías. Este análisis tampoco fue realizado, debido a que es un estudio interno y a que la diferencia encontrada entre la principal materia prima y los demás elementos es muy grande, por lo que el uso de otra metodología no mostraría diferencias significativas en las categorías de impacto.

7.3. Verificaciones de integridad y consistencia

Comprobación de Integridad

La asignación de límites y cortes al sistema han sido aplicados consistentemente durante todo el ciclo de vida de los sistemas evaluados, con la finalidad de asegurar la integridad del estudio. Sin embargo, es justo mencionar que los supuestos que se han realizado en el estudio pueden considerar cambios en los puntajes de las categorías de impacto calculados. El principal parámetro que influye en las categorías de impacto es la cantidad de plata usada, se asumió que la plata utilizada es de fuentes formales como lo mencionó el productor, en caso no sea de fuentes formales no se cuenta con base de datos para realizar el estudio, sin embargo, se espera que los impactos sean mayores debido a que en la mayoría no cuentan con adecuados estándares de desempeño ambiental. Asimismo, asumimos la evaluación de insumos que superen el 5% de la masa total usada y de insumos que se esperen que tengan elevada carga ambiental; considerando esto se espera que los puntajes de impacto ambientales sean mucho menores al 1% como se calculó en el análisis de sensibilidad de los parámetros. Tampoco incluimos la contribución de equipos y materiales no consumibles, sin embargo, se espera que la contribución sea menor al 3 % a los impactos ambientales, debido a que la cantidad usada es muy menor con respecto al tiempo de vida de los mismos. Finalmente, la no inclusión de emisiones durante las etapas de producción y disposición final podrían afectar el cálculo de los puntajes de impactos ambientales, se espera que la contribución se encuentre entre el 10 y 20% del total del puntaje de impactos. En total, se estima que el puntaje de los impactos calculados represente el 75 al 85% de los impactos totales actuales.

Comprobación de Consistencia

La principal fuente de inconsistencia en la calidad de datos es el conocimiento limitado de la cantidad de plata recuperada y la cantidad de emisiones generadas durante el proceso de producción y durante el proceso de reciclaje de plata; se tomó esto en consideración dentro del análisis de incertidumbre. La mayor fuente de inconsistencia en la metodología de evaluación de impactos aplicado es la falta de factores de caracterización en alguno de los flujos, debido a la incorrecta implementación de la metodología dentro del software de modelamiento utilizado. Se espera que esta inconsistencia no muestre cambios significativos en los puntajes de impacto ambiental ni en las conclusiones realizadas.

CONCLUSIONES

1. Se realizó la evaluación del desempeño ambiental del proceso de producción de joyería, encontrando los puntajes de impactos ambientales en 18 categorías de impacto ambiental.
2. El proceso de producción de joyería hecho a mano muestra menores valores de impacto ambiental en 13 de las 18 categorías de impacto ambiental evaluadas; sin embargo, los resultados muestran que no existen diferencias significativas en ninguna de las categorías de impacto ambiental para concluir que el proceso de producción de joyería hecho a mano tiene menores impactos ambientales.
3. Dentro del ciclo de vida de los procesos evaluados la etapa con mayor carga ambiental es la de materia prima debido al uso de plata procedente de la extracción en minas y a su posterior refinamiento. Por lo tanto, debe ser considerado como el principal indicador de desempeño ambiental en la producción de joyería.
4. Los insumos, recursos y emisiones durante el ciclo de vida no muestran contribuciones significativas a los impactos ambientales. En ausencia del consumo de plata; se considera que los otros puntos críticos son el consumo de electricidad, de Gas Licuado de Petróleo, el consumo de bronce, el tratamiento de residuos peligrosos y, el consumo de ácido nítrico, así como las emisiones generadas durante el reciclaje de plata.
5. El escenario en el que se usa la plata reciclada de manera interna en el taller de joyería, como materia prima, muestra una reducción en los impactos ambientales en más del 80% en 13 categorías de impacto ambiental y más del 40% en 4 categorías de impacto ambiental, siendo solo la categoría de eutrofización marina la única que es mayor debido al uso de ácido nítrico. De manera general se evidencia que el uso de plata reciclada disminuye considerablemente los impactos ambientales en el ciclo de vida de la joyería, sin embargo, se necesita mayor investigación con respecto a los métodos adecuados de recuperación de plata que muestren un buen desempeño ambiental.
6. La influencia de la recuperación de plata durante la etapa de producción muestra también una mejora en el desempeño ambiental, a parte del económico. Por lo que debe ser considerado durante la producción de joyería.

RECOMENDACIONES

Se establecen las siguientes recomendaciones a los investigadores realicen estudios de Análisis de Ciclo de Vida a procesos similares y a los encargados de mejorar el desempeño ambiental en la producción de joyería:

1. El presente estudio muestra el desempeño ambiental de un taller de producción es específico; se recomienda realizar un muestreo del inventario consumos y emisiones de la población de talleres artesanales con la finalidad de mostrar el desempeño promedio de los talleres artesanales de joyería.
2. Profundizar en el modelamiento de emisiones de gases durante los procesos productivos, y usar base de datos locales durante el inventario de ciclo de vida; con la finalidad de realizar evaluaciones más precisas.
3. Realizar las etapas de normalización y ponderación, con la finalidad de mejorar la interpretación de resultados; y así poder interpretar la significancia de los resultados.
4. Durante la etapa de diseño debe buscar como mejorar el desempeño ambiental enfocándose en cantidad de plata reciclada que se utiliza en la producción. Siempre y cuando el proceso de reciclaje de plata cumpla con los estándares y la normativa ambiental requerida.

BIBLIOGRAFIA

- Alonso, M. (1947). *Enciclopedia del Idioma: diccionario histórico y moderno de la lengua española (siglos XII al XX) etimológico, tecnológico, regional e hispanoamericano*. Madrid: Aguilar.
- Althaus, H.-J., & et al. (2007). *Ecoinvent Data v2.0 Overview and Methodology*. (R. Frischknecht, & N. Jungbluth, Edits.)
- Alva, W. (1994). *Sipán. Colección Cultura y Artes del Perú*. (C. B. Johnston, Ed.) Ed. Lavalle.
- Bingham, H. (1977). *Machu Picchu. La ciudad perdida de los Incas*. (Novena ed.). Santiago de Chile: Zig Zag.
- Buitrago Tello, R. (2014). *Evaluación de los Efectos Ambientales de la Gasolina, Diesel, Biodiesel y Etanol Carburante en Colombia por medio del Análisis de Ciclo de Vida*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Centro Nacional Gemológico. (1996). *Manual de Joyería Moderna*. Guadalajara, México.
- Ciroth, A. (13 de September de 2013). Refining the pedigree matrix approach in ecoinvent: towards empirical uncertainty.
- Ciroth, A., Di Noi, C., Lohse, T., & Srocka, M. (2020). *OpenLCA 1.10 Comprehensive User Manual*. GreenDelta.
- Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ. (2021). *OFICIO N° 131-2021-PROMPERU/GG-OAD Solicitud de acceso a la información pública*. Lima.
- Cortez Segura, J. A. (2012). *Tesis: Plan de negocio para la creación de una empresa de outsourcing en fabricación de joyería*. Lima, Peru: Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cuéllar Álvarez, Y. (2016). *Análisis de Ciclo de Vida para diferentes fuentes energéticas usadas en los vehículos de transporte de pasajeros de la ciudad de Bogotá*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- De Covarrubias Orozco, S. (2003). *Tesoro de la Lengua Castellana o Española, según la impresión de 1611, con las adiciones de Benito Remigio Noydens publicadas en la de 1674*. Barcelona: Alta Fulla.
- EC-JRC. (2010). *ILCD Handbook: General Guide for Life Cycle Assessment—Provisions and Action Steps* (1st edn. ed.). Ispra, Italy: European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and.
- EC-JRC. (2012). *Product Environmental Footprint (PEF) Guide* (Vols. Deliverable 2 and 4A of the Administrative Arrangement between DG Environment and the Joint Research Centre No N 070307/2009/552517, including Amendment No 1 from December 2010). Ispra, Italy.
- ecoinvent. (2020). The ecoinvent database, v3.7.1. Zurich.

- Epstein, S., & Shimada, I. (1983). *Metalurgia Sicán: Una reconstrucción de la producción de la aleación de cobre en el Cerro de los Cementerios, Perú*. Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie 5.
- Espinoza Soriano, W. (1983). *Los mitmas plateros de Ishma en el país de los Ayamarca siglos XV-XIX*. Lima: Boletín de Lima.
- Farjana, S. H., Huda, N., & Parvez Mahmud, M. A. (2019). Life cycle analysis of copper-gold-lead-silver-zinc beneficiation process. *Science of the total environment*, 41-52.
- Farjana, S. H., Huda, N., Parvez Mahmud, M. A., & Lang, C. (2019). Impact analysis of gold-silver refining processes through life-cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* 228, 867-881.
- Farjana, S. H., Huda, N., Parvez Mahmud, M., & Saidur, R. (2019). A review on the impact of mining and mineral processing industries through life cycle assessment. (S. Macquarie University, Ed.) *Journal of Cleaner Production*, 1200-1217.
- Fugiel, A., Burchart-Korol, D., Czaplicka-Kolarz, K., & Smolinski, A. (2017). Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sectors of European countries. *J. Clean. Prod.*, 143, 159-168.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.136>
- Goedkoop, M., Hauschild, M.Z., Guinee, J., Heijungs, R., Huijbregts, M., Joliet, O., . . . Pant, R. (2013). *Identifying best existing practice for characterization modeling in life cycle impact assessment*. Int. J. Life Cycle Assess.
- Grossman, J. (1972). *An Ancient Gold Worker's Tool Kit: The Earliest Metal Technology in Peru*. Archaeology.
- Harvey-Walker, B. (10 de Mayo de 2019). *What's the carbon cost of your jewellery?* Obtenido de Benn Harvey-Walker Medium Web Site: <https://bennhw.medium.com/whats-the-carbon-cost-of-your-jewellery-907da828a364>
- Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. I. (2018). *Life Cycle Assessment. Theory and Practice*. Cham, Switzerland: Springer.
- Hischier, R. y otros. (2010). *Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods Data v2.2*. Ecoinvent Rep. No. 3.
- Ihobe S.A. (2009). *Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono*. Bilbao, Gobierno Vasco: Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental.
- ISO. (2006). *ISO 14044:2006 Environmental Management—Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines*. International Standards Organization.

- Jolliet, O., Pennington, D., Amman, C., Pelichet, T., Margni, M., & Crettaz, P. (2003). Comparative Assessment of the Toxic Impact of Metals on Humans within IMPACT 2002. *In: Dubreuil A.*
- Lechtman, H. (1996). *El Bronce y el Horizonte Medio*. (B. d. República, Ed.) Bogota: Boletín Museo del Oro 41.
- libélula. (2019). *Análisis de Ciclo de Vida de las Emisiones de GEI de seis escenarios de producción de botellas*. Investigación, Lima.
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2015). *Filigrana de Catacaos y San Jerónimo de Tunán*. Lima: Mixmade.
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. (2021). *CARTA N° 115-2021-MINCETUR/SG/OGA/LEY27806 Solicitud de Acceso a la Información Pública*. Lima.
- Moreno Ruiz, E., FitzGerald, D., Symeonidis, A., & Wernet, G. (2020). *Technical report of changes implemented in the ecoinvent database between v3.7 & v3.7.1*. Switzerland: ecoinvent Association.
- Onuki, Y. (1997). *Ocho Tumbas especiales de Kuntur Wasi*. Lima: Boletín de Arqueología PUCP.
- Open LCA. (2006). *About: Open LCA*. Obtenido de <https://www.openlca.org/the-idea/>
- Prommer, H., Tuxen, N., & Bjerg, P. (2006). Fringe-controlled natural attenuation of phenoxy acids in a landfill plume: integration of field-scale processes by reactive transport modeling. *Environ. Sci. Technol.*, 4732–4738.
- Rosenbaum, R. K. (2017). Selection of impact categories, category indicators and characterisation models Rosenbaum, R.K.: Selection of impact categories, category indicators and characterisation models. *LCA Compendium—The Complete World of Life Cycle Assessment—Goal and scope definition in Life Cycle Assessment*, 63-122.
- Salcedo Lazo, A. M. (2019). *Mejoramiento del desempeño ambiental del proceso de producción de la cerveza Wayayo a partir del análisis de ciclo de vida utilizando OpenLCA*. Universidad Continental, Facultad de Ingeniería. Huancayo: Repositorio Insitucional Continental.
- Seiki, Y. (1997). *Excavaciones en el sitio La Bomba, Valle Medio de Jequetepeque, Cajamarca*. Lima: Boletín de Arqueología PUCP.
- Steinmann, Z., Hauck, M., Karuppiah, R., Laurenzi, I., & Huijbregt, M. (2014). *Int. J. Life Cycle Assess.*
- Thammaraksa, C., Wattanawan, A., & Prapasongsa, T. (2017). Corporate Environmental Assesment of a Large Jewelry Company: From a Life Cycle Assesment to Green Industry. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2017.06.220
- Usapein, P., & Tongcumpou, C. (2016). Greenhouse Gas Emission in Jewelry Industry: A Case Study of Silver Flat Ring. *Applied Environmental Research*. (38), 11-18.

- Vázquez-Rowe, I., Kahhat, R., Larrea-Gallegos, G., & Ziegler-Rodríguez, K. (2019). Peru's road to climate action: Are we on the right path? The role of life cycle methods to improve Peruvian national contributions. *Science of the Total Environment*(659), 249-266.
- Vetter Parodi, L. M. (2007). *Tesis: El papel de los plateros indígenas en la época colonial temprana del virreinato del Perú*. Lima: Repositorio Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Weidema, B. P., Bauer, C., Hischer, R., & et al. (2013). *The ecoinvent database: overview and methodology. Data Quality Guideline for the Ecoinvent Database Version 3* (Vol. Version 3). Obtenido de www.ecoinvent.org
- Ziegler Rodríguez, K. E. (2019). *Evaluación ambiental por medio del Análisis de Ciclo de Vida del relleno sanitario del distrito de Nauta, en Loreto*. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

ANEXOS

11.1. Métodos de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida y Factores de Normalización Utilizados

Tabla 24, Metodología ReCiPe para las categorías de impacto considerados en el estudio

Categoría de Impacto	Modelo de Caracterización	Indicador / modelo de exposición	Horizonte de Tiempo	Región Modelada	Nº de sustancias	Unidad
ocupación de tierras agrícolas	Uso de recursos bióticos en y silvicultura	Kirkham and Rafer (2003)	Antes y después de 2030	Global	20	m2*a
cambio climático	Potencial de Calentamiento Global (GWP) de IPCC (2001)	Fuerza radiactiva como, 100 años de horizonte (GWP 100)	100 años	Global	78	kg CO2-Eq
Agotamiento de recursos fósiles	Uso de recursos no renovables.	Cambios en la disponibilidad de minerales de alto valor y recursos fósiles. Kirkham and Rafer (2003)	Antes y después de 2030	Global	34	kg oil-Eq
ecotoxicidad del agua dulce	USES-LCA 2.0 (van Zelm et al. 2009)	Modelo de balance de masas	Infinito, 100 años para metales	Europa	2650	kg 1,4-DCB-Eq
eutrofización de agua dulce	Tiempo de residencia de los nutrientes (P) en compartimento de agua dulce	Modelo EUTREND el (Struijs et al. 2009)	Infinito	Europa	4	kg P-Eq
toxicidad humana	USES-LCA 2.0 (van Zelm et al. 2009)	Inhalación, varios caminos de ingestión	Infinito, 100 años para metales	Europa	1000	kg 1,4-DCB-Eq
radiación ionizante	Eficiencia de exposición humana relativa a U235	Modelo de efecto a la salud humana, desarrollado por Dreicer et al. (1995), Frischknecht et al. (2000)	100 años	Global, Europa	31	kg U235-Eq
ecotoxicidad marina	USES-LCA 2.0 (van Zelm et al. 2009)	Modelo de balance de masas	Infinito, 100 años para metales	Europa	2650	kg 1,4-DCB-Eq
eutrofización marina	Tiempo de residencia de los nutrientes (N) en los compartimentos marino	Modelo EUTREND el (Struijs et al. 2009)	Infinito	Europa	4	kg N-Eq
agotamiento de metales	Uso de recursos no renovables.	Cambios en la disponibilidad de minerales de alto valor y recursos fósiles. Kirkham and Rafer (2003)	Antes y después de 2030	Global	20	kg Fe-Eq
transformación natural de la tierra	Área superficial usada	Ninguno, por lo tanto, no hay distinción de diferentes composiciones de especies entre tipos de uso de la tierra		Global	3	m2
agotamiento del ozono	Potencial de Agotamiento del Ozono (ODP) de WMO (2003)	Degradación global en la concentración del O3 estratosférico	Infinito	Global	20	kg CFC-11-Eq
Formación de partículas	Opción mecanicista para emisiones bajas, indefinidas y altas. Van Zelm et al (2008)	Indicador basado en criterios de valoración, dosis-respuesta	No horizonte de tiempo	Europa	4	kg PM10-Eq
formación de oxidantes fotoquímicos	LOTOS-EUROS model (2007)	Incremento en la concentración de ozono troposférico	-	Europa	2	kg NMVOC
acidificación terrestre	Áreas sensitivas considerando magnitudes de deposición sobre áreas críticas.	Modelo EUTREND el (Struijs et al. 2009)	20,50, 100 y 500 años	Europa	4	kg SO2-Eq
ecotoxicidad terrestre	USES-LCA 2.0 (van Zelm et al. 2009)	Modelo de balance de masas	Infinito, 100 años para metales	Europa	2650	kg 1,4-DCB-Eq

Fuente: (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018)

11.2. Lista de Supuestos

Tabla 25, Lista de supuestos establecidos para la realización del estudio

Supuestos	Tipo de Proceso de Producción	
	M	V
Durante la fase de extracción y refinamiento se considerará que el taller artesanal utiliza materia prima de fuentes formales. A pesar de que se tiene conocimiento de que la mayoría de talleres artesanales se proveen de materia prima de fuentes informales, no existen datos de dichos proveedores.	X	X
Las emisiones generadas durante el proceso de producción no son significativas.	X	X
Todos los insumos químicos usados son dispuestos como residuos peligrosos	X	X
Todos los insumos y materiales usados, son dispuestos como residuos sólidos; no se han considerado pérdidas de material.	X	X
Se ha considerado 100% de eficiencia en el uso de energía térmica correspondiente al uso de balones de gas de GLP.		
En el proceso de manufactura se analizarán escenarios de producción de joyería hecha a mano y mediante el método de vaciado de manera separada. Dichos métodos son los más usados en los talleres artesanales, sin embargo, suelen usarse de manera conjunta.	X	X
Los impactos debido al transporte de los insumos y materiales no son significativos para el resultado de las mediciones.	X	X
El proceso de distribución terminará hasta que los productos al por mayor sean entregados al cliente mayorista. No se considera la venta al por menor.	X	X
Muchos de los residuos obtenidos en el proceso de manufactura serán recuperados, dado que cuentan con gran concentración de plata. Se tiene conocimiento que la mayoría de talleres artesanales solicitan el servicio de recuperación de material de manera informal, debido a que se tiene acceso a dicha información se realizará el análisis de dicho proceso.	X	X

Fuente Propia

11.3. Lista de materiales, insumos y recursos consumidos en cada etapa de producción, según cada sistema evaluado

• Materiales y Recursos Generales

a. Insumo: Ácido Sulfúrico

Densidad (D): 1.84 kg/l
 Concentración [C]: 98%
 1 kg <> 0.54 L

Mezcla: 1L ácido en 9 de agua

4 L dura 3 meses en todo el proceso antes de desecharlo, trabajando 1 kg de joyería cada semana.

Total 4 L de solución <> 0.4 L de ácido y 3.6 L de agua <> 0.736 kg de ácido y 3.6 kg de agua → para 3 meses

Total 0.333 L de sol <> 0.033 L de ácido y 0.3 L de agua <> 0.0613 kg de ácido y 0.3 kg de agua → para 1 semana

4 L es equivalente a 4.336 kg consumido en 3 meses, en una semana es 0.3613 kg.

Tabla 26, Lista de Materiales para el ácido sulfúrico

Componentes	Entradas (kg)	Salidas (kg)
Ácido sulfúrico al 98%	0.0613	-
Agua	0.3	-
Ácido sulfúrico al 9.8%	-	0.3613

Fuente Propia

b. Insumo: Ácido para negrear

1 L dura 3 semanas en todo el proceso antes de desecharlo, trabajando 1 kg de joyería cada semana.

Total 1080.3 g de sol <> 1L de agua + 3 cuch (45.7 g) de azufre y 5 cuch (34.6 g) de soda cáustica → para 3 semanas

Total 360.1 g de sol <> 333.333 g de agua + 15.233 g de azufre + 11.53 de soda cáustica → para 1 semana

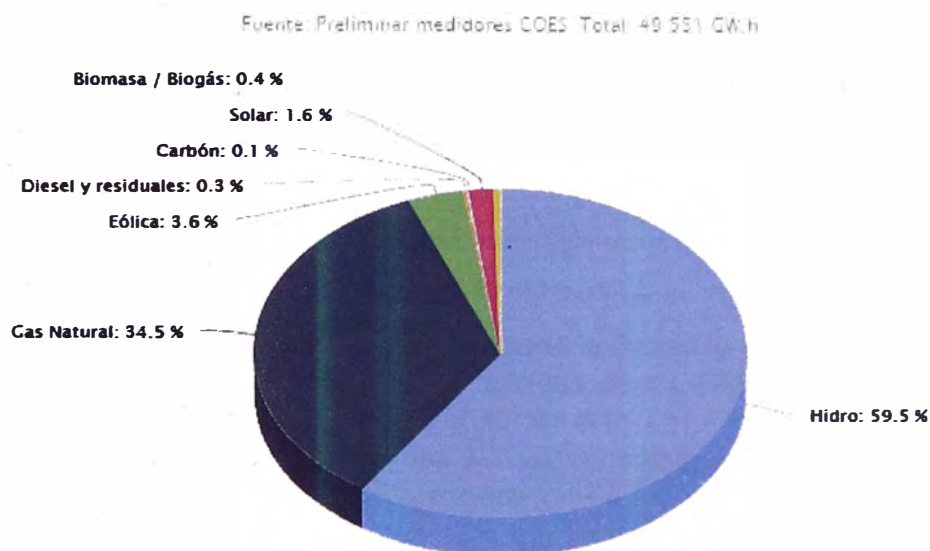
Tabla 27, Lista de Materiales para elaborar el ácido para negrear

Componentes	Entradas (kg)	Salidas (kg)
Azufre	15.233	-
agua	333.333	-
Soda Cáustica	11.53	-
Ácido para negrear	-	360.1

Fuente Propia

c. Recurso: Electricidad

Figura 19, Producción de energía eléctrica en Perú por tipo de combustible, SEIN 2020



Fuente: Osinergmin, 2020. <https://observatorio.osinergmin.gob.pe/produccion-tipo-combustible>

- **Escenario 1: Hecho a mano**

1 kg de joyería hecha a mano en una semana con 3 trabajadores equivalente a 144 horas hombre.

a. Fundición

Se utilizará 1000kg de plata virgen, de los cuales se usará 886 g para formar plata 950 y 114 g para formar soldadura.

Producto Plata 950 <> 950 de plata 999 y 50 g de cobre
886 de plata 999 ... 46.63 de cobre

Tabla 28, Lista de Materiales para elaborar la plata 950 en el proceso Hecho a Mano

Componentes	Entradas (g)	Salidas (g)
Plata 999	886	-
Cobre	46	-
Plata 950	-	932

Fuente Propia

Producto Soldadura al 24% <> 76 g de plata 999 en 24 de bronce
114 g de plata 999 ... 36 g

Tabla 29, Lista de Materiales para elaborar la soldadura en el proceso Hecho a Mano

Componentes	Entradas (g)	Salidas (g)
Plata 999	114	-
Bronce	36	-
Soldadura al 24%	-	150

Fuente Propia

Total en Fundición

En el proceso de fundición se consume el 40% del ácido sulfúrico (0.3613 kg) es 0.14452 kg. Se consume 1 balde de agua de 4 L cada semana en varios procesos, en fundición se consume el 40 % 1.6 L.

1 balón de gas de 10 kg tiene 494 MJ, se consume en 2 semanas, en una semana es (5kg), de eso el 30% corresponde a fundición es 1.5 kg equivale 74.1 MJ.

Tabla 30, Lista de Materiales de la etapa de fundición en el proceso Hecho a Mano

Componentes	Entradas (g)	Salidas (g)
Plata 999	1000	-
Cobre	46	-
Bronce	36	-
Agua	1600	-
Salitre	0.3	-
Bórax	7.7	-
Ácido sulfúrico 9.8%	144.52	-
Gas	74.1 MJ	-
Plata 950	-	932
Soldadura	-	150
Agua residual	-	1745
Residuos de fundido	-	8

Fuente Propia

b. Laminado, Recocido, Trefilado y Cortado

En el proceso de laminado se consume el 40% del ácido sulfúrico (0.3613 kg) es 0.14452 kg. Se consume 1 balde de agua de 4 L cada semana en varios procesos, en el laminado se consume el 40 % 1.6 L.

Uso de máquina laminadora de 2 HP 1.49 KW por 45 min es 1.11855 KWh.

En el proceso de cortado para hacer moldes de plata se pierden 19g de plata 950 y en el proceso de laminado se pierde 1 g en total se pierde 20 g de plata.

Tabla 31, Lista de Materiales de la etapa de Laminado en el proceso Hecho a Mano

Componentes	Entradas	Producto (g)	Residuo (g)
Plata 950	932 g		
Soldadura	150 g		
Agua	1600 g		
Ácido sulfúrico 9.8%	144.52 g		
Gas	24.7 MJ		
Electricidad	1.1186 KWh		
Plata 950		912	20
Soldadura		149.9	0.1
Agua residual			1745

Fuente Propia

1 balón de gas de 10 kg tiene 494 MJ, se consume en 2 semanas (5kg), de eso el 10% corresponde a laminado es 0.5 kg ... 24.7 MJ

c. Mesa de Joyería

Tabla 32, Lista de Materiales de la etapa mesa de joyería en el proceso Hecho a Mano

Componente	Entradas (g)	Producto (g)	Residuo (g)
Plata 950	912		
Sierras de acero	2.52		
Plata 950		892	20
Residuos de acero			2.52

Fuente Propia

d. Soldado y limado

En el proceso de soldado se consume el 20% del ácido sulfúrico (0.3613 kg) es 0.07226 kg. Se consume 1 balde de agua de 4 L cada semana en varios procesos, en el soldado se consume el 20 % 0.8 L.

1 balón de gas de 10 kg tiene 494 MJ, se consume en 2 semanas (5kg), de eso el 50% corresponde al soldado es 2.5 kg, es 123.5 MJ.

En el proceso de soldado y limado para hacer moldes de plata se pierden 20g de plata 950 y 1.4 g de soldadura.

Tabla 33, Lista de Materiales de la etapa de soldado en el proceso Hecho a Mano

Componentes	Entradas	Producto	Residuo
Plata 950	892 g		
Soldadura	149.9 g		
Agua	800 g		
Ácido sulfúrico 9.8%	72.26 g		
Gas	123.5 MJ		
Bórax	9.4 g		
Joyería 950		1010 g	
Plata 950			30.5 g
Soldadura			1.4 g
Agua residual			872.26 g
Residuos de fundido			9.4 g

Fuente Propia

e. Acabado

Uso de máquina pulidora de 0.5 HP 0.37 KW por 8 h es 2.96 KWh.

1 balón de gas de 10 kg tiene 494 MJ, se consume en 2 semanas (5kg), de eso el 10% corresponde a acabado es 0.5 kg, es 24.7 MJ.

Tabla 34, Lista de Materiales de la etapa de acabado en el proceso Hecho a Mano

Componentes	Entradas	Producto	Residuos
Joyería 950	1010 g		
Algodón	25 g		
Ácido para negrear	360.1 g		
Agua	15 000 g		

Detergente	400 g		
Gas	24.7 MJ		
Electricidad	2.96 KWh		
Joyería 950		999 g	
Plata 950			11 g
Residuos de pulido			25 g
Residuos de pulido con plata			110g
Agua residual con detergente			15 400 g

Fuente Propia

- **Escenario 2: Vaciado**

1 kg de joyería hecha a mano en una semana con 3 trabajadores equivalente a 144 horas hombre.

a. Molde

328 g de moldes de jebe equivalen a 3 u de moldes que tienen una duración de un año, en una semana equivale a 6.833 g.

Uso de máquina vulcanizadora 2 resistencias de 500 w, son 1 KW por 1.5 h es 1.5 KWh

En el proceso de preparación de moldes se pierden 20g de jebe.

Tabla 35, Lista de Materiales de la etapa de elaboración de molde en el proceso Vaciado

Componentes	Entradas	Producto	Residuos
Jebe Castaldo	348 g		
electricidad	1.5 KWh		
Molde de jebe		328	
Residuos de Jebe			20

Fuente Propia

b. Inyección

La relación de cera y plata es de 1 a 10. Durante el armado de árboles se necesitan tacos de cera, que sirven como el tronco de los árboles, los moldes de cera son las hojas del "árbol". Se necesitarán 8 árboles, la masa de los moldes y ramas de cera es de 15 y la masa de los tacos de cera es de 10 g. Para 1 kg de joyería se necesita utilizar 200 g de cera más la merma.

328 g de moldes de jebe equivalen a 3 u de moldes que tienen una duración de un año. El consumo en una semana equivale a 6.833g.

Uso de máquina inyectora de 0.5 KW por 8 h, compresora de 0.37 KW por 15 min y cautil 0.08 KW por 3.5 h es 1.11855 KWh; el consumo total equivale a 4.28 KWh.

En el proceso de creación de moldes de cera se pierden 40 g, y es necesario tener un taco de cera para armar los árboles, este taco pesa 10 g.

Tabla 36, Lista de Materiales de la etapa de inyección en el proceso Vaciado

Componentes	Entradas	Producto	Residuos
Molde de jebe	6.833 g		
Cera	240 g		
Talco	10 g		
Electricidad	4.28 KWh		
Moldes de cera		200	
Residuos de cera			40

Fuente Propia

c. Revestimiento

Insumo: Yeso preparado

La cantidad de yeso depende de la capacidad de cada tubo. En el tubo se coloca el árbol de cera y se rellena con el yeso preparado. En un tubo promedio entra de 200 a 250 g de plata.

Será necesario 8 tubos para los 8 árboles, en cada tubo entra 600 g de yeso satín en promedio. La relación de agua y yeso es del 40%. En total se necesitará 4800 g de yeso y 1920 g de agua.

Tabla 37, Lista de Materiales de la etapa de preparación de yeso en el proceso Vaciado

Componentes	Entradas	Salidas
Yeso satín	4800 g	

agua	1920 g	
Yeso preparado		6720 g

Fuente Propia

Revestimiento

Se preparan 8 tubos con cera y yeso. Uso de bomba de vacío de 1HP 0.75 KW por 30 min es 0.375 KWh

Tabla 38, Lista de Materiales de la etapa de revestimiento en el proceso Vaciado

Componentes	Entradas	Producto	Residuos
Yeso preparado	6720 g		
Molde de cera	200 g		
Electricidad	0.375 KWh		
Tubo con yeso y cera sin aire		8 u (6720 g)	
Residuos de Yeso			200

Fuente Propia

d. Vaciado

Se necesita aproximadamente 10 g de plata ley 950 por cada gramo de cera. El peso de los moldes de cera fue 200 g. Entonces se necesitaría 2000 g de plata 950. Sin embargo, en la práctica, los joyeros usan el material desperdiciado en los tacos para volver a fundir en el siguiente tubo, debido a la escasez de la plata. Este proceso se realiza por cada tubo fundido. Entonces, en cada tubo se utilizan 150 g de molde más 100 g para el taco; se reutilizó el material del taco anterior. Por lo tanto, para los 8 tubos será necesario 1200 g para moldes más 100 g necesarios para los tacos; en total sería 1300 g de plata 950.

Los consumos de recursos (gas) e insumos (salitre, bórax, ácido sulfúrico) durante el vaciado tienen la misma proporción que el proceso de fundición de la joyería hecha a mano, por lo tanto, se realiza la estimación del consumo para 1.5 kilos de plata.

Uso de horno de 3 KW por 8 h es 24 KWh, durante este proceso los tubos son calentados y toda la cera es derretida. Por dentro los tubos tienen la forma de los moldes, posteriormente se vacía por dentro el material fundido.

Tabla 39, Lista de Materiales de la etapa de vaciado en el proceso Vaciado

Componentes	Entradas	Producto	Residuo
Plata 999	1235		
Cobre	65		
Tubo con molde	8 u		
Yeso preparado	6520 g		
Cera	200g		
Bórax	11.55 g		
Salitre	0.45 g		
Agua	5000 g		
Ácido sulfúrico 9.8%	0.21678 kg		
Gas	111 MJ		
Electricidad	24 KWh		
Joyería 950		1200	
Plata 950			100
Residuos de yeso			6520
Residuos de cera			200
Residuos de fundición			12
Aguas residuales			5000 g

Fuente Propia

e. Mesa de Joyería

En el proceso se realiza el desbaste de las ramas unidas a cada molde, además de realizar el limado de cada pieza eliminando burbujas de plata y cualquier imperfección en la pieza.

Tabla 40, Lista de Materiales de la etapa de mesa de joyería en el proceso Vaciado

Componentes	Entradas	Producto	Residuo
Joyería 950	1200 g		

Sierra de acero	1.68		
Joyería 950 acabado		1010	
Residuos de plata 950			190
Residuos de acero			1.68

Fuente Propia

f. Acabado

1 balón de gas de 10 kg tiene 494 MJ, se consume en 2 semanas (5kg), de eso el 10% corresponde a acabado es 0.5 kg, que es 24.7 MJ

Uso de máquina pulidora de 0.5 HP 0.37 KW por 8 h es 2.96 KWh

Tabla 41, Lista de Materiales de la etapa de acabado en el proceso Vaciado

Componentes	Entradas	Producto	Residuo
Joyería 950	1010 g		
Algodón	25		
Ácido para negrear	360.1		
Agua	15000		
Detergente	400		
Gas	24.7 MJ		
Electricidad	2.96 KWh		
Joyería 950		999	
Plata 950			11
Residuos de pulido			25
Residuos de pulido con plata			110
Agua residual			15 400

Fuente Propia

• **Escenario 3: Plata recuperada**

a. Reciclaje de plata

La mayoría de los residuos de joyería son recuperados ya que tienen gran porcentaje de plata, en especial los residuos del proceso de acabado.

Primero se realiza el quemado de los residuos del taller para eliminar las impurezas. Se espera tener una cantidad considerable de residuos de pulido para realizar el proceso de reciclaje.

Tabla 42, Lista de Materiales de la etapa de quemado de residuos del proceso de reciclaje de plata

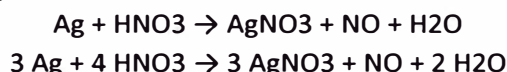
Componentes	Entradas	Salidas
Residuos de Taller	10000 g	
Residuos quemados		10000

Fuente Propia

Luego se realiza el quemado con ácido nítrico a alta temperatura. Posteriormente se disuelve en agua y se utiliza sal para transformar el nitrato de plata en nitrato de sodio, para ayudar la metalización de la plata se utiliza clavos de hierro. El producto se le conoce como "queso", luego de ser disuelto en agua para limpiar los restos de ácido, se realiza la fundición para obtener la plata de ley 999.

Se utiliza 1 kg HNO₃ por cada kg de residuos quemado. La cantidad de Sal es en relación de 1 a 1 con el material recuperado, más un exceso. Se utilizan 1.2 kg de sal. Agua se usan 3 tinajas de 30 L llenadas a la mitad

La reacción es la siguiente:



Si la cantidad de plata es aproximadamente 1000g, entonces se calcula la cantidad de NO emitido en la reacción:

$$1000g \text{ Ag} \times \frac{1 \text{ mol Ag}}{107.8 \text{ g Ag}} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{3 \text{ moles Ag}} \times \frac{30 \text{ g NO}}{1 \text{ mol NO}} = 92.76 \text{ g NO}$$

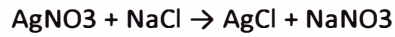
Asimismo, se calcula la cantidad de HNO₃ consumido en la reacción:

$$1000g \text{ Ag} \times \frac{1 \text{ mol Ag}}{107.8 \text{ g Ag}} \times \frac{4 \text{ mol HNO}_3}{3 \text{ moles Ag}} \times \frac{63.02 \text{ g HNO}_3}{1 \text{ mol NO}} = 779.47 \text{ g HNO}_3$$

Posteriormente, calculamos la cantidad de AgNO₃ generado:

$$1000g \text{ Ag} \times \frac{1 \text{ mol Ag}}{107.8 \text{ g Ag}} \times \frac{3 \text{ mol AgNO}_3}{3 \text{ moles Ag}} = 9.28 \text{ mol AgNO}_3$$

El nitrato de plata disuelto, reacciona con el cloruro de sodio, para convertirse en cloruro de plata, que mediante el proceso de fundición se puede obtener la plata pura.



Calculamos la cantidad de NO₃⁻ generado:

$$9.28 \text{ mol AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaNO}_3}{1 \text{ mol AgNO}_3} \times \frac{1 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ moles NaNO}_3} \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{1 \text{ mol NO}_3^-} = 575.14 \text{ g NO}_3^-$$

Se usó 10 kg de ácido nítrico, sin embargo, en la reacción solo se usó 779.47 g. El resto de ácido nítrico (9 220.53 g) tuvo reacción con el aire o con el agua disuelto. Con la práctica se ha estimado que la cantidad de ácido nítrico se reduce en un 30 % por lo tanto; el 70 % restante permanece para luego reaccionar con el agua y con NaCl.

La cantidad que se evapora reacciona con el oxígeno del aire.



30% (9 220.53) = 2766.16 g HNO₃

$$2766.16 \text{ g HNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{63.02 \text{ g HNO}_3} \times \frac{4 \text{ mol N}_2\text{O}}{4 \text{ moles HNO}_3} \times \frac{44.013 \text{ g N}_2\text{O}}{1 \text{ mol N}_2\text{O}} = 1931.88 \text{ g N}_2\text{O}$$

La cantidad restante se mezcla con el agua mediante la siguiente reacción:



70% (9 220.53) = 6454.37 g HNO₃

$$6454.37 \text{ g HNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{63.02 \text{ g HNO}_3} \times \frac{1 \text{ mol NO}_3^-}{1 \text{ mol HNO}_3} \times \frac{62 \text{ g NO}_3^-}{1 \text{ mol NO}_3^-} = 6349.90 \text{ g NO}_3^-$$

El cálculo aproximado de emisiones generadas es el siguiente:

NO: 92.76 g (aire)

N₂O: 1931.88 g (aire)

NO₃⁻: 6925.04 (50% agua y 50% suelo)

Tabla 43, Lista de Materiales del proceso de reciclaje de plata

Componentes	Entradas	Producto	Residuo
Residuos quemados	10000		
Fierro	500 g		
Ácido nítrico	10 kg		
Sal de mesa	1.2 kg		
Agua	45 L		
Gas	24.7 MJ		
Plata piña recuperada		1000g	
Nitrato al agua			3462.52 g
Nitrato al suelo			3462.52 g
Barro de pulido			10.2
Fierro			0.5 kg
Aguas residuales			45 L
Óxido de nitrógeno			2.024 kg

Fuente Propia

11.4. Lista de Materiales para la producción y el reciclaje de plata de los residuos del taller

- Proceso Hecho a Mano

Tabla 44, Inventario de materiales del proceso Hecho a Mano

Material	Descripción	Cantidad	Unidad	Fuente
Materia Prima	Plata piña 999	1000	g	gold-silver mine operation with refinery silver Cutoff, S - RoW
Materia Prima	Cobre electrolítico	46	g	sheet rolling, copper sheet rolling, copper Cutoff, S - RoW
Materia Prima	Bronce	36	g	bronze production bronze Cutoff, S - RoW
Insumo	sierra de acero	2.52	g	sheet rolling, steel sheet rolling, steel Cutoff, S - RoW
Insumo	Algodón	25	g	yarn production, cotton, open end spinning yarn, cotton Cutoff, S - RoW
Recurso	gas 4,94 MJ/kg	247	MJ	liquefied petroleum gas production, petroleum refinery operation liquefied petroleum gas Cutoff, S - PE
Recurso	Electricidad	4.07855	Kw.H	Electricity mix PE – PE
Recurso	Agua	19	kg	tap water production, conventional treatment tap water Cutoff, S - PE
Insumo	Salitre	0.3	g	sodium nitrate production sodium nitrate Cutoff, S - RoW
Insumo	Bórax	17.1	g	borax production, anhydrous, powder borax, anhydrous, powder Cutoff, S - RoW
Insumo	Ácido para negrear	360.1	g	
	Agua	333.333	g	tap water production, conventional treatment tap water Cutoff, S - PE
	Azufre	15.2333	g	sulfur production, petroleum refinery operation, PE
	soda caustica	11.5333	g	pentaerythritol production in sodium hydroxide solution, GLO
Insumo	Ácido sulfúrico 9.8%	361.33	g	
	Agua	300	g	tap water production, conventional treatment tap water Cutoff, S - PE
	ácido sulfúrico 98%	0.06133	kg	sulfuric acid production, GLO
Producto	Joyería	999 g	g	
Residuos recuperables	Plata 950	70.5	g	
Residuos recuperables	Soldadura	1.5	g	
Residuos recuperables	Plata con residuos de pulido	110	g	
Residuos sólidos	Restos de trapos y telas	25	g	treatment of municipal solid waste, sanitary landfill municipal solid waste Cutoff, S – RoW

Residuos sólidos	Residuos de acero	2.52	- g	treatment of municipal solid waste, sanitary landfill municipal solid waste Cutoff, S - RoW
Residuos sólidos	Residuos de bórax y salitre	17.4	g	treatment of municipal solid waste, sanitary landfill municipal solid waste Cutoff, S - RoW
Emisiones al agua	Agua residual de balde con ácido	4.36133	Kg	treatment of wastewater, average, capacity 1E9l/year wastewater, average Cutoff, S - RoW
Emisiones al agua	Agua con detergente	15.4	Kg	treatment of wastewater, average, capacity 1E9l/year wastewater, average Cutoff, S - RoW

Fuente Propia

- **Proceso Vaciado**

Tabla 45, Inventario de materiales del proceso Vaciado

Materia	Descripción	Cantidad	Unidad	Fuente
Materia Prima	Plata piña 999	1235	g	gold-silver mine operation with refinery silver Cutoff, S - RoW
Materia Prima	Cobre electrolítico	65	g	sheet rolling, copper sheet rolling, copper Cutoff, S - RoW
Insumo	sierra de acero	1.68	g	sheet rolling, steel sheet rolling, steel Cutoff, S - RoW
Insumo	Algodón	25	g	yarn production, cotton, open end spinning yarn, cotton Cutoff, S - RoW
Insumo	Detergente	400	g	alkylbenzene sulfonate production, linear, petrochemical alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical Cutoff, S - RoW
Insumo	jebe Castaldo	6.8333	g	synthetic rubber production synthetic rubber Cutoff, S - RoW
Insumo	Talco	10	g	Talc, in ground
Insumo	Cera	240	g	wax production, for lost-wax metal casting wax, lost-wax casting Cutoff, S - GLO
Insumo	Salitre	0.45	g	sodium nitrate production sodium nitrate Cutoff, S - RoW
Insumo	Bórax	11.55	g	borax production, anhydrous, powder borax, anhydrous, powder Cutoff, S - RoW
Recurso	gas 4,94 MJ/kg	135.7	MJ	liquefied petroleum gas production, petroleum refinery operation liquefied petroleum gas Cutoff, S - PE
Recurso	Electricidad	31.6463	Kw.H	Electricity mix - PE
Recurso	Agua	20000	g	tap water production, conventional treatment tap water Cutoff, S - PE
Insumo	ácido para negrear	360.1	g	
	agua para ácido n	333.333	g	tap water production, conventional treatment tap water Cutoff, S - PE
	Azufre	15.2333	g	sulfur stockpiling sulfur stockpiling Cutoff, S - RoW
	soda caustica	11.5333	g	chlor-alkali electrolysis, membrane cell sodium hydroxide, without water, in 50% solution state Cutoff, S - RoW
Insumo	Yeso preparado	6720	g	
	Agua para yeso	1920	g	tap water production, conventional treatment tap water Cutoff, S - PE
	yeso satín	4800	g	gypsum fibreboard production gypsum fibreboard Cutoff, S - RoW
Insumo	ácido sulfúrico 9.8%	0.21678	kg	
	ácido sulfúrico 98%	0.03678	Kg	sulfuric acid production sulfuric acid Cutoff, S - RoW
	agua para ácido s	0.18	g	tap water production, conventional treatment tap water Cutoff, S - PE
Producto	Joyería	999 g	g	
Residuos recuperables	Plata 950	290	g	

Residuos recuperables	Plata con residuos de pulido	110	g	
Residuos sólidos	Restos de trapos y telas	25	g	treatment of municipal solid waste, sanitary landfill municipal solid waste Cutoff, S – RoW
Residuos sólidos	Residuos de jebe vulcanizado	0.41667	g	treatment of municipal solid waste, sanitary landfill municipal solid waste Cutoff, S – RoW
Residuos sólidos	Residuos de cera	240	g	treatment of municipal solid waste, sanitary landfill municipal solid waste Cutoff, S – RoW
Residuos sólidos	Residuos de acero	1.68	g	treatment of municipal solid waste, sanitary landfill municipal solid waste Cutoff, S – RoW
Residuos sólidos	Residuos de bórax y salitre	12	g	treatment of municipal solid waste, sanitary landfill municipal solid waste Cutoff, S – RoW
Residuos sólidos	Yeso preparado	4032	g	treatment of municipal solid waste, sanitary landfill municipal solid waste Cutoff, S – RoW
Emisiones al agua	Solución de yeso	7688	g	treatment of wastewater, average, capacity 1E9l/year wastewater, average Cutoff, S - RoW
Emisiones al agua	Agua con detergente	15.4	Kg	treatment of wastewater, average, capacity 1E9l/year wastewater, average Cutoff, S - RoW

Fuente Propia

• Proceso de Reciclaje de Plata

Tabla 46, Inventario de materiales del proceso de Reciclaje de Plata

Material	Descripción	Cantidad	Unidad	Fuente
Materia Prima	Residuos quemados	10000	g	
Insumo	Hierro	500	g	cast iron production cast iron Cutoff, S - RoW
Insumo	Ácido nítrico	10	Kg	nitric acid production, product in 50% solution state nitric acid, without water, in 50% solution state Cutoff, S - RoW
Insumo	Sal de mesa	1.2	Kg	salt production from seawater, evaporation pond salt Cutoff, S - GLO
Recurso	Agua	45	L	tap water production, conventional treatment tap water Cutoff, S - PE
Recurso	Gas	24.7	MJ	liquefied petroleum gas production, petroleum refinery operation liquefied petroleum gas Cutoff, S - PE
Producto	Plata piña recuperada	1000	g	
Emisión al agua	Nitrato al agua	3462.52	g	
Emisión al suelo	Nitrato al suelo	3462.52	g	
Residuos peligrosos	Barro de pulido	10.2	Kg	treatment of hazardous waste, underground deposit hazardous waste, for underground deposit Cutoff, S - RoW
Residuos sólidos	Hierro	0.5	Kg	
Emisiones al agua	Aguas residuales	45	L	treatment of wastewater, average, capacity 1E9l/year wastewater, average Cutoff, S - RoW
Emisiones al aire	Óxido de nitrógeno	2.024	Kg	

Fuente Propia

11.5. Coeficientes de Sensibilidad Normalizados

Tabla 47, Coeficientes de sensibilidad normalizados calculados para 10% de perturbación de la cantidad de plata virgen

Categoría de Impacto	Coeficientes de sensibilidad normalizados	
	A Mano	Vaciado
ocupación de tierras agrícolas	0 915729	1 02109
cambio climático	1 035278	1 194625
Agotamiento de recursos fósiles	0 927668	1 126496
ecotoxicidad del agua dulce	1 07133	1 283872
eutrofización de agua dulce	1 071337	1 285669
toxicidad humana	1.071387	1.285187
radiación ionizante	0 936243	1 177813
ecotoxicidad manna	1 071367	1 283594
eutrofización manna	1 049892	1 261131
agotamiento de metales	1 040523	1 23843
transformación natural de la tierra	0 965914	1 200793
agotamiento del ozono	0 894229	1 136302
formación de partículas	1.054611	1 260853
formación de oxidantes fotoquímicos	1 061476	1 271003
acidificación terrestre	1 055465	1 266328
ecotoxicidad terrestre	0 847536	1 194314
ocupación de suelo urbano	1 063216	1 273935
agotamiento del agua	0 987627	1 251465

Valores > 0.3 están en cursiva

Fuente Propia

Tabla 48, Coeficientes de sensibilidad normalizados calculados para 10% de perturbación de la cantidad de GLP

Categoría de Impacto	Coeficientes de sensibilidad normalizados	
	A Mano	Vaciado
ocupación de tierras agrícolas	0 003895	0 001932
cambio climático	0 01801	0 009245
Agotamiento de recursos fósiles	0 115156	0 062207
ecotoxicidad del agua dulce	3 62E-05	1 93E-05
eutrofización de agua dulce	0.000104	5 54E-05
toxicidad humana	0 000192	0 000102
radiación ionizante	0 117772	0 065909
ecotoxicidad marina	3 26E-05	1 74E-05
eutrofización marina	0 003788	0 002024
agotamiento de metales	0 008011	0 004242
transformación natural de la tierra	0 091729	0 050729
agotamiento del ozono	0 157916	0 089266
formación de partículas	0 007744	0 004119
formación de oxidantes fotoquímicos	0 006256	0 003332
acidificación terrestre	0 009601	0 005124
ecotoxicidad terrestre	0 01352	0 008475
ocupación de suelo urbano	0 00184	0 000981
agotamiento del agua	0 000466	0 000263

Fuente Propia

Tabla 49, Coeficientes de sensibilidad normalizados calculados para 10% de perturbación de la cantidad de Residuos Peligrosos Generados

Categoría de Impacto	Coeficientes de sensibilidad normalizados	
	A Mano	Vaciado
ocupación de tierras agrícolas	0 105365	0 167701
cambio climático	0 005244	0 008637
Agotamiento de recursos fósiles	0 004065	0 007046
ecotoxicidad del agua dulce	4 27E-05	7 31E-05
eutrofización de agua dulce	0 000238	0 000407
toxicidad humana	0 000123	0 00021
radiación ionizante	0 002768	0 00497
ecotoxicidad marina	4 7E-05	8 03E-05
eutrofización marina	0 000838	0 001436
agotamiento de metales	0 005052	0 008582
transformación natural de la tierra	0 002345	0 004161
agotamiento del ozono	0 001986	0 003603
formación de partículas	0 002647	0 004517
formación de oxidantes fotoquímicos	0 001393	0 002381
acidificación terrestre	0 001152	0 001973
ecotoxicidad terrestre	0 004046	0 008137
ocupación de suelo urbano	0 001967	0 003364
agotamiento del agua	0 000684	0 001238

Fuente Propia

Tabla 50, Coeficientes de sensibilidad normalizados calculados para 10% de perturbación de la cantidad de Plata Recuperada

Categoría de Impacto	Coeficientes de sensibilidad normalizados	
	A Mano	Vaciado
ocupación de tierras agrícolas	0 061356	0 227874
cambio climático	0 06935	0 26654
Agotamiento de recursos fósiles	0 06214	0 251333
ecotoxicidad del agua dulce	0 071758	0 286425
eutrofización de agua dulce	0 071757	0 28682
toxicidad humana	0 07176	0 286712
radiación ionizante	0 062721	0 262812
ecotoxicidad marina	0 07176	0 286363
eutrofización marina	0 070321	0 281348
agotamiento de metales	0 069729	0 276424
transformación natural de la tierra	0 064704	0 267917
agotamiento del ozono	0 059895	0 253498
formación de partículas	0 070646	0 281322
formación de oxidantes fotoquímicos	0 071098	0 283552
acidificación terrestre	0 070699	0 282526
ecotoxicidad terrestre	0 056784	0 266518
ocupación de suelo urbano	0 071226	0 284252
agotamiento del agua	0 066154	0 279206

Fuente Propia

Tabla 51, Coeficientes de sensibilidad normalizados calculados para 10% de perturbación de la cantidad de Residuos para Recuperación de Plata

Categoría de Impacto	Coeficientes de sensibilidad normalizados	
	A Mano	Vaciado
ocupación de tierras agrícolas	0 003813	0 003443
cambio climático	0 001627	0 001521
Agotamiento de recursos fósiles	0 000799	0 000785
ecotoxicidad del agua dulce	7 7E-06	7 47E-06
eutrofización de agua dulce	2 75E-05	2 67E-05
toxicidad humana	1 98E-05	1 92E-05
radiación ionizante	0 00043	0 000438
ecotoxicidad marina	7 69E-06	7 46E-06
eutrofización marina	0 010833	0 010537
agotamiento de metales	0 000588	0 000567
transformación natural de la tierra	0 000644	0 000648
agotamiento del ozono	0 000361	0 000372
formación de partículas	0 000581	0 000563
formación de oxidantes fotoquímicos	0 000476	0 000461
acidificación terrestre	0 000675	0 000656
ecotoxicidad terrestre	0 000382	0 000436
ocupación de suelo urbano	0 000164	0 000159
agotamiento del agua	0 00028	0 000287

Fuente Propia

Tabla 52, Coeficientes de sensibilidad normalizados calculados para 10% de perturbación de la cantidad de Electricidad consumida

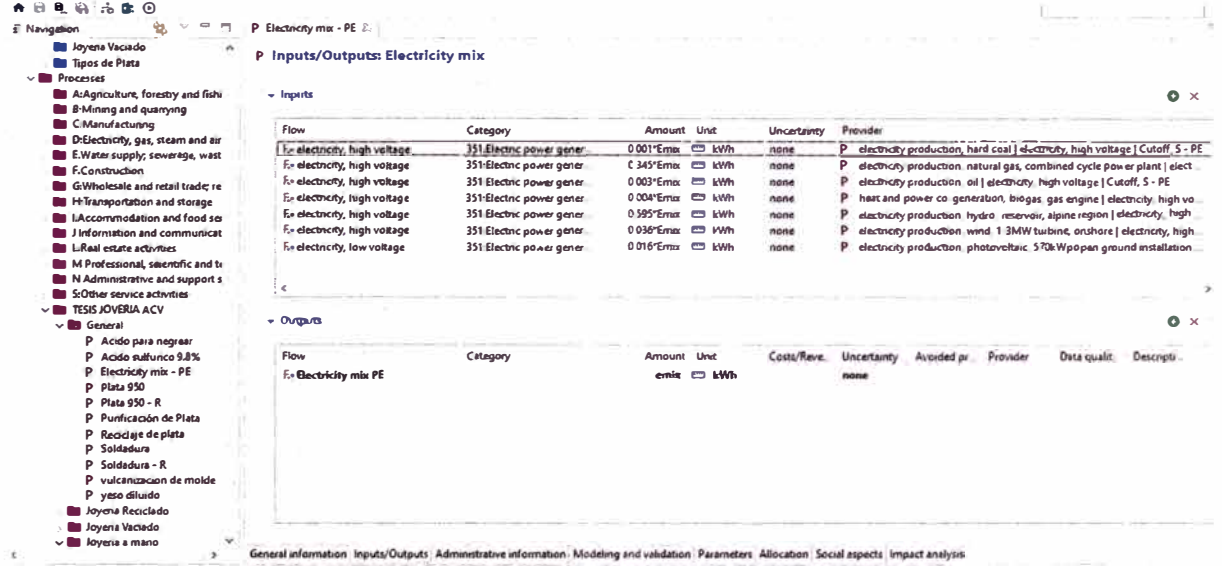
Categoría de Impacto	Coeficientes de sensibilidad normalizados	
	A Mano	Vaciado
ocupación de tierras agrícolas	0 000207	0 001447
cambio climático	0 00377	0 027331
Agotamiento de recursos fósiles	0 004478	0 034162
ecotoxicidad del agua dulce	7 97E-06	6E-05
eutrofización de agua dulce	904E-06	6 81E-05
toxicidad humana	1 86E-05	0 00014
radiación ionizante	0 000362	0 002857
ecotoxicidad marina	5 51E-06	4 15E-05
eutrofización marina	0 000308	0 002326
agotamiento de metales	0 000516	0 003855
transformación natural de la tierra	0 001273	0 009941
agotamiento del ozono	0 002089	0 016678
formación de partículas	0 000375	0 002817
formación de oxidantes fotoquímicos	0 000385	0 0029
acidificación terrestre	0 000366	0 002761
ecotoxicidad terrestre	0 00 1346	0 011921
ocupación de suelo urbano	0 000277	0 002084
agotamiento del agua	0 000656	0 00522

Fuente Propia

11.6. Procesos Unitarios Evaluados

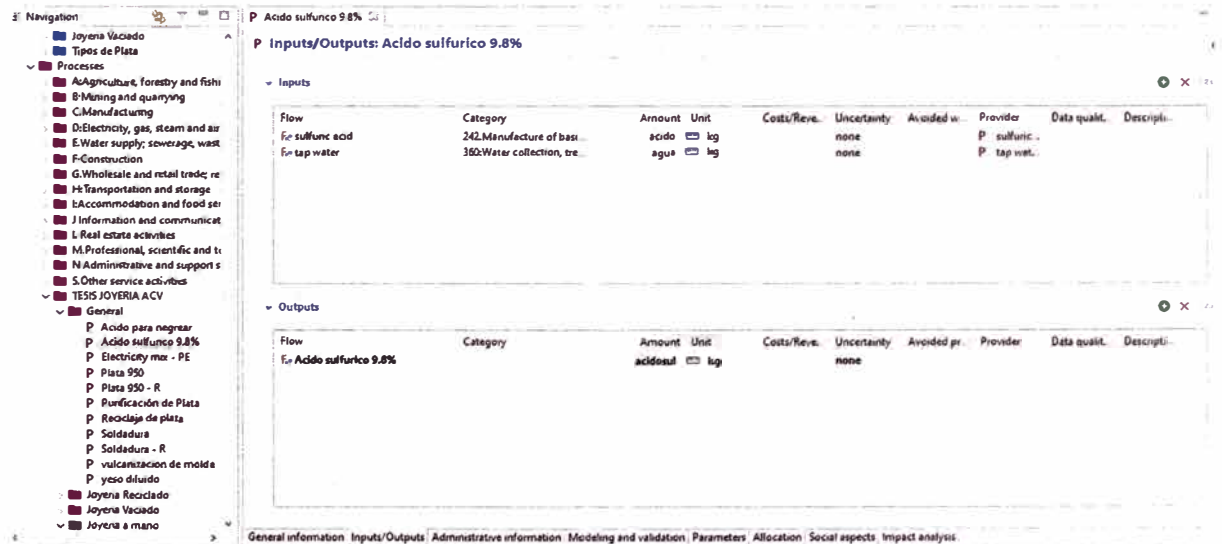
• Inventario de Procesos Generales

Figura 20, Inventario del Proceso Unitario "Electricidad"



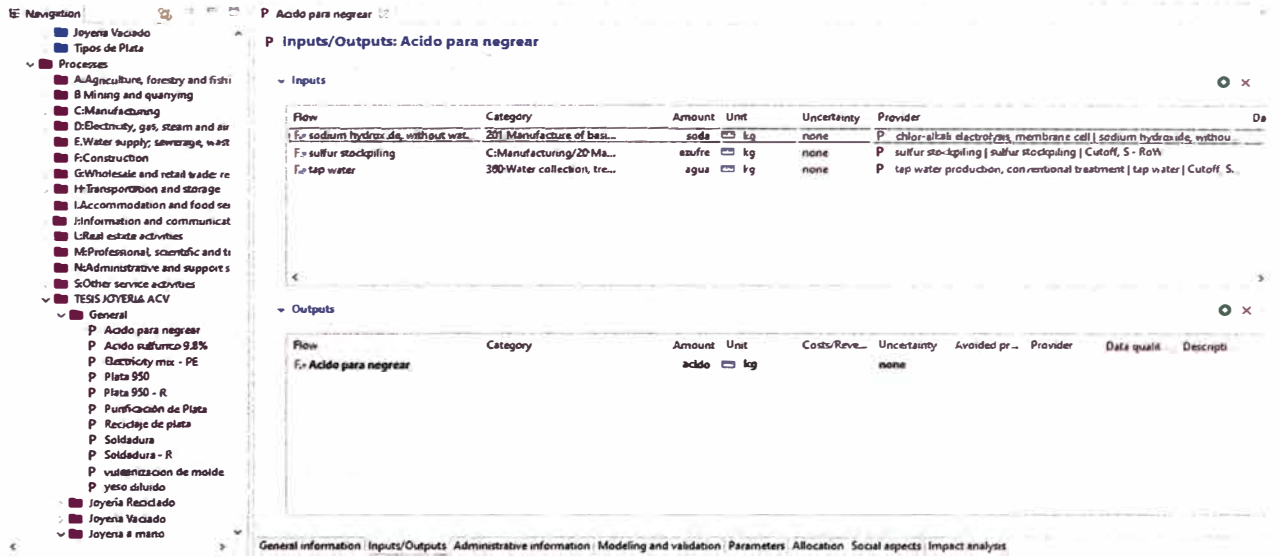
Fuente Propia

Figura 21, Inventario del Proceso Unitario "Ácido Sulfúrico"



Fuente Propia

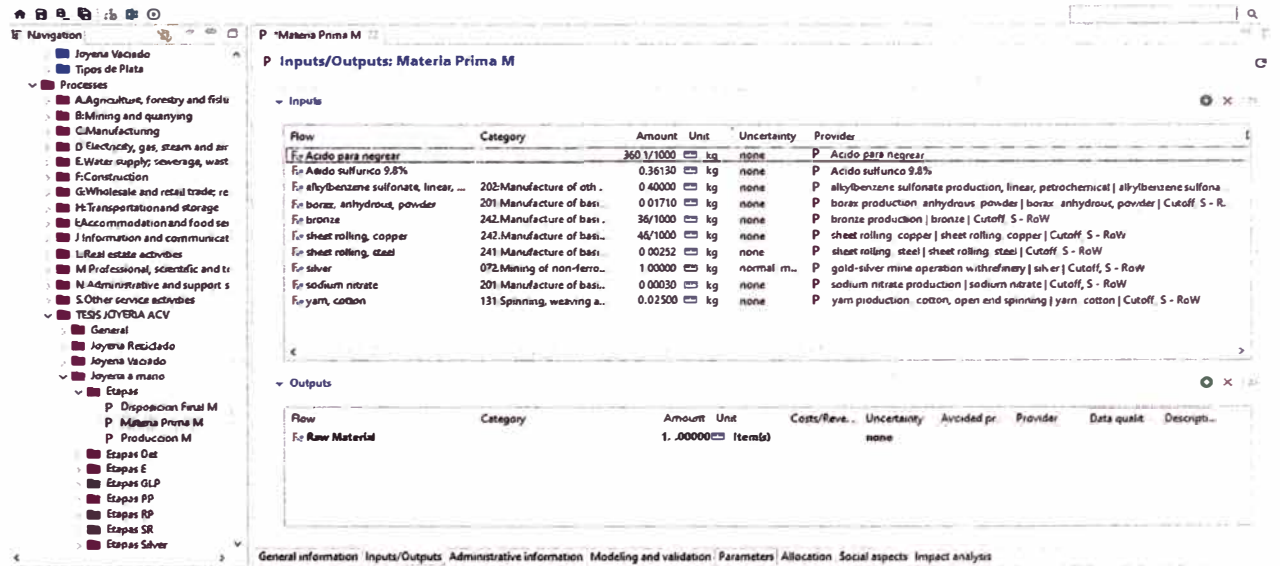
Figura 22, Ácido para Negrear



Fuente Propia

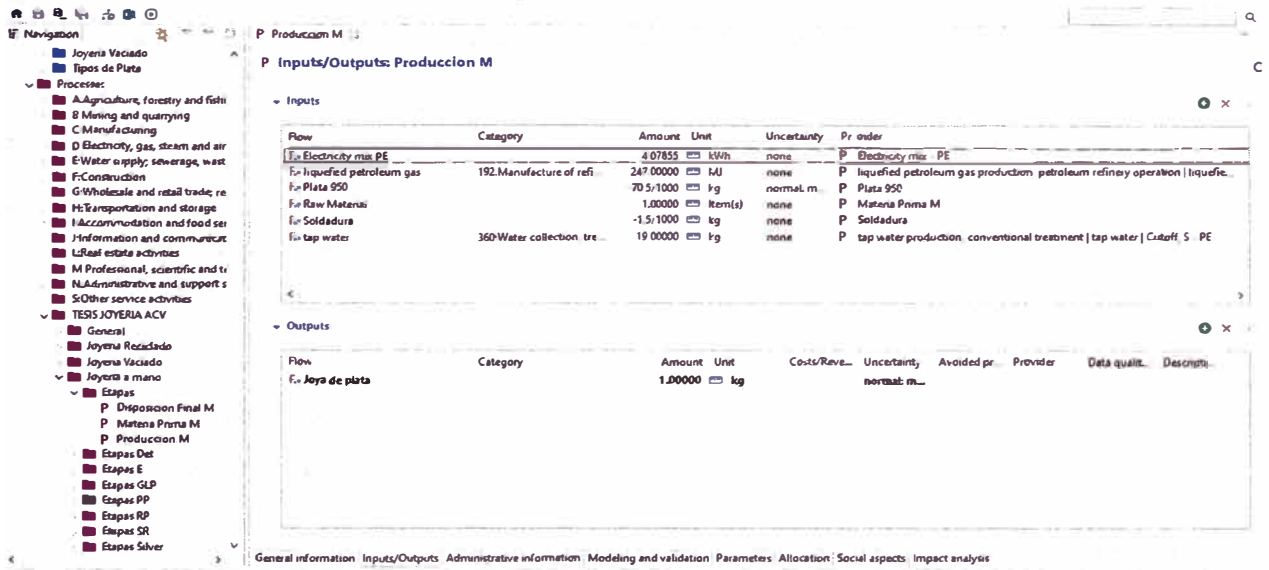
• **Inventario de Procesos Hecho a Mano**

Figura 23, Inventario del Proceso Unitario "Materia Prima – A Mano"



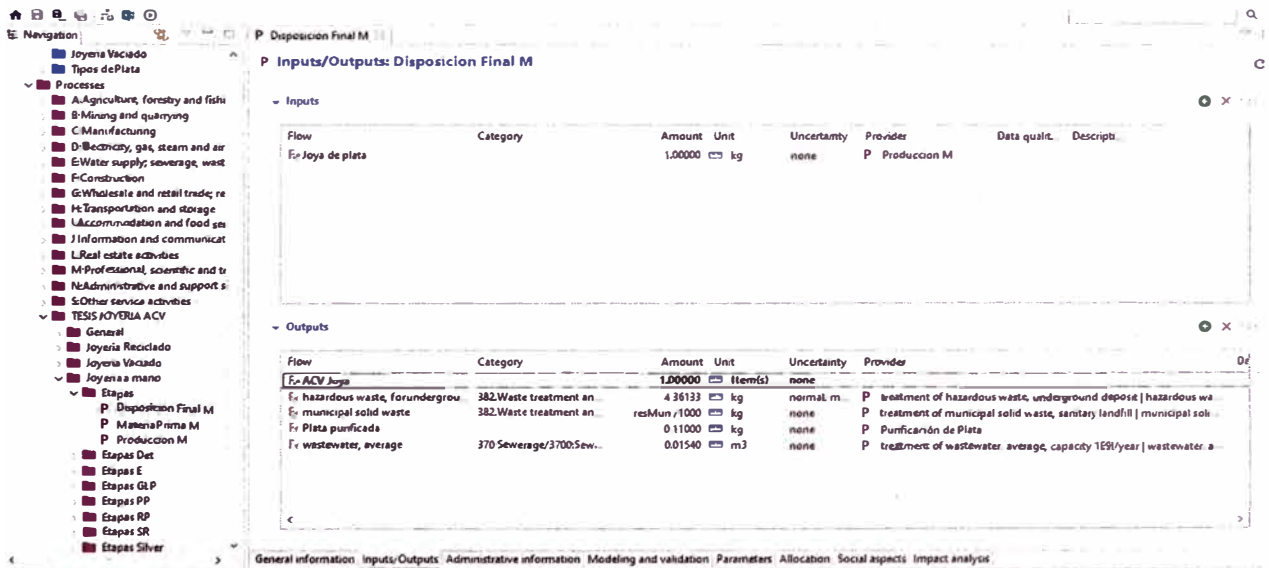
Fuente Propia

Figura 24, Inventario del Proceso Unitario "Producción - A Mano"



Fuente Propia

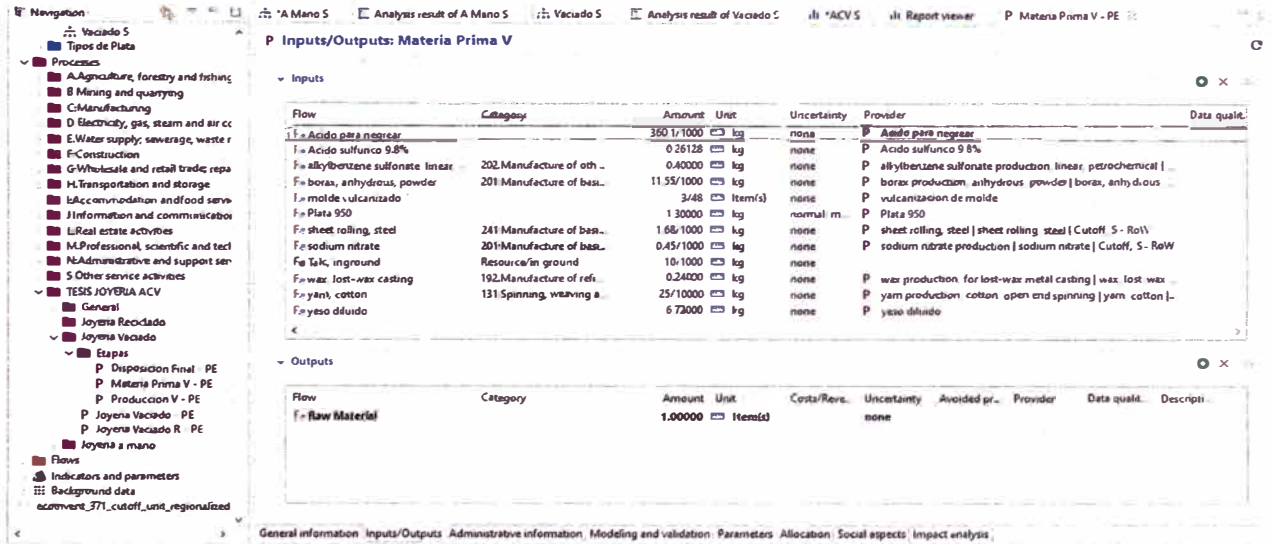
Figura 25, Inventario del Proceso Unitario "Disposición Final – A Mano"



Fuente Propia

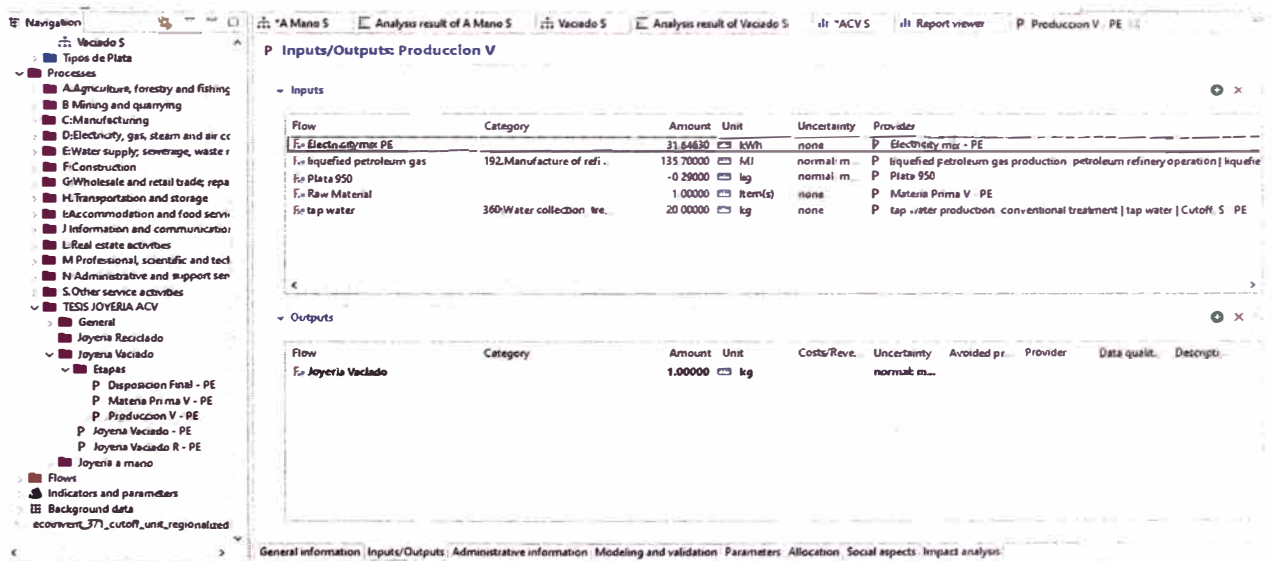
• **Inventario de Procesos en Vaciado**

Figura 26, Inventario del Proceso Unitario "Materia Prima – Vaciado"



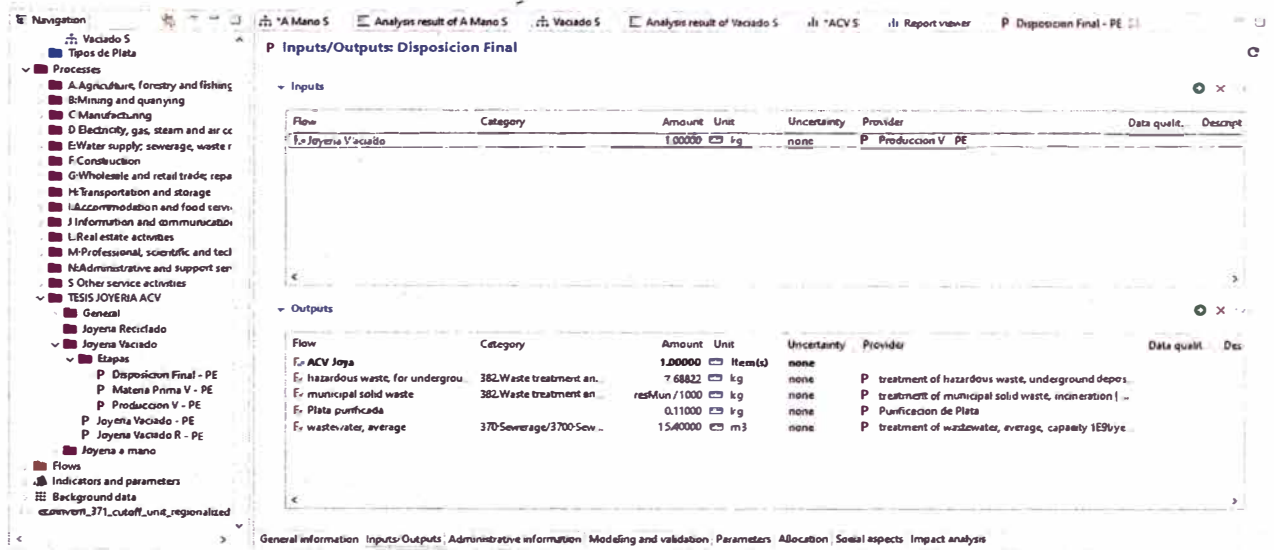
Fuente Propia

Figura 27, Inventario del Proceso Unitario "Producción – Vaciado"



Fuente Propia

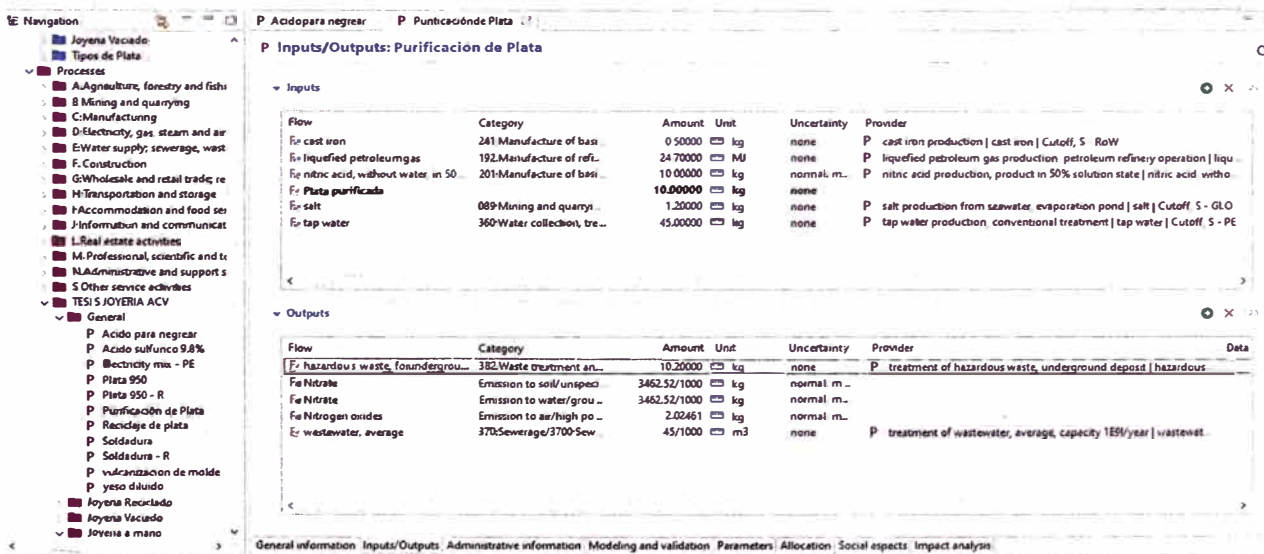
Figura 28, Inventario del Proceso Unitario "Disposición Final – Vaciado"



Fuente Propia

• Inventario de Procesos de Recuperación de Plata

Figura 29, Inventario del Proceso Unitario "Recuperación de Plata"



Fuente Propia

11.7. Resultados del Inventario del Ciclo de Vida

Tabla 53, Resultados del Inventario de Ciclo de Vida

Input

Flujo	Categoría	Subcategoría	Unidad	A Mano	Vaciado
Energy, gross calorific value, in biomass	Resource	biotic	MJ	49,12189	53,56224
Energy, gross calorific value, in biomass, primary forest	Resource	biotic	MJ	0,035571	0,045576
Fish, demersal, in ocean	Resource	biotic	kg	2,39E-27	2,54E-27
Fish, pelagic, in ocean	Resource	biotic	kg	2,62E-17	2,78E-17
Peat, in ground	Resource	biotic	kg	0,019395	0,020136
Wood, hard, standing	Resource	biotic	m3	0,0015	0,001591
Wood, soft, standing	Resource	biotic	m3	0,002399	0,002787
Wood, unspecified, standing	Resource	biotic	m3	1,8E-08	1,87E-08
Argon-40	Resource	in air	kg	0,00713	0,007872
Carbon dioxide, in air	Resource	in air	kg	4,260896	4,651181
Energy, kinetic (in wind), converted	Resource	in air	MJ	9,354085	13,55105
Energy, solar, converted	Resource	in air	MJ	0,388486	2,088432
Krypton, in air	Resource	in air	kg	5,99E-15	6,59E-15
Nitrogen	Resource	in air	kg	0,384515	0,424541
Oxygen	Resource	in air	kg	0,613359	6,458561
Water, in air	Resource	in air	m3	4,53E-06	4,94E-06
Xenon, in air	Resource	in air	kg	7,02E-16	7,73E-16
Aluminium, in ground	Resource	in ground	kg	0,388264	0,399612
Anhydrite, in ground	Resource	in ground	kg	2,6E-06	2,76E-06
Antimony, in ground	Resource	in ground	kg	1,86E-07	1,92E-07
Arsenic, in ground	Resource	in ground	kg	4,05E-06	3,34E-06
Barium, in ground	Resource	in ground	kg	0,133728	0,128161
Basalt, in ground	Resource	in ground	kg	0,007839	0,008303
Borax, in ground	Resource	in ground	kg	0,036591	0,024729
Cadmium, in ground	Resource	in ground	kg	3,58E-06	3,48E-06
Calcite, in ground	Resource	in ground	kg	17,31553	18,05828
Calcium, in ground	Resource	in ground	kg	0,00404	0,003883
Carbon, organic, in soil or biomass stock	Resource	in ground	kg	0,003278	0,003102
Cerium, in ground	Resource	in ground	kg	5,8E-05	5,89E-05
Chromium, in ground	Resource	in ground	kg	0,355307	0,3654
Chrysotile, in ground	Resource	in ground	kg	0,000171	0,000174
Clay, bentonite, in ground	Resource	in ground	kg	0,028138	0,032666
Clay, unspecified, in ground	Resource	in ground	kg	0,987109	1,061044
Coal, brown, in ground	Resource	in ground	kg	3,848947	4,007055
Coal, hard, unspecified, in ground	Resource	in ground	kg	18,16838	19,27523
Cobalt, in ground	Resource	in ground	kg	0,000196	0,000163

Colemanite, in ground	Resource	in ground	kg	0,000161	0,00017
Copper, in ground	Resource	in ground	kg	0,063621	0,035954
Diatomite, in ground	Resource	in ground	kg	9,07E-10	1,24E-09
Dolomite, in ground	Resource	in ground	kg	0,066029	0,070219
Dysprosium, in ground	Resource	in ground	kg	1,29E-07	1,33E-07
Energy, geothermal, converted	Resource	in ground	MJ	1,161642	1,208748
Europium, in ground	Resource	in ground	kg	2,91E-07	2,95E-07
Feldspar, in ground	Resource	in ground	kg	3,8E-08	4,05E-08
Fluorine, in ground	Resource	in ground	kg	0,018655	0,019075
Fluorspar, in ground	Resource	in ground	kg	0,013613	0,013544
Gadolinium, in ground	Resource	in ground	kg	7,39E-07	7,49E-07
Gallium, in ground	Resource	in ground	kg	0,00012	0,000124
Gangue, bauxite, in ground	Resource	in ground	kg	4,105079	4,228717
Gangue, in ground	Resource	in ground	kg	13,89237	8,293928
Gas, mine, off-gas, process, coal mining	Resource	in ground	m3	0,156149	0,165628
Gas, natural, in ground	Resource	in ground	m3	19,02281	21,46296
Gold, in ground	Resource	in ground	kg	0,01392	0,014332
Granite, in ground	Resource	in ground	kg	0,155617	0,171311
Gravel, in ground	Resource	in ground	kg	6,644858	7,819147
Gypsum, in ground	Resource	in ground	kg	0,03224	3,992853
Iron, in ground	Resource	in ground	kg	2,2787	2,69853
Kaolinite, in ground	Resource	in ground	kg	0,035622	0,036615
Kieserite, in ground	Resource	in ground	kg	1,44E-11	1,49E-11
Lanthanum, in ground	Resource	in ground	kg	3,93E-05	3,99E-05
Laterite, in ground	Resource	in ground	kg	0,004034	0,005147
Lead, in ground	Resource	in ground	kg	0,006668	0,006451
Lithium, in ground	Resource	in ground	kg	2,25E-07	2,03E-07
Magnesite, in ground	Resource	in ground	kg	0,047906	0,049601
Magnesium, in ground	Resource	in ground	kg	0,005661	0,005172
Manganese, in ground	Resource	in ground	kg	0,023788	0,027335
Mercury, in ground	Resource	in ground	kg	1,4E-07	1,45E-07
Metamorphous rock, graphite containing, in ground	Resource	in ground	kg	0,000602	0,000642
Molybdenum, in ground	Resource	in ground	kg	0,001385	0,00075
Neodymium, in ground	Resource	in ground	kg	1,83E-05	1,86E-05
Nickel, in ground	Resource	in ground	kg	0,099416	0,101649
Oil, crude, in ground	Resource	in ground	kg	30,40645	28,79284
Olivine, in ground	Resource	in ground	kg	1,13E-06	1,19E-06
Palladium, in ground	Resource	in ground	kg	3,28E-07	2,83E-07
Perlite, in ground	Resource	in ground	kg	3,3E-06	3,44E-06
Phosphorus, in ground	Resource	in ground	kg	0,090323	0,092266
Platinum, in ground	Resource	in ground	kg	3,51E-07	3,16E-07
Potassium, in ground	Resource	in ground	kg	0,016899	0,017223

Praseodymium, in ground	Resource	in ground	kg	5,9E-06	5,98E-06
Rhenium, in ground	Resource	in ground	kg	1,44E-07	7,76E-08
Rhodium, in ground	Resource	in ground	kg	4,6E-08	4,19E-08
Samarium, in ground	Resource	in ground	kg	1,53E-06	1,55E-06
Sand, unspecified, in ground	Resource	in ground	kg	1,16559	1,205601
Selenium, in ground	Resource	in ground	kg	0,00011	5,89E-05
Shale, in ground	Resource	in ground	kg	5,100792	5,384371
Silicon, in ground	Resource	in ground	kg	0,010194	0,008415
Silver, in ground	Resource	in ground	kg	0,006641	0,006832
Sodium chloride, in ground	Resource	in ground	kg	0,815982	0,843943
Sodium nitrate, in ground	Resource	in ground	kg	4,24E-05	4,41E-05
Sodium sulphate, various forms, in ground	Resource	in ground	kg	0,000282	0,000278
Sodium, in ground	Resource	in ground	kg	4,17E-06	4,04E-06
Spodumene, in ground	Resource	in ground	kg	1,02E-07	9,44E-08
Strontium, in ground	Resource	in ground	kg	1,01E-05	1,03E-05
Sulfur, in ground	Resource	in ground	kg	0,034454	0,029482
Sylvite, in ground	Resource	in ground	kg	0,105013	0,108603
Talc, in ground	Resource	in ground	kg	0,003706	0,013813
Tantalum, in ground	Resource	in ground	kg	3,73E-06	3,89E-06
Tellurium, in ground	Resource	in ground	kg	2,01E-05	1,08E-05
Terbium, in ground	Resource	in ground	kg	7,74E-08	7,95E-08
Tin, in ground	Resource	in ground	kg	0,003099	0,00012
Titanium, in ground	Resource	in ground	kg	0,007165	0,009781
Ulexite, in ground	Resource	in ground	kg	1,2E-05	1,7E-05
Uranium, in ground	Resource	in ground	kg	0,000133	0,000138
Vanadium, in ground	Resource	in ground	kg	1,39E-07	1,35E-07
Volume occupied, final repository for low-active radioactive waste	Resource	in ground	m3	4,26E-06	4,03E-06
Volume occupied, final repository for radioactive waste	Resource	in ground	m3	5,03E-08	5,21E-08
Volume occupied, underground deposit	Resource	in ground	m3	0,002807	0,004886
Water, unspecified natural origin	Resource	in ground	m3	0,015235	0,015894
Yttrium, in ground	Resource	in ground	kg	4,73E-07	4,86E-07
Zinc, in ground	Resource	in ground	kg	0,030783	0,029822
Zirconium, in ground	Resource	in ground	kg	0,001065	0,001449
Bromine, in water	Resource	in water	kg	3,48E-05	3,65E-05
Carnallite	Resource	in water	kg	3,3E-05	5,29E-05
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	Resource	in water	MJ	69,03526	132,9058
Iodine, in water	Resource	in water	kg	1,36E-05	1,67E-05
Volume occupied, reservoir	Resource	in water	m3*a	2,681664	5,21765
Water, cooling, unspecified natural origin	Resource	in water	m3	4,638253	5,042918
Water, lake	Resource	in water	m3	0,006702	0,007338

Water, river	Resource	in water	m3	0,339661	0,291659
Water, salt, ocean	Resource	in water	m3	0,02165	0,021893
Water, salt, sole	Resource	in water	m3	0,018461	0,017316
Water, turbine use, unspecified natural origin	Resource	in water	m3	521,0168	551,9862
Water, unspecified natural origin	Resource	in water	m3	1,873231	1,925078
Water, well, in ground	Resource	in water	m3	2,96855	2,931728
Occupation, annual crop	Resource	land	m2*a	0,071171	0,097191
Occupation, annual crop, irrigated	Resource	land	m2*a	0,149343	0,01567
Occupation, annual crop, irrigated, intensive	Resource	land	m2*a	2,65E-05	3,59E-05
Occupation, annual crop, non-irrigated	Resource	land	m2*a	0,001165	0,001581
Occupation, annual crop, non-irrigated, extensive	Resource	land	m2*a	2,79E-05	3,47E-05
Occupation, annual crop, non-irrigated, intensive	Resource	land	m2*a	0,0113	0,016139
Occupation, arable land, unspecified use	Resource	land	m2*a	9,56E-05	1,09E-05
Occupation, construction site	Resource	land	m2*a	0,01681	0,016994
Occupation, dump site	Resource	land	m2*a	8,442372	8,664448
Occupation, forest, extensive	Resource	land	m2*a	0,300246	0,309744
Occupation, forest, intensive	Resource	land	m2*a	5,781533	6,555599
Occupation, grassland, natural (non-use)	Resource	land	m2*a	0,005112	0,005329
Occupation, grassland, natural, for livestock grazing	Resource	land	m2*a	1,69E-10	1,8E-10
Occupation, industrial area	Resource	land	m2*a	0,182879	0,20186
Occupation, inland waterbody, unspecified	Resource	land	m2*a	2,93E-06	3,02E-06
Occupation, lake, artificial	Resource	land	m2*a	0,368767	0,438928
Occupation, mineral extraction site	Resource	land	m2*a	3,261254	3,371353
Occupation, pasture, man made	Resource	land	m2*a	3,08E-10	3,28E-10
Occupation, pasture, man made, extensive	Resource	land	m2*a	3,46E-10	3,68E-10
Occupation, pasture, man made, intensive	Resource	land	m2*a	7,6E-06	7,7E-06
Occupation, permanent crop	Resource	land	m2*a	0,002068	0,002133
Occupation, permanent crop, irrigated	Resource	land	m2*a	0,000352	0,000359
Occupation, permanent crop, irrigated, intensive	Resource	land	m2*a	2,81E-06	3,87E-06
Occupation, permanent crop, non-irrigated	Resource	land	m2*a	0,022389	0,023329
Occupation, river, artificial	Resource	land	m2*a	0,074859	0,076985
Occupation, seabed, drilling and mining	Resource	land	m2*a	0,008044	0,008068
Occupation, seabed, infrastructure	Resource	land	m2*a	8,12E-05	8,14E-05
Occupation, seabed, unspecified	Resource	land	m2*a	0,00864	0,00864
Occupation, shrub land, sclerophyllous	Resource	land	m2*a	0,003272	0,003739
Occupation, traffic area, rail network	Resource	land	m2*a	0,01816	0,019332

Occupation, traffic area, rail/road embankment	Resource	land	m2*a	0,099804	0,108749
Occupation, traffic area, road network	Resource	land	m2*a	0,142134	0,154668
Occupation, unspecified	Resource	land	m2*a	0,000914	0,000966
Occupation, unspecified, natural (non-use)	Resource	land	m2*a	0,000301	0,000311
Occupation, urban, discontinuously built	Resource	land	m2*a	0,00036	0,00026
Occupation, urban/industrial fallow (non-use)	Resource	land	m2*a	6,53E-06	6,76E-06
Transformation, from annual crop	Resource	land	m2	0,030476	0,042054
Transformation, from annual crop, irrigated	Resource	land	m2	0,228455	0,023072
Transformation, from annual crop, irrigated, intensive	Resource	land	m2	2,7E-05	3,66E-05
Transformation, from annual crop, non-irrigated	Resource	land	m2	0,008029	0,011033
Transformation, from annual crop, non-irrigated, extensive	Resource	land	m2	2,44E-05	3,03E-05
Transformation, from annual crop, non-irrigated, intensive	Resource	land	m2	0,010717	0,014514
Transformation, from arable land, unspecified use	Resource	land	m2	0,055039	0,073668
Transformation, from cropland fallow (non-use)	Resource	land	m2	7,74E-05	7,98E-05
Transformation, from dump site, inert material landfill	Resource	land	m2	0,000172	0,000195
Transformation, from dump site, residual material landfill	Resource	land	m2	0,000448	0,000475
Transformation, from dump site, sanitary landfill	Resource	land	m2	1,88E-05	1,8E-05
Transformation, from dump site, slag compartment	Resource	land	m2	1,47E-05	5,86E-05
Transformation, from forest, extensive	Resource	land	m2	0,006238	0,006695
Transformation, from forest, intensive	Resource	land	m2	0,071044	0,080353
Transformation, from forest, primary (non-use)	Resource	land	m2	0,00021	0,000241
Transformation, from forest, secondary (non-use)	Resource	land	m2	7,31E-05	0,000104
Transformation, from forest, unspecified	Resource	land	m2	0,037287	0,035921
Transformation, from grassland, natural (non-use)	Resource	land	m2	0,00053	0,000212
Transformation, from grassland, natural, for livestock grazing	Resource	land	m2	0,000114	0,000121
Transformation, from heterogeneous, agricultural	Resource	land	m2	1,89E-06	2,96E-06
Transformation, from industrial area	Resource	land	m2	9,54E-05	0,000107
Transformation, from mineral extraction site	Resource	land	m2	0,08774	0,090649

Transformation, from pasture, man made	Resource	land	m2	0,003621	0,004408
Transformation, from pasture, man made, extensive	Resource	land	m2	6,91E-12	7,35E-12
Transformation, from pasture, man made, intensive	Resource	land	m2	2E-05	2,38E-05
Transformation, from permanent crop	Resource	land	m2	0,000259	0,000267
Transformation, from permanent crop, irrigated	Resource	land	m2	9,83E-06	1,01E-05
Transformation, from permanent crop, irrigated, intensive	Resource	land	m2	1,21E-07	1,66E-07
Transformation, from permanent crop, non-irrigated	Resource	land	m2	0,001119	0,001166
Transformation, from river, natural (non-use)	Resource	land	m2	2,92E-05	3,24E-05
Transformation, from seabed, infrastructure	Resource	land	m2	6,55E-07	6,87E-07
Transformation, from seabed, unspecified	Resource	land	m2	0,008047	0,008071
Transformation, from shrub land, sclerophyllous	Resource	land	m2	0,000973	0,001076
Transformation, from traffic area, rail/road embankment	Resource	land	m2	0,000477	0,000524
Transformation, from traffic area, road network	Resource	land	m2	6,06E-20	6,44E-20
Transformation, from unspecified	Resource	land	m2	0,157358	0,162502
Transformation, from unspecified, natural (non-use)	Resource	land	m2	4,53E-05	4,67E-05
Transformation, from wetland, inland (non-use)	Resource	land	m2	7,14E-05	7,38E-05
Transformation, to annual crop	Resource	land	m2	0,026869	0,0356
Transformation, to annual crop, irrigated	Resource	land	m2	0,228455	0,023072
Transformation, to annual crop, irrigated, intensive	Resource	land	m2	2,88E-05	3,9E-05
Transformation, to annual crop, non-irrigated	Resource	land	m2	0,008027	0,011031
Transformation, to annual crop, non-irrigated, extensive	Resource	land	m2	3,38E-05	4,22E-05
Transformation, to annual crop, non-irrigated, intensive	Resource	land	m2	0,01631	0,02304
Transformation, to arable land, unspecified use	Resource	land	m2	0,055486	0,073858
Transformation, to cropland fallow (non-use)	Resource	land	m2	8,71E-05	9,21E-05
Transformation, to dump site	Resource	land	m2	0,064882	0,066577
Transformation, to dump site, inert material landfill	Resource	land	m2	0,000172	0,000195
Transformation, to dump site, residual material landfill	Resource	land	m2	0,000448	0,000475

Transformation, to dump site, sanitary landfill	Resource	land	m2	1,88E-05	1,8E-05
Transformation, to dump site, slag compartment	Resource	land	m2	1,47E-05	5,86E-05
Transformation, to forest, extensive	Resource	land	m2	0,002309	0,002382
Transformation, to forest, intensive	Resource	land	m2	0,076529	0,086255
Transformation, to forest, secondary (non-use)	Resource	land	m2	7,13E-20	7,59E-20
Transformation, to forest, unspecified	Resource	land	m2	0,001128	0,001538
Transformation, to grassland, natural (non-use)	Resource	land	m2	6,82E-05	7,1E-05
Transformation, to grassland, natural, for livestock grazing	Resource	land	m2	5,6E-12	5,96E-12
Transformation, to heterogeneous, agricultural	Resource	land	m2	0,017408	0,017869
Transformation, to industrial area	Resource	land	m2	0,002934	0,003673
Transformation, to inland waterbody, unspecified	Resource	land	m2	2,93E-08	3,02E-08
Transformation, to lake, artificial	Resource	land	m2	0,00264	0,003115
Transformation, to mineral extraction site	Resource	land	m2	0,12079	0,122205
Transformation, to pasture, man made	Resource	land	m2	0,000222	0,000232
Transformation, to pasture, man made, extensive	Resource	land	m2	6,91E-12	7,35E-12
Transformation, to pasture, man made, intensive	Resource	land	m2	3,82E-07	3,87E-07
Transformation, to permanent crop	Resource	land	m2	0,000858	0,000893
Transformation, to permanent crop, irrigated	Resource	land	m2	9,83E-06	1,01E-05
Transformation, to permanent crop, irrigated, intensive	Resource	land	m2	1,21E-07	1,66E-07
Transformation, to permanent crop, non-irrigated	Resource	land	m2	0,001119	0,001166
Transformation, to river, artificial	Resource	land	m2	0,000832	0,000857
Transformation, to seabed, drilling and mining	Resource	land	m2	0,008044	0,008068
Transformation, to seabed, infrastructure	Resource	land	m2	3,53E-06	3,5E-06
Transformation, to seabed, unspecified	Resource	land	m2	6,55E-07	6,87E-07
Transformation, to shrub land, sclerophyllous	Resource	land	m2	0,000654	0,000747
Transformation, to traffic area, rail network	Resource	land	m2	4,2E-05	4,47E-05
Transformation, to traffic area, rail/road embankment	Resource	land	m2	0,000752	0,000826
Transformation, to traffic area, road network	Resource	land	m2	0,000914	0,000976
Transformation, to unspecified	Resource	land	m2	0,070757	0,072801

Transformation, to unspecified, natural (non-use)	Resource	land	m2	7,35E-06	7,58E-06
Transformation, to urban, discontinuously built	Resource	land	m2	7,18E-06	5,19E-06
Transformation, to urban/industrial fallow (non-use)	Resource	land	m2	8,71E-08	9,01E-08
Transformation, to wetland, inland (non-use)	Resource	land	m2	2,26E-19	2,4E-19

Output

Flujo	Categoría	Sub-categoría	Unit	A Mano	Vaciado
1,4-Butanediol	Emission to air	high population density	kg	1,96E-09	2,16E-09
1-Pentanol	Emission to air	high population density	kg	1,5E-09	1,32E-09
1-Pentene	Emission to air	high population density	kg	1,71E-09	1,61E-09
2-Aminopropanol	Emission to air	high population density	kg	1,22E-09	1,3E-09
2-Methyl pentane	Emission to air	high population density	kg	4,51E-08	4,87E-08
2-Methyl-1-propanol	Emission to air	high population density	kg	3,95E-09	4,02E-09
2-Methyl-2-butene	Emission to air	high population density	kg	7,33E-13	6,62E-13
2-Nitrobenzoic acid	Emission to air	high population density	kg	2,78E-09	3,03E-09
2-Propanol	Emission to air	high population density	kg	4,63E-06	4,83E-06
4-Methyl-2-pentanone	Emission to air	high population density	kg	6,41E-09	3,26E-09
Acetaldehyde	Emission to air	high population density	kg	2,18E-05	2,34E-05
Acetic acid	Emission to air	high population density	kg	8,19E-05	8,59E-05
Acetone	Emission to air	high population density	kg	1,35E-05	1,43E-05
Acrolein	Emission to air	high population density	kg	1,55E-08	1,62E-08
Acrylic acid	Emission to air	high population density	kg	3,87E-08	4,04E-08
Aldehydes, unspecified	Emission to air	high population density	kg	3,44E-07	3,57E-07
Aluminium	Emission to air	high population density	kg	0,000756	0,000839
Ammonia	Emission to air	high population density	kg	0,010277	0,010573
Ammonium carbonate	Emission to air	high population density	kg	3,66E-07	3,56E-07
Aniline	Emission to air	high population density	kg	4,32E-08	5,64E-08
Anthranilic acid	Emission to air	high population density	kg	2,14E-09	2,33E-09
Antimony	Emission to air	high population density	kg	1,46E-07	1,61E-07
Arsenic	Emission to air	high population density	kg	2,25E-06	2,51E-06
Arsine	Emission to air	high population density	kg	4,51E-13	4,71E-13
Barium	Emission to air	high population density	kg	9,55E-06	1,12E-05
Benzal chloride	Emission to air	high population density	kg	2,82E-08	2,33E-08
Benzaldehyde	Emission to air	high population density	kg	6,22E-09	6,39E-09
Benzene	Emission to air	high population density	kg	0,000268	0,000282
Benzene, dichloro	Emission to air	high population density	kg	1,11E-08	1,19E-08
Benzene, ethyl-	Emission to air	high population density	kg	1,05E-05	1,12E-05

Benzene, hexachloro-	Emission to air	high population density	kg	3,52E-11	3,47E-10
Benzene, pentachloro-	Emission to air	high population density	kg	8,83E-11	8,77E-10
Benzo(a)pyrene	Emission to air	high population density	kg	2,41E-08	2,59E-08
Beryllium	Emission to air	high population density	kg	9,02E-08	1E-07
Boric acid	Emission to air	high population density	kg	1,38E-16	1,52E-16
Boron	Emission to air	high population density	kg	3,8E-05	4,19E-05
Boron trifluoride	Emission to air	high population density	kg	9,34E-13	1,03E-12
Bromine	Emission to air	high population density	kg	5,25E-06	5,93E-06
Butadiene	Emission to air	high population density	kg	7,45E-10	8,27E-10
Butane	Emission to air	high population density	kg	0,000346	0,000346
Butanol	Emission to air	high population density	kg	3,53E-09	3,63E-09
Butene	Emission to air	high population density	kg	4,23E-07	4,4E-07
Cadmium	Emission to air	high population density	kg	2,18E-07	2,56E-07
Calcium	Emission to air	high population density	kg	0,000265	0,000679
Carbon dioxide, fossil	Emission to air	high population density	kg	35,16072	39,17096
Carbon dioxide, non-fossil	Emission to air	high population density	kg	3,088007	6,586218
Carbon disulfide	Emission to air	high population density	kg	2,59E-08	3,34E-08
Carbon monoxide, fossil	Emission to air	high population density	kg	0,023738	0,026059
Carbon monoxide, non-fossil	Emission to air	high population density	kg	0,00508	0,00595
Chloramine	Emission to air	high population density	kg	8,51E-09	8,11E-09
Chlorine	Emission to air	high population density	kg	0,000109	0,000114
Chloroacetic acid	Emission to air	high population density	kg	3,44E-08	2,78E-08
Chloroform	Emission to air	high population density	kg	1,61E-07	1,81E-07
Chlorosilane, trimethyl-	Emission to air	high population density	kg	7,57E-09	8E-09
Chlorosulfonic acid	Emission to air	high population density	kg	1,41E-09	1,49E-09
Chromium	Emission to air	high population density	kg	2,44E-06	2,76E-06
Chromium IV	Emission to air	high population density	kg	8,12E-14	8,8E-14
Chromium VI	Emission to air	high population density	kg	2,07E-07	2,3E-07
Cobalt	Emission to air	high population density	kg	1,61E-06	1,74E-06
Copper	Emission to air	high population density	kg	7,06E-06	7,68E-06
Cumene	Emission to air	high population density	kg	7,44E-06	7,75E-06
Cyanide	Emission to air	high population density	kg	0,000822	0,000891
Cyanoacetic acid	Emission to air	high population density	kg	1,16E-09	1,22E-09
Cyclohexane	Emission to air	high population density	kg	4,88E-15	5,37E-15
Cyclohexane (for all cycloalkanes)	Emission to air	high population density	kg	2,94E-09	3,19E-09
Diethyl ether	Emission to air	high population density	kg	1,15E-14	1,27E-14
Diethylamine	Emission to air	high population density	kg	1,95E-08	2,54E-08
Diethylene glycol	Emission to air	high population density	kg	9,75E-15	1,07E-14
Dimethyl malonate	Emission to air	high population density	kg	1,45E-09	1,53E-09
Dimethylamine	Emission to air	high population density	kg	5,42E-11	5,84E-11
Dinitrogen monoxide	Emission to air	high population density	kg	0,018154	0,018887

Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Emission to air	high population density	kg	1,29E-11	1,41E-11
Dipropylamine	Emission to air	high population density	kg	1,18E-08	1,55E-08
Elemental carbon	Emission to air	high population density	kg	4,66E-08	5,06E-08
Ethane	Emission to air	high population density	kg	0,000146	0,000158
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Emission to air	high population density	kg	2,26E-09	2,5E-09
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Emission to air	high population density	kg	1,84E-09	1,92E-09
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Emission to air	high population density	kg	1,14E-06	1,48E-06
Ethane, 1,2-dichloro-	Emission to air	high population density	kg	1,01E-06	1,05E-06
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Emission to air	high population density	kg	1,3E-07	1,48E-07
Ethanol	Emission to air	high population density	kg	1,54E-05	1,66E-05
Ethene	Emission to air	high population density	kg	0,000229	0,000253
Ethene, chloro-	Emission to air	high population density	kg	3,48E-08	3,71E-08
Ethene, tetrachloro-	Emission to air	high population density	kg	8,37E-08	8,63E-08
Ethyl acetate	Emission to air	high population density	kg	2,16E-05	2,25E-05
Ethyl cellulose	Emission to air	high population density	kg	4,34E-08	4,53E-08
Ethylamine	Emission to air	high population density	kg	5,52E-09	5,83E-09
Ethylene diamine	Emission to air	high population density	kg	1,12E-08	1,38E-08
Ethylene oxide	Emission to air	high population density	kg	2,6E-07	2,74E-07
Ethyne	Emission to air	high population density	kg	3,66E-05	4,06E-05
Fluorine	Emission to air	high population density	kg	2,16E-06	2,28E-06
Fluosilicic acid	Emission to air	high population density	kg	9,42E-06	9,71E-06
Formaldehyde	Emission to air	high population density	kg	8,87E-05	9,46E-05
Formamide	Emission to air	high population density	kg	2,75E-09	2,41E-09
Formic acid	Emission to air	high population density	kg	2,77E-08	2,88E-08
Heat, waste	Emission to air	high population density	MJ	1,438155	42,91929
Heptane	Emission to air	high population density	kg	4,63E-06	4,93E-06
Hexane	Emission to air	high population density	kg	6,74E-05	6,59E-05
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, cyclic	Emission to air	high population density	kg	8,47E-06	9,41E-06
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Emission to air	high population density	kg	0,000239	0,000247
Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Emission to air	high population density	kg	0,000126	0,000137
Hydrocarbons, aromatic	Emission to air	high population density	kg	1,72E-05	1,85E-05
Hydrocarbons, chlorinated	Emission to air	high population density	kg	1,28E-06	1,46E-06
Hydrogen	Emission to air	high population density	kg	0,000425	0,000432
Hydrogen chloride	Emission to air	high population density	kg	0,003125	0,003473
Hydrogen fluoride	Emission to air	high population density	kg	0,000106	0,000127
Hydrogen peroxide	Emission to air	high population density	kg	3,22E-08	3,37E-08
Hydrogen sulfide	Emission to air	high population density	kg	1,3E-05	1,49E-05
Iodine	Emission to air	high population density	kg	2,27E-06	2,45E-06

Iron	Emission to air	high population density	kg	0,000328	0,000363
Isocyanic acid	Emission to air	high population density	kg	1,31E-06	1,39E-06
Isopropylamine	Emission to air	high population density	kg	2,48E-09	2,64E-09
Lactic acid	Emission to air	high population density	kg	9,22E-09	1,21E-08
Lead	Emission to air	high population density	kg	9,63E-06	1,07E-05
Lead-210	Emission to air	high population density	kBq	0,00389	0,004291
Lithium	Emission to air	high population density	kg	7,97E-12	8,64E-12
m-Xylene	Emission to air	high population density	kg	3,37E-06	3,64E-06
Magnesium	Emission to air	high population density	kg	0,000278	0,000317
Manganese	Emission to air	high population density	kg	7,22E-06	7,87E-06
Mercury	Emission to air	high population density	kg	4,27E-07	5,33E-07
Methane	Emission to air	high population density	kg	2,33E-07	2,49E-07
Methane, bromo-, Halon 1001	Emission to air	high population density	kg	1,25E-22	1,33E-22
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Emission to air	high population density	kg	4,31E-14	5,91E-14
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Emission to air	high population density	kg	2,79E-08	3,18E-08
Methane, dichloro-, HCC-30	Emission to air	high population density	kg	1,11E-08	1,13E-08
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Emission to air	high population density	kg	7,6E-09	9,49E-09
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Emission to air	high population density	kg	6,53E-11	7,49E-11
Methane, fossil	Emission to air	high population density	kg	0,02952	0,030689
Methane, non-fossil	Emission to air	high population density	kg	0,0003	0,000326
Methane, tetrachloro-, R-10	Emission to air	high population density	kg	9,42E-07	9,75E-07
Methane, tetrafluoro-, R-14	Emission to air	high population density	kg	6,27E-09	3,36E-08
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Emission to air	high population density	kg	7,21E-11	8,26E-11
Methane, trifluoro-, HFC-23	Emission to air	high population density	kg	2,08E-08	2,38E-08
Methanesulfonic acid	Emission to air	high population density	kg	1,17E-09	1,23E-09
Methanol	Emission to air	high population density	kg	1,94E-05	2,09E-05
Methyl acetate	Emission to air	high population density	kg	6,43E-10	7,02E-10
Methyl acrylate	Emission to air	high population density	kg	4,39E-08	4,59E-08
Methyl amine	Emission to air	high population density	kg	1,75E-09	1,21E-09
Methyl borate	Emission to air	high population density	kg	1,5E-09	1,43E-09
Methyl ethyl ketone	Emission to air	high population density	kg	2,15E-05	2,25E-05
Methyl formate	Emission to air	high population density	kg	1,02E-09	9,2E-10
Methyl lactate	Emission to air	high population density	kg	1,01E-08	1,33E-08
Molybdenum	Emission to air	high population density	kg	6,56E-07	7,22E-07
Monoethanolamine	Emission to air	high population density	kg	1,58E-05	1,47E-05
Nickel	Emission to air	high population density	kg	1,66E-05	1,8E-05
Nitrate	Emission to air	high population density	kg	6,4E-10	6,94E-10
Nitrobenzene	Emission to air	high population density	kg	3,54E-07	3,9E-07
Nitrogen fluoride	Emission to air	high population density	kg	2,7E-15	2,97E-15

Nitrogen oxides	Emission to air	high population density	kg	0,047067	0,051914
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Emission to air	high population density	kg	0,013486	0,014242
o-Nitrotoluene	Emission to air	high population density	kg	2,4E-09	2,62E-09
o-Xylene	Emission to air	high population density	kg	5,1E-09	5,52E-09
Organic carbon	Emission to air	high population density	kg	1,16E-07	1,26E-07
Ozone	Emission to air	high population density	kg	7,64E-09	7,89E-09
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Emission to air	high population density	kg	1,29E-05	1,38E-05
Particulates, < 2.5 um	Emission to air	high population density	kg	0,007905	0,008596
Particulates, > 10 um	Emission to air	high population density	kg	0,002788	0,003046
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	Emission to air	high population density	kg	0,003825	0,004143
Pentane	Emission to air	high population density	kg	0,00056	0,000564
Phenol	Emission to air	high population density	kg	1,27E-06	1,51E-06
Phenol, 2,4-dichloro	Emission to air	high population density	kg	3,04E-09	3,37E-09
Phenol, pentachloro-	Emission to air	high population density	kg	2,34E-10	3,17E-10
Phosphine	Emission to air	high population density	kg	3,98E-11	4,19E-11
Phosphoric acid	Emission to air	high population density	kg	4,88E-15	5,37E-15
Phosphorus	Emission to air	high population density	kg	1,39E-05	1,84E-05
Phosphorus trichloride	Emission to air	high population density	kg	3,79E-09	5,13E-09
Platinum	Emission to air	high population density	kg	8,55E-15	8,93E-15
Polonium-210	Emission to air	high population density	kBq	0,007115	0,007848
Polychlorinated biphenyls	Emission to air	high population density	kg	3,12E-09	3,35E-09
Potassium	Emission to air	high population density	kg	0,000742	0,00085
Potassium-40	Emission to air	high population density	kBq	0,001103	0,001218
Propanal	Emission to air	high population density	kg	2,76E-08	4,04E-08
Propane	Emission to air	high population density	kg	0,000247	0,000253
Propanol	Emission to air	high population density	kg	1,55E-08	3,2E-08
Propene	Emission to air	high population density	kg	5,95E-05	6,44E-05
Propionic acid	Emission to air	high population density	kg	6E-06	6,19E-06
Propylamine	Emission to air	high population density	kg	6,69E-10	7,43E-10
Propylene oxide	Emission to air	high population density	kg	2,18E-07	2,9E-07
Radioactive species, other beta emitters	Emission to air	high population density	kBq	0,001454	0,001994
Radium-226	Emission to air	high population density	kBq	0,001005	0,001108
Radium-228	Emission to air	high population density	kBq	0,004631	0,00514
Radon-220	Emission to air	high population density	kBq	0,003323	0,003536
Radon-222	Emission to air	high population density	kBq	0,001902	0,002026
Scandium	Emission to air	high population density	kg	8,89E-08	9,87E-08
Selenium	Emission to air	high population density	kg	1,04E-06	1,15E-06
Silicon	Emission to air	high population density	kg	0,001128	0,001252
Silver	Emission to air	high population density	kg	1,96E-08	1,05E-07

Sodium	Emission to air	high population density	kg	0,0001	0,00021
Sodium chlorate	Emission to air	high population density	kg	5,32E-07	5,47E-07
Sodium dichromate	Emission to air	high population density	kg	1,11E-08	2,27E-08
Sodium formate	Emission to air	high population density	kg	6,82E-08	7,01E-08
Sodium hydroxide	Emission to air	high population density	kg	1,2E-07	1,25E-07
Sodium tetrahydridoborate	Emission to air	high population density	kg	1,79E-12	1,97E-12
Strontium	Emission to air	high population density	kg	1,39E-05	1,54E-05
Styrene	Emission to air	high population density	kg	1,48E-05	1,59E-05
Sulfate	Emission to air	high population density	kg	0,000809	0,000766
Sulfur dioxide	Emission to air	high population density	kg	0,062124	0,068142
Sulfur hexafluoride	Emission to air	high population density	kg	1,08E-14	1,19E-14
Sulfur trioxide	Emission to air	high population density	kg	5,53E-05	5,22E-05
Sulfuric acid	Emission to air	high population density	kg	2,52E-08	2,63E-08
t-Butyl methyl ether	Emission to air	high population density	kg	1,99E-07	2,27E-07
t-Butylamine	Emission to air	high population density	kg	2,41E-09	2,52E-09
Tetramethyl ammonium hydroxide	Emission to air	high population density	kg	6,47E-11	7,12E-11
Thallium	Emission to air	high population density	kg	1,12E-07	1,24E-07
Thorium	Emission to air	high population density	kg	1,34E-07	1,48E-07
Thorium-228	Emission to air	high population density	kBq	0,000414	0,000458
Thorium-232	Emission to air	high population density	kBq	0,000287	0,000316
Tin	Emission to air	high population density	kg	6,72E-08	1,58E-07
Titanium	Emission to air	high population density	kg	2,68E-05	3,55E-05
Toluene	Emission to air	high population density	kg	0,000107	0,000112
Toluene, 2-chloro	Emission to air	high population density	kg	2,36E-08	2,88E-08
Trimethylamine	Emission to air	high population density	kg	1,31E-09	1,42E-09
Uranium	Emission to air	high population density	kg	1,78E-07	1,97E-07
Uranium-238	Emission to air	high population density	kBq	0,000837	0,000923
Vanadium	Emission to air	high population density	kg	4,47E-05	4,81E-05
Water	Emission to air	high population density	m3	0,001044	0,007357
Xylene	Emission to air	high population density	kg	2,37E-05	2,57E-05
Zinc	Emission to air	high population density	kg	2,09E-05	2,45E-05
2,4-D	Emission to air	low population density	kg	6E-09	9,15E-09
2,4-D amines	Emission to air	low population density	kg	6,93E-19	9,42E-19
2,4-D ester	Emission to air	low population density	kg	1,01E-18	1,28E-18
2,4-DB	Emission to air	low population density	kg	7,31E-19	8,03E-19
2-Propanol	Emission to air	low population density	kg	6,43E-09	6,62E-09
4-Methyl-2-pentanone	Emission to air	low population density	kg	1,41E-10	1,45E-10
Acenaphthene	Emission to air	low population density	kg	1,11E-09	1,21E-09
Acephate	Emission to air	low population density	kg	6,37E-10	9,72E-10
Acetaldehyde	Emission to air	low population density	kg	2,03E-05	2,19E-05
Acetamide	Emission to air	low population density	kg	1,57E-10	2,39E-10
Acetic acid	Emission to air	low population density	kg	3,01E-05	4,01E-05

Acetone	Emission to air	low population density	kg	2,86E-05	3,33E-05
Acetonitrile	Emission to air	low population density	kg	1,81E-07	2,41E-07
Acifluorfen	Emission to air	low population density	kg	8,75E-11	1,33E-10
Acrolein	Emission to air	low population density	kg	6,02E-07	6,32E-07
Actinides, radioactive, unspecified	Emission to air	low population density	kBq	0,003788	0,003941
Aerosols, radioactive, unspecified	Emission to air	low population density	kBq	1,83E-05	1,9E-05
Alachlor	Emission to air	low population density	kg	6,19E-10	9,44E-10
Aldehydes, unspecified	Emission to air	low population density	kg	1,8E-06	1,87E-06
Aluminium	Emission to air	low population density	kg	1,66E-06	1,77E-06
Ammonia	Emission to air	low population density	kg	0,001045	0,000852
Antimony	Emission to air	low population density	kg	5,72E-07	4,68E-07
Antimony-124	Emission to air	low population density	kBq	3,51E-09	3,65E-09
Antimony-125	Emission to air	low population density	kBq	6,47E-08	6,74E-08
Argon-41	Emission to air	low population density	kBq	0,008663	0,009001
Arsenic	Emission to air	low population density	kg	7,91E-06	7,49E-06
Atrazine	Emission to air	low population density	kg	4,9E-10	7,47E-10
Azoxystrobin	Emission to air	low population density	kg	2,9E-10	4,42E-10
Barium	Emission to air	low population density	kg	1,51E-05	1,57E-05
Barium-140	Emission to air	low population density	kBq	1,89E-06	1,97E-06
Bentazone	Emission to air	low population density	kg	2,68E-10	4,09E-10
Benzaldehyde	Emission to air	low population density	kg	3,87E-07	4,17E-07
Benzene	Emission to air	low population density	kg	0,000794	0,000913
Benzene, ethyl-	Emission to air	low population density	kg	1,45E-05	1,54E-05
Benzene, hexachloro-	Emission to air	low population density	kg	5,32E-17	5,54E-17
Benzo(a)pyrene	Emission to air	low population density	kg	5,11E-06	5,94E-06
Beryllium	Emission to air	low population density	kg	5,4E-08	5,23E-08
Boron	Emission to air	low population density	kg	0,000158	0,000164
Bromine	Emission to air	low population density	kg	7,4E-05	7,69E-05
Bromoxynil	Emission to air	low population density	kg	4,4E-18	6,04E-18
Butane	Emission to air	low population density	kg	0,000373	0,000448
Cadmium	Emission to air	low population density	kg	6,39E-07	5,16E-07
Calcium	Emission to air	low population density	kg	6,87E-06	7,3E-06
Carbaryl	Emission to air	low population density	kg	7,31E-11	1,11E-10
Carbon dioxide, fossil	Emission to air	low population density	kg	45,30195	50,31498
Carbon dioxide, from soil or biomass stock	Emission to air	low population density	kg	0,113896	0,109678
Carbon dioxide, non-fossil	Emission to air	low population density	kg	0,877317	0,972317
Carbon disulfide	Emission to air	low population density	kg	0,000672	0,000362
Carbon monoxide, fossil	Emission to air	low population density	kg	0,040254	0,045043
Carbon monoxide, from soil or biomass stock	Emission to air	low population density	kg	0,000104	0,000139
Carbon monoxide, non-fossil	Emission to air	low population density	kg	0,046489	0,047923

Carbon-14	Emission to air	low population density	kBq	0,741772	0,71097
Carfentrazone-ethyl	Emission to air	low population density	kg	8,03E-12	1,23E-11
Cerium-141	Emission to air	low population density	kBq	4,58E-07	4,77E-07
Cesium-134	Emission to air	low population density	kBq	2,19E-08	2,28E-08
Cesium-137	Emission to air	low population density	kBq	4E-07	4,16E-07
Chlorimuron-ethyl	Emission to air	low population density	kg	1,46E-10	2,23E-10
Chlorinated solvents, unspecified	Emission to air	low population density	kg	1,73E-09	1,92E-09
Chlorine	Emission to air	low population density	kg	2,22E-08	2,31E-08
Chloroform	Emission to air	low population density	kg	1,79E-07	1,86E-07
Chlorpyrifos	Emission to air	low population density	kg	2,92E-09	4,45E-09
Chromium	Emission to air	low population density	kg	0,000679	0,000697
Chromium VI	Emission to air	low population density	kg	1,72E-05	1,77E-05
Chromium-51	Emission to air	low population density	kBq	2,94E-08	3,06E-08
Clethodim	Emission to air	low population density	kg	4,32E-10	6,59E-10
Cloransulam-methyl	Emission to air	low population density	kg	7,61E-11	1,16E-10
Cobalt	Emission to air	low population density	kg	7,57E-06	7,74E-06
Cobalt-58	Emission to air	low population density	kBq	6,59E-08	6,86E-08
Cobalt-60	Emission to air	low population density	kBq	4,77E-07	4,96E-07
Copper	Emission to air	low population density	kg	3,59E-05	3,18E-05
Cumene	Emission to air	low population density	kg	9,95E-09	1,03E-08
Cyanide	Emission to air	low population density	kg	1,76E-05	1,95E-05
Cyfluthrin	Emission to air	low population density	kg	1,53E-11	2,33E-11
Cyhalothrin, gamma-	Emission to air	low population density	kg	1,75E-10	2,67E-10
Dicamba	Emission to air	low population density	kg	4,91E-11	7,48E-11
Dichlorprop	Emission to air	low population density	kg	6,83E-19	9,24E-19
Diflubenzuron	Emission to air	low population density	kg	8,03E-12	1,23E-11
Dimethenamid	Emission to air	low population density	kg	6,22E-15	6,05E-15
Dinitrogen monoxide	Emission to air	low population density	kg	0,001074	0,001122
Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Emission to air	low population density	kg	6,6E-12	6,5E-12
Esfenvalerate	Emission to air	low population density	kg	9,12E-11	1,39E-10
Ethane	Emission to air	low population density	kg	0,00422	0,004594
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Emission to air	low population density	kg	3,43E-08	3,61E-08
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Emission to air	low population density	kg	3,66E-08	3,8E-08
Ethane, 1,1,1-trifluoro-, HFC-143a	Emission to air	low population density	kg	3,78E-34	4,02E-34
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Emission to air	low population density	kg	3,73E-09	4,27E-09
Ethane, 1,2-dichloro-	Emission to air	low population density	kg	7,29E-08	7,58E-08
Ethane, pentafluoro-, HFC-125	Emission to air	low population density	kg	4,91E-33	5,23E-33
Ethanol	Emission to air	low population density	kg	1,6E-05	1,67E-05
Ethene	Emission to air	low population density	kg	0,000567	0,000584

Ethene, tetrachloro-	Emission to air	low population density	kg	7,84E-08	8,16E-08
Ethephon	Emission to air	low population density	kg	3,71E-19	5,1E-19
Ethyne	Emission to air	low population density	kg	5,31E-08	6,84E-08
Fenoxaprop	Emission to air	low population density	kg	1,19E-10	1,82E-10
Fluazifop-p-butyl	Emission to air	low population density	kg	1,71E-10	2,61E-10
Flufenacet	Emission to air	low population density	kg	6,43E-11	9,8E-11
Flumetsulam	Emission to air	low population density	kg	1,5E-11	2,29E-11
Flumiclorac-pentyl	Emission to air	low population density	kg	2,57E-11	3,92E-11
Flumioxazin	Emission to air	low population density	kg	2,6E-10	3,97E-10
Fluorine	Emission to air	low population density	kg	5,06E-06	3,76E-06
Fomesafen	Emission to air	low population density	kg	9,68E-10	1,48E-09
Formaldehyde	Emission to air	low population density	kg	7,02E-05	7,72E-05
Formic acid	Emission to air	low population density	kg	1,1E-06	1,47E-06
Furan	Emission to air	low population density	kg	4,82E-06	6,43E-06
Glyphosate	Emission to air	low population density	kg	2,13E-07	3,15E-07
Heat, waste	Emission to air	low population density	MJ	0,086128	0,046925
Helium	Emission to air	low population density	kg	5,08E-05	4,91E-05
Hexane	Emission to air	low population density	kg	0,000184	0,000246
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, cyclic	Emission to air	low population density	kg	1,06E-06	1,1E-06
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Emission to air	low population density	kg	0,000118	0,000122
Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Emission to air	low population density	kg	3,97E-05	4,13E-05
Hydrocarbons, aromatic	Emission to air	low population density	kg	3,97E-05	4,1E-05
Hydrocarbons, chlorinated	Emission to air	low population density	kg	3,7E-07	3,85E-07
Hydrocarbons, unspecified	Emission to air	low population density	kg	9,6E-07	1,24E-06
Hydrogen chloride	Emission to air	low population density	kg	0,006219	0,006463
Hydrogen fluoride	Emission to air	low population density	kg	0,000749	0,000779
Hydrogen sulfide	Emission to air	low population density	kg	0,000538	0,000599
Hydrogen-3, Tritium	Emission to air	low population density	kBq	1,570603	1,522105
Imazamox	Emission to air	low population density	kg	3,85E-11	5,87E-11
Imazaquin	Emission to air	low population density	kg	1,23E-10	1,87E-10
Imazethapyr	Emission to air	low population density	kg	2,54E-10	3,87E-10
Iodine	Emission to air	low population density	kg	3,8E-05	3,95E-05
Iodine-129	Emission to air	low population density	kBq	6,01E-05	6,24E-05
Iodine-131	Emission to air	low population density	kBq	0,002079	0,002159
Iodine-133	Emission to air	low population density	kBq	5,03E-06	5,24E-06
Iron	Emission to air	low population density	kg	9,38E-06	9,81E-06
Isoprene	Emission to air	low population density	kg	1,61E-08	2,14E-08
Krypton-85	Emission to air	low population density	kBq	0,028075	0,029175
Krypton-85m	Emission to air	low population density	kBq	0,042533	0,044267
Krypton-87	Emission to air	low population density	kBq	0,006238	0,006493

Krypton-88	Emission to air	low population density	kBq	0,00817	0,008504
Krypton-89	Emission to air	low population density	kBq	0,003418	0,003558
Lactofen	Emission to air	low population density	kg	1,24E-10	1,88E-10
Lambda-cyhalothrin	Emission to air	low population density	kg	1,18E-20	1,62E-20
Lanthanum-140	Emission to air	low population density	kBq	1,61E-07	1,68E-07
Lead	Emission to air	low population density	kg	3,91E-05	3,68E-05
Lead-210	Emission to air	low population density	kBq	0,016106	0,016724
m-Xylene	Emission to air	low population density	kg	1,94E-09	2,02E-09
Magnesium	Emission to air	low population density	kg	2,24E-05	2,34E-05
Manganese	Emission to air	low population density	kg	1,38E-05	1,26E-05
Manganese-54	Emission to air	low population density	kBq	1,5E-08	1,56E-08
MCPA	Emission to air	low population density	kg	2,16E-18	2,95E-18
MCPB	Emission to air	low population density	kg	1,93E-18	2,64E-18
Mercury	Emission to air	low population density	kg	3,38E-05	3,48E-05
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Emission to air	low population density	kg	6,1E-07	6,31E-07
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Emission to air	low population density	kg	1,47E-06	1,4E-06
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Emission to air	low population density	kg	4,14E-06	4,56E-06
Methane, dichloro-, HCC-30	Emission to air	low population density	kg	5,3E-07	5,51E-07
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Emission to air	low population density	kg	1,35E-09	1,4E-09
Methane, fossil	Emission to air	low population density	kg	0,221081	0,23195
Methane, from soil or biomass stock	Emission to air	low population density	kg	6,83E-06	9,11E-06
Methane, monochloro-, R-40	Emission to air	low population density	kg	9,68E-07	1,01E-06
Methane, non-fossil	Emission to air	low population density	kg	0,021603	0,022445
Methanol	Emission to air	low population density	kg	1,55E-05	1,75E-05
Methomyl	Emission to air	low population density	kg	1,27E-18	1,75E-18
Methyl ethyl ketone	Emission to air	low population density	kg	1,68E-09	1,73E-09
Methyl parathion	Emission to air	low population density	kg	9,89E-11	1,51E-10
Metolachlor	Emission to air	low population density	kg	2,02E-09	3,09E-09
Metribuzin	Emission to air	low population density	kg	8,01E-10	1,22E-09
Molybdenum	Emission to air	low population density	kg	3,23E-07	3,37E-07
Nickel	Emission to air	low population density	kg	2,25E-05	2,2E-05
Niobium-95	Emission to air	low population density	kBq	0,005818	0,005972
Nitrate	Emission to air	low population density	kg	5,85E-06	6,34E-06
Nitrogen oxides	Emission to air	low population density	kg	0,134559	0,141269
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Emission to air	low population density	kg	0,037602	0,038776

Noble gases, radioactive, unspecified	Emission to air	low population density	kBq	578,8667	600,2955
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Emission to air	low population density	kg	2,1E-05	2,29E-05
Paraquat	Emission to air	low population density	kg	5,16E-10	7,86E-10
Particulates, < 2.5 um	Emission to air	low population density	kg	0,04812	0,049973
Particulates, > 10 um	Emission to air	low population density	kg	0,077393	0,085796
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	Emission to air	low population density	kg	0,020485	0,022464
Pendimethalin	Emission to air	low population density	kg	5,43E-09	8,28E-09
Pentane	Emission to air	low population density	kg	0,000319	0,000411
Permethrin	Emission to air	low population density	kg	8,07E-11	1,23E-10
Phenol	Emission to air	low population density	kg	1,86E-06	1,97E-06
Phenol, pentachloro-	Emission to air	low population density	kg	2,25E-06	2,62E-06
Phosphoric acid	Emission to air	low population density	kg	6,3E-12	6,57E-12
Phosphorus	Emission to air	low population density	kg	1,17E-07	1,27E-07
Platinum	Emission to air	low population density	kg	1,14E-11	1,79E-11
Plutonium-238	Emission to air	low population density	kBq	8,2E-12	8,51E-12
Plutonium-alpha	Emission to air	low population density	kBq	1,88E-11	1,95E-11
Polonium-210	Emission to air	low population density	kBq	0,028161	0,029247
Polychlorinated biphenyls	Emission to air	low population density	kg	4,88E-09	5,19E-09
Potassium	Emission to air	low population density	kg	2,3E-06	2,44E-06
Potassium-40	Emission to air	low population density	kBq	0,005179	0,005382
Propanal	Emission to air	low population density	kg	1,06E-07	1,14E-07
Propane	Emission to air	low population density	kg	0,000724	0,000835
Propanol	Emission to air	low population density	kg	4,06E-13	4,18E-13
Propene	Emission to air	low population density	kg	3,51E-06	3,81E-06
Propiconazole	Emission to air	low population density	kg	9,48E-11	1,45E-10
Propionic acid	Emission to air	low population density	kg	3,64E-06	4,86E-06
Protactinium-234	Emission to air	low population density	kBq	0,000258	0,000268
Prothioconazol	Emission to air	low population density	kg	3,24E-20	4,46E-20
Pyraclostrobin	Emission to air	low population density	kg	2,23E-10	3,4E-10
Quizalofop-ethyl	Emission to air	low population density	kg	3E-11	4,57E-11
Radioactive species, other beta emitters	Emission to air	low population density	kBq	4,99E-07	5,19E-07
Radium-226	Emission to air	low population density	kBq	0,005841	0,006053
Radium-228	Emission to air	low population density	kBq	0,001358	0,001411
Radon-220	Emission to air	low population density	kBq	0,120274	0,124985
Radon-222	Emission to air	low population density	kBq	69,93787	72,71268
Ruthenium-103	Emission to air	low population density	kBq	3,92E-10	4,08E-10
Scandium	Emission to air	low population density	kg	7,02E-10	7,4E-10
Selenium	Emission to air	low population density	kg	4,62E-06	4,7E-06
Sethoxydim	Emission to air	low population density	kg	6,45E-11	9,83E-11
Silicon	Emission to air	low population density	kg	4,35E-05	4,64E-05

Silicon tetrafluoride	Emission to air	low population density	kg	5,43E-08	5,17E-08
Silver	Emission to air	low population density	kg	3,14E-10	3,53E-10
Silver-110	Emission to air	low population density	kBq	8,66E-09	9,01E-09
Sodium	Emission to air	low population density	kg	2,16E-06	2,35E-06
Strontium	Emission to air	low population density	kg	1,38E-05	1,44E-05
Styrene	Emission to air	low population density	kg	2,31E-05	2,46E-05
Sulfate	Emission to air	low population density	kg	1,75E-06	1,84E-06
Sulfentrazone	Emission to air	low population density	kg	6,17E-10	9,4E-10
Sulfur dioxide	Emission to air	low population density	kg	0,164817	0,165243
Sulfuric acid	Emission to air	low population density	kg	1,68E-07	1,73E-07
Tebuconazole	Emission to air	low population density	kg	8,64E-20	1,19E-19
Tefluthrin	Emission to air	low population density	kg	1,59E-15	1,55E-15
Terpenes	Emission to air	low population density	kg	1,51E-07	2,01E-07
Thallium	Emission to air	low population density	kg	1,05E-09	1,22E-09
Thifensulfuron	Emission to air	low population density	kg	8,79E-12	1,34E-11
Thiodicarb	Emission to air	low population density	kg	3,13E-11	4,78E-11
Thorium	Emission to air	low population density	kg	4,87E-11	5,53E-11
Thorium-228	Emission to air	low population density	kBq	0,000757	0,000787
Thorium-230	Emission to air	low population density	kBq	0,001208	0,00124
Thorium-232	Emission to air	low population density	kBq	0,001123	0,001167
Thorium-234	Emission to air	low population density	kBq	0,000258	0,000268
Tin	Emission to air	low population density	kg	3,8E-06	3,78E-06
Titanium	Emission to air	low population density	kg	8,29E-07	8,82E-07
Toluene	Emission to air	low population density	kg	6,78E-05	7,23E-05
Trifloxystrobin	Emission to air	low population density	kg	5,62E-12	8,58E-12
Trifluralin	Emission to air	low population density	kg	8,88E-09	1,35E-08
Tungsten	Emission to air	low population density	kg	5,74E-11	5,96E-11
Uranium	Emission to air	low population density	kg	3,44E-11	3,93E-11
Uranium alpha	Emission to air	low population density	kBq	0,001292	0,001343
Uranium-234	Emission to air	low population density	kBq	0,00159	0,001636
Uranium-235	Emission to air	low population density	kBq	1,13E-05	1,18E-05
Uranium-238	Emission to air	low population density	kBq	0,00469	0,004858
Vanadium	Emission to air	low population density	kg	4,36E-06	4,64E-06
Water	Emission to air	low population density	m3	0,117028	0,027639
Xenon-131m	Emission to air	low population density	kBq	0,03288	0,034224
Xenon-133	Emission to air	low population density	kBq	2,117336	2,203542
Xenon-133m	Emission to air	low population density	kBq	0,001324	0,001378
Xenon-135	Emission to air	low population density	kBq	0,728714	0,758413
Xenon-135m	Emission to air	low population density	kBq	0,298859	0,311082
Xenon-137	Emission to air	low population density	kBq	0,009349	0,009731
Xenon-138	Emission to air	low population density	kBq	0,069918	0,072779
Xylene	Emission to air	low population density	kg	0,00017	0,000176
Zeta-cypermethrin	Emission to air	low population density	kg	3,7E-11	5,65E-11

Zinc	Emission to air	low population density	kg	7,73E-05	7,41E-05
Zinc-65	Emission to air	low population density	kBq	7,51E-08	7,81E-08
Zirconium	Emission to air	low population density	kg	3,36E-10	3,83E-10
Zirconium-95	Emission to air	low population density	kBq	1,62E-07	1,68E-07
Aluminium	Emission to air	low population density, long-term	kg	8,13E-05	8,47E-05
Ammonia	Emission to air	low population density, long-term	kg	0,000231	2,33E-05
Antimony	Emission to air	low population density, long-term	kg	6,46E-09	6,84E-09
Arsenic	Emission to air	low population density, long-term	kg	3,49E-07	3,63E-07
Barium	Emission to air	low population density, long-term	kg	4,41E-07	4,65E-07
Beryllium	Emission to air	low population density, long-term	kg	8,6E-09	8,98E-09
Boron	Emission to air	low population density, long-term	kg	1,1E-07	1,14E-07
Bromine	Emission to air	low population density, long-term	kg	4,05E-09	5,85E-09
Cadmium	Emission to air	low population density, long-term	kg	1,34E-08	1,59E-08
Calcium	Emission to air	low population density, long-term	kg	3,16E-05	3,3E-05
Carbon dioxide, fossil	Emission to air	low population density, long-term	kg	0,009911	0,00821
Carbon monoxide, fossil	Emission to air	low population density, long-term	kg	0,00073	0,00075
Chlorine	Emission to air	low population density, long-term	kg	8,06E-07	8,39E-07
Chromium	Emission to air	low population density, long-term	kg	7,3E-10	7,67E-10
Chromium VI	Emission to air	low population density, long-term	kg	4,18E-08	4,34E-08
Cobalt	Emission to air	low population density, long-term	kg	1,37E-07	1,43E-07
Copper	Emission to air	low population density, long-term	kg	2,66E-06	2,75E-06
Dinitrogen monoxide	Emission to air	low population density, long-term	kg	3,74E-05	5,32E-06
Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Emission to air	low population density, long-term	kg	2,64E-15	2,71E-15
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Emission to air	low population density, long-term	kg	6,14E-09	6,62E-09
Fluorine	Emission to air	low population density, long-term	kg	3,95E-06	4,11E-06
Heat, waste	Emission to air	low population density, long-term	MJ	1,42E-05	1,43E-05

Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Emission to air	low population density, long-term	kg	4E-10	3,7E-10
Hydrogen chloride	Emission to air	low population density, long-term	kg	6,68E-06	7,34E-06
Hydrogen fluoride	Emission to air	low population density, long-term	kg	2,75E-08	2,93E-08
Hydrogen sulfide	Emission to air	low population density, long-term	kg	4,14E-06	4,35E-06
Iodine	Emission to air	low population density, long-term	kg	6,58E-13	6,98E-13
Iron	Emission to air	low population density, long-term	kg	7,63E-05	7,96E-05
Lead	Emission to air	low population density, long-term	kg	7,25E-07	7,68E-07
Magnesium	Emission to air	low population density, long-term	kg	1,41E-05	1,47E-05
Manganese	Emission to air	low population density, long-term	kg	1,54E-06	1,61E-06
Mercury	Emission to air	low population density, long-term	kg	4,96E-09	5,19E-09
Methane, fossil	Emission to air	low population density, long-term	kg	1,1E-07	1,13E-07
Molybdenum	Emission to air	low population density, long-term	kg	1,14E-07	1,18E-07
Nickel	Emission to air	low population density, long-term	kg	2,43E-06	2,5E-06
Nitrate	Emission to air	low population density, long-term	kg	7,23E-06	8,29E-06
Nitrogen oxides	Emission to air	low population density, long-term	kg	9,63E-05	4,49E-05
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Emission to air	low population density, long-term	kg	5,32E-06	5,47E-06
Paraffins	Emission to air	low population density, long-term	kg	3,2E-09	3,28E-09
Particulates, < 2.5 um	Emission to air	low population density, long-term	kg	0,000223	0,000239
Particulates, > 10 um	Emission to air	low population density, long-term	kg	0,000558	0,000598
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	Emission to air	low population density, long-term	kg	0,000376	0,000402
Phosphorus	Emission to air	low population density, long-term	kg	1,26E-07	1,32E-07
Platinum	Emission to air	low population density, long-term	kg	7,6E-11	7,81E-11
Potassium	Emission to air	low population density, long-term	kg	1,18E-05	1,23E-05

Radium-226	Emission to air	low population density, long-term	kBq	1,14E-05	1,13E-05
Radon-222	Emission to air	low population density, long-term	kBq	2478,994	2578,125
Scandium	Emission to air	low population density, long-term	kg	2,32E-07	2,41E-07
Selenium	Emission to air	low population density, long-term	kg	3,28E-08	3,41E-08
Silicon	Emission to air	low population density, long-term	kg	1,49E-05	1,55E-05
Silver	Emission to air	low population density, long-term	kg	1,06E-08	1,11E-08
Sodium	Emission to air	low population density, long-term	kg	4,76E-06	5,03E-06
Strontium	Emission to air	low population density, long-term	kg	2,63E-07	2,77E-07
Sulfate	Emission to air	low population density, long-term	kg	6,21E-05	6,48E-05
Sulfur dioxide	Emission to air	low population density, long-term	kg	0,000152	0,000143
Sulfuric acid	Emission to air	low population density, long-term	kg	4,16E-11	4,07E-11
Thallium	Emission to air	low population density, long-term	kg	7,28E-10	7,89E-10
Thorium	Emission to air	low population density, long-term	kg	4,86E-09	4,99E-09
Thorium-232	Emission to air	low population density, long-term	kBq	5,79E-05	5,71E-05
Tin	Emission to air	low population density, long-term	kg	3,28E-08	3,5E-08
Titanium	Emission to air	low population density, long-term	kg	4,34E-06	4,54E-06
Tungsten	Emission to air	low population density, long-term	kg	2,62E-08	2,72E-08
Uranium	Emission to air	low population density, long-term	kg	4,86E-11	4,99E-11
Uranium-238	Emission to air	low population density, long-term	kBq	1,53E-07	1,51E-07
Vanadium	Emission to air	low population density, long-term	kg	4,22E-07	4,41E-07
Water	Emission to air	low population density, long-term	m3	0,014414	0,001515
Zinc	Emission to air	low population density, long-term	kg	7,46E-07	7,96E-07
Cadmium	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	3,74E-13	2E-13
Carbon dioxide, fossil	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	0,000117	6,25E-05

Carbon monoxide, fossil	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	8,84E-08	4,74E-08
Chromium	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	1,87E-12	1E-12
Copper	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	6,36E-11	3,41E-11
Lead	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	7,48E-10	4,01E-10
Mercury	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	2,62E-15	1,4E-15
Nickel	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	2,62E-12	1,4E-12
Nitrogen oxides	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	2,48E-05	2,52E-05
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	6,87E-09	3,68E-09
Particulates, < 2.5 um	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	6,31E-09	3,38E-09
Selenium	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	3,74E-13	2E-13
Sulfur dioxide	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	3,14E-08	1,68E-08
Water	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	m3	2,86E-10	1,53E-10
Zinc	Emission to air	lower stratosphere + upper troposphere	kg	3,74E-10	2E-10
2,2,4-Trimethyl pentane	Emission to air	unspecified	kg	1,11E-09	2,65E-10
2-Propanol	Emission to air	unspecified	kg	4,32E-05	4,47E-05
Acenaphthene	Emission to air	unspecified	kg	9,92E-10	9,25E-10
Acenaphthylene	Emission to air	unspecified	kg	2,18E-10	1,75E-10
Acetaldehyde	Emission to air	unspecified	kg	1,34E-05	1,52E-05
Acetic acid	Emission to air	unspecified	kg	3,08E-05	3,19E-05
Acetone	Emission to air	unspecified	kg	2,6E-06	2,83E-06
Acrolein	Emission to air	unspecified	kg	2,53E-06	2,78E-06
Aldehydes, unspecified	Emission to air	unspecified	kg	1,19E-07	1,25E-07
Aluminium	Emission to air	unspecified	kg	0,685588	0,705283
Ammonia	Emission to air	unspecified	kg	0,268551	0,27628
Anthracene	Emission to air	unspecified	kg	4,47E-13	1,09E-13
Antimony	Emission to air	unspecified	kg	2,77E-05	3,04E-05
Argon-40	Emission to air	unspecified	kg	3,76E-05	3,92E-05
Arsenic	Emission to air	unspecified	kg	1,07E-06	1,01E-06
Barium	Emission to air	unspecified	kg	1,06E-05	1,17E-05
Benz(a)anthracene	Emission to air	unspecified	kg	3,27E-12	3,16E-12
Benzal chloride	Emission to air	unspecified	kg	2E-12	2,11E-12
Benzaldehyde	Emission to air	unspecified	kg	1,94E-06	2,14E-06

Benzene	Emission to air	unspecified	kg	0,000215	0,000216
Benzene, ethyl-	Emission to air	unspecified	kg	4,08E-06	4,32E-06
Benzene, hexachloro-	Emission to air	unspecified	kg	4,71E-09	4,9E-09
Benzo(a)pyrene	Emission to air	unspecified	kg	1,06E-06	1,09E-06
Benzo(b)fluoranthene	Emission to air	unspecified	kg	3,5E-12	3,65E-12
Benzo(ghi)perylene	Emission to air	unspecified	kg	3,82E-13	2,65E-13
Benzo(k)fluoranthene	Emission to air	unspecified	kg	2,53E-12	2,64E-12
Beryllium	Emission to air	unspecified	kg	1,31E-08	1,27E-08
Boron	Emission to air	unspecified	kg	2,37E-07	2,52E-07
Bromine	Emission to air	unspecified	kg	2,17E-07	2,38E-07
Butadiene	Emission to air	unspecified	kg	2,87E-09	6,86E-10
Butane	Emission to air	unspecified	kg	2,52E-07	2,75E-07
Cadmium	Emission to air	unspecified	kg	1,38E-06	1,35E-06
Calcium	Emission to air	unspecified	kg	5,39E-06	6,41E-06
Carbon dioxide, fossil	Emission to air	unspecified	kg	70,11073	71,94692
Carbon dioxide, from soil or biomass stock	Emission to air	unspecified	kg	0,001291	0,001331
Carbon dioxide, non-fossil	Emission to air	unspecified	kg	0,082348	0,097988
Carbon disulfide	Emission to air	unspecified	kg	3,7E-13	3,91E-13
Carbon monoxide, fossil	Emission to air	unspecified	kg	0,635073	0,660154
Carbon monoxide, non-fossil	Emission to air	unspecified	kg	0,000123	0,000153
Carbonyl sulfide	Emission to air	unspecified	kg	8,25E-06	1,14E-05
Chlorine	Emission to air	unspecified	kg	5,17E-06	6,65E-06
Chloroform	Emission to air	unspecified	kg	1,42E-08	1,46E-08
Chlorosulfonic acid	Emission to air	unspecified	kg	3,97E-12	4,29E-12
Chromium	Emission to air	unspecified	kg	2,38E-05	2,07E-05
Chromium VI	Emission to air	unspecified	kg	4,39E-09	4,54E-09
Chrysene	Emission to air	unspecified	kg	2,26E-12	8,19E-13
Cobalt	Emission to air	unspecified	kg	2,3E-06	2,15E-06
Copper	Emission to air	unspecified	kg	5,5E-05	5,71E-05
Cumene	Emission to air	unspecified	kg	1,51E-14	1,6E-14
Cyanide	Emission to air	unspecified	kg	2,44E-09	2,52E-09
Dibenz(a,h)anthracene	Emission to air	unspecified	kg	1,47E-12	1,73E-12
Dimethyl carbonate	Emission to air	unspecified	kg	9,84E-08	1,11E-07
Dimethyl ether	Emission to air	unspecified	kg	5,77E-09	7,25E-09
Dinitrogen monoxide	Emission to air	unspecified	kg	0,003032	0,003098
Dinitrogen tetroxide	Emission to air	unspecified	kg	1,69E-09	1,75E-09
Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Emission to air	unspecified	kg	3,61E-11	3,73E-11
Ethane	Emission to air	unspecified	kg	1,05E-07	1,26E-07
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Emission to air	unspecified	kg	2,3E-07	3,05E-07
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Emission to air	unspecified	kg	3,11E-13	3,29E-13

Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Emission to air	unspecified	kg	1,16E-08	1,2E-08
Ethane, 1,2-dichloro-	Emission to air	unspecified	kg	4,48E-07	4,61E-07
Ethane, 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	Emission to air	unspecified	kg	1,16E-08	1,2E-08
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Emission to air	unspecified	kg	1,45E-06	1,5E-06
Ethanol	Emission to air	unspecified	kg	2,8E-10	2,94E-10
Ethene	Emission to air	unspecified	kg	3,07E-05	4,54E-05
Ethene, chloro-	Emission to air	unspecified	kg	3,16E-07	3,24E-07
Ethene, tetrachloro-	Emission to air	unspecified	kg	2,47E-10	2,61E-10
Ethene, trichloro-	Emission to air	unspecified	kg	4,7E-09	4,83E-09
Ethylene	Emission to air	unspecified	kg	5,7E-05	5,88E-05
Ethylene oxide	Emission to air	unspecified	kg	5,89E-09	6,62E-09
Ethyne	Emission to air	unspecified	kg	1,85E-05	1,89E-05
Fluoranthene	Emission to air	unspecified	kg	4,17E-11	3,26E-11
Fluorene	Emission to air	unspecified	kg	1,26E-10	5,1E-11
Fluorine	Emission to air	unspecified	kg	1,57E-07	1,6E-07
Formaldehyde	Emission to air	unspecified	kg	6,8E-05	6,99E-05
Furan	Emission to air	unspecified	kg	2,42E-14	2,56E-14
Heat, waste	Emission to air	unspecified	MJ	15,35611	13,91125
Helium	Emission to air	unspecified	kg	3,01E-07	3,15E-07
Heptane	Emission to air	unspecified	kg	4,26E-07	4,68E-07
Hexane	Emission to air	unspecified	kg	2,46E-09	5,87E-10
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Emission to air	unspecified	kg	6,72E-05	9,68E-05
Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Emission to air	unspecified	kg	1,51E-06	1,92E-06
Hydrocarbons, aromatic	Emission to air	unspecified	kg	0,00032	0,000459
Hydrocarbons, chlorinated	Emission to air	unspecified	kg	9,44E-07	9,95E-07
Hydrochloric acid	Emission to air	unspecified	kg	5,29E-10	5,54E-10
Hydrogen	Emission to air	unspecified	kg	0,001104	0,000914
Hydrogen chloride	Emission to air	unspecified	kg	0,000268	0,000281
Hydrogen fluoride	Emission to air	unspecified	kg	0,000212	0,000219
Hydrogen sulfide	Emission to air	unspecified	kg	2,1E-05	2,45E-05
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	Emission to air	unspecified	kg	6,59E-13	6,98E-13
Iodine	Emission to air	unspecified	kg	8,56E-08	9,13E-08
Iron	Emission to air	unspecified	kg	0,000134	0,000155
Isoprene	Emission to air	unspecified	kg	3,24E-13	3,42E-13
Lead	Emission to air	unspecified	kg	1,19E-05	1,2E-05
Lead-210	Emission to air	unspecified	kBq	3,57E-05	3,81E-05
m-Xylene	Emission to air	unspecified	kg	1,45E-06	1,6E-06
Magnesium	Emission to air	unspecified	kg	2,51E-07	3,03E-07
Manganese	Emission to air	unspecified	kg	4,2E-06	4,58E-06
Mercury	Emission to air	unspecified	kg	3,42E-07	3,52E-07

Methane, bromo-, Halon 1001	Emission to air	unspecified	kg	5,97E-10	1,82E-09
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Emission to air	unspecified	kg	6,07E-22	6,45E-22
Methane, dichloro-, HCC-30	Emission to air	unspecified	kg	2,64E-08	3,1E-08
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Emission to air	unspecified	kg	3,03E-13	3,21E-13
Methane, fossil	Emission to air	unspecified	kg	0,018463	0,024396
Methane, non-fossil	Emission to air	unspecified	kg	2,24E-06	2,47E-06
Methane, tetrachloro-, R-10	Emission to air	unspecified	kg	7,65E-09	7,88E-09
Methane, tetrafluoro-, R-14	Emission to air	unspecified	kg	2,54E-05	2,62E-05
Methanol	Emission to air	unspecified	kg	1,71E-05	1,76E-05
Methyl acetate	Emission to air	unspecified	kg	3,2E-10	9,76E-10
Methyl formate	Emission to air	unspecified	kg	2,49E-12	7,59E-12
Methylamine	Emission to air	unspecified	kg	6E-11	6,36E-11
Molybdenum	Emission to air	unspecified	kg	2,92E-06	3,2E-06
Monochloroethane	Emission to air	unspecified	kg	1,18E-08	1,22E-08
Naphtalene	Emission to air	unspecified	kg	5,52E-10	5,59E-10
Naphthalene	Emission to air	unspecified	kg	4,78E-10	1,16E-10
Nickel	Emission to air	unspecified	kg	4,9E-05	4,61E-05
Nitrate	Emission to air	unspecified	kg	1,2E-06	1,32E-06
Nitric oxide	Emission to air	unspecified	kg	1,17E-08	1,21E-08
Nitrogen	Emission to air	unspecified	kg	0,006387	0,006674
Nitrogen oxides	Emission to air	unspecified	kg	2,364454	2,433393
NMVOOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Emission to air	unspecified	kg	0,381619	0,392038
o-Xylene	Emission to air	unspecified	kg	5,68E-07	6,24E-07
Ozone	Emission to air	unspecified	kg	0,000247	0,000256
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Emission to air	unspecified	kg	7,98E-05	8,22E-05
Palladium	Emission to air	unspecified	kg	9,57E-09	8,87E-09
Particulates, < 2.5 um	Emission to air	unspecified	kg	0,10411	0,107172
Particulates, > 10 um	Emission to air	unspecified	kg	0,020493	0,020858
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	Emission to air	unspecified	kg	0,006547	0,006772
Pentane	Emission to air	unspecified	kg	1,85E-07	1,99E-07
Phenanthrene	Emission to air	unspecified	kg	6,07E-10	4,61E-10
Phenol	Emission to air	unspecified	kg	1,13E-07	1,19E-07
Phenol, 2,4-dichloro	Emission to air	unspecified	kg	1,94E-11	2,1E-11
Phenol, pentachloro-	Emission to air	unspecified	kg	4,38E-09	4,46E-09
Phosgene	Emission to air	unspecified	kg	5,81E-08	6,17E-08
Phosphorus	Emission to air	unspecified	kg	1,4E-07	1,79E-07
Platinum	Emission to air	unspecified	kg	9,56E-09	8,86E-09
Polonium-210	Emission to air	unspecified	kBq	6,53E-05	6,96E-05

Polychlorinated biphenyls	Emission to air	unspecified	kg	2,33E-09	2,47E-09
Potassium	Emission to air	unspecified	kg	1,12E-05	1,43E-05
Potassium-40	Emission to air	unspecified	kBq	8,8E-06	9,38E-06
Propanal	Emission to air	unspecified	kg	1,82E-08	4,35E-09
Propane	Emission to air	unspecified	kg	1,91E-07	2,07E-07
Propene	Emission to air	unspecified	kg	6,75E-07	9,92E-07
Propionic acid	Emission to air	unspecified	kg	9,53E-10	9,95E-10
Pyrene	Emission to air	unspecified	kg	2,06E-11	2,14E-11
Radioactive species, other beta emitters	Emission to air	unspecified	kBq	6,37E-13	6,65E-13
Radium-226	Emission to air	unspecified	kBq	9,22E-06	9,83E-06
Radium-228	Emission to air	unspecified	kBq	2,83E-06	3,02E-06
Radon-220	Emission to air	unspecified	kBq	0,000191	0,000203
Radon-222	Emission to air	unspecified	kBq	0,000107	0,000114
Rhodium	Emission to air	unspecified	kg	9,56E-09	8,86E-09
Scandium	Emission to air	unspecified	kg	3,58E-12	3,74E-12
Selenium	Emission to air	unspecified	kg	1,29E-06	1,25E-06
Silicon	Emission to air	unspecified	kg	1,97E-05	2,17E-05
Silver	Emission to air	unspecified	kg	1E-10	1,2E-10
Sodium	Emission to air	unspecified	kg	3,05E-06	3,47E-06
Strontium	Emission to air	unspecified	kg	1,82E-07	1,99E-07
Styrene	Emission to air	unspecified	kg	7,96E-07	8,74E-07
Sulfate	Emission to air	unspecified	kg	1,04E-05	1,15E-05
Sulfur dioxide	Emission to air	unspecified	kg	0,057082	0,057258
Sulfur hexafluoride	Emission to air	unspecified	kg	7,59E-06	7,88E-06
Sulfur oxides	Emission to air	unspecified	kg	0,000113	0,000115
Sulfur trioxide	Emission to air	unspecified	kg	1,24E-05	1,02E-05
Sulfuric acid	Emission to air	unspecified	kg	1,37E-06	1,37E-06
Tellurium	Emission to air	unspecified	kg	1,35E-08	1,26E-08
Thallium	Emission to air	unspecified	kg	3,1E-07	2,91E-07
Thorium	Emission to air	unspecified	kg	1,11E-11	1,16E-11
Thorium-228	Emission to air	unspecified	kBq	1,49E-06	1,59E-06
Thorium-232	Emission to air	unspecified	kBq	2,31E-06	2,47E-06
Tin	Emission to air	unspecified	kg	6,26E-06	4,64E-06
Titanium	Emission to air	unspecified	kg	1,18E-06	1,3E-06
Toluene	Emission to air	unspecified	kg	0,000179	0,00018
Trichloroethylene	Emission to air	unspecified	kg	3,55E-08	3,69E-08
Uranium	Emission to air	unspecified	kg	1,75E-11	1,83E-11
Uranium-238	Emission to air	unspecified	kBq	7,69E-06	8,19E-06
Vanadium	Emission to air	unspecified	kg	9,8E-05	9,11E-05
VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	Emission to air	unspecified	kg	5,25E-05	5,83E-05
Water	Emission to air	unspecified	m3	1,953252	4,469282

Xylene	Emission to air	unspecified	kg	0,000204	0,000202
Zinc	Emission to air	unspecified	kg	4,06E-05	4,2E-05
2,4-D	Emission to soil	agricultural	kg	3,63E-07	5,24E-07
2,4-D amines	Emission to soil	agricultural	kg	1,17E-16	1,59E-16
2,4-D ester	Emission to soil	agricultural	kg	1,07E-16	1,46E-16
2,4-DB	Emission to soil	agricultural	kg	2,9E-17	3,67E-17
Abamectin	Emission to soil	agricultural	kg	5,94E-08	6E-09
Acephate	Emission to soil	agricultural	kg	4,9E-06	6,4E-07
Acetamide	Emission to soil	agricultural	kg	6,17E-11	6,22E-11
Acetamiprid	Emission to soil	agricultural	kg	3,37E-07	3,4E-08
Acetochlor	Emission to soil	agricultural	kg	1,46E-08	1,45E-08
Acifluorfen	Emission to soil	agricultural	kg	3,75E-12	5,72E-12
Aclonifen	Emission to soil	agricultural	kg	4,12E-13	6,29E-13
Acrinathrin	Emission to soil	agricultural	kg	8,92E-22	9,48E-22
Alachlor	Emission to soil	agricultural	kg	2,91E-10	3,12E-10
Aldicarb	Emission to soil	agricultural	kg	7,37E-07	5,93E-07
Aldrin	Emission to soil	agricultural	kg	3,11E-10	3,31E-10
Alpha-cypermethrin	Emission to soil	agricultural	kg	3,42E-10	3,4E-10
Aluminium	Emission to soil	agricultural	kg	0,0002	0,000213
Ametryn	Emission to soil	agricultural	kg	4,05E-10	5,57E-10
Amidosulfuron	Emission to soil	agricultural	kg	7,85E-13	1,04E-12
Anthraquinone	Emission to soil	agricultural	kg	1,43E-12	1,96E-12
Antimony	Emission to soil	agricultural	kg	6,5E-11	6,82E-11
Arsenic	Emission to soil	agricultural	kg	5,65E-08	6,04E-08
Asulam	Emission to soil	agricultural	kg	8,85E-16	9,42E-16
Atrazine	Emission to soil	agricultural	kg	2E-07	2,07E-07
Azadirachtin	Emission to soil	agricultural	kg	5,45E-06	5,49E-07
Azinphos-methyl	Emission to soil	agricultural	kg	3,95E-08	5,35E-08
Azoxystrobin	Emission to soil	agricultural	kg	2,56E-07	3,01E-07
Barium	Emission to soil	agricultural	kg	1,87E-08	1,93E-08
Benomyl	Emission to soil	agricultural	kg	1,92E-10	1,98E-10
Bensulfuron methyl ester	Emission to soil	agricultural	kg	2,02E-12	2,78E-12
Bentazone	Emission to soil	agricultural	kg	1,65E-10	2,46E-10
Bifenox	Emission to soil	agricultural	kg	9,53E-13	1,31E-12
Bifenthrin	Emission to soil	agricultural	kg	7,9E-08	8,92E-09
Bitertanol	Emission to soil	agricultural	kg	2,13E-14	2,93E-14
Boron	Emission to soil	agricultural	kg	4,98E-09	5,15E-09
Boscalid	Emission to soil	agricultural	kg	2,54E-20	2,7E-20
Bromoxynil	Emission to soil	agricultural	kg	1,43E-09	1,42E-09
Bromuconazole	Emission to soil	agricultural	kg	6,44E-14	8,85E-14
Buprofezin	Emission to soil	agricultural	kg	1,07E-13	1,47E-13
Cadmium	Emission to soil	agricultural	kg	1,92E-07	1,97E-07
Calcium	Emission to soil	agricultural	kg	0,00198	0,002126

Captan	Emission to soil	agricultural	kg	5,11E-13	7,03E-13
Carbaryl	Emission to soil	agricultural	kg	6,09E-09	8,25E-09
Carbendazim	Emission to soil	agricultural	kg	9,72E-08	1,48E-07
Carbetamide	Emission to soil	agricultural	kg	1,64E-09	1,7E-09
Carbofuran	Emission to soil	agricultural	kg	1,73E-07	2,01E-07
Carbon	Emission to soil	agricultural	kg	0,000962	0,001006
Carbon dioxide, to soil or biomass stock	Emission to soil	agricultural	kg	0,00815	0,008478
Carbosulfan	Emission to soil	agricultural	kg	7,6E-12	1,04E-11
Carfentrazone ethyl ester	Emission to soil	agricultural	kg	1,96E-14	2,69E-14
Carfentrazone-ethyl	Emission to soil	agricultural	kg	7,44E-08	7,52E-09
Chloridazon	Emission to soil	agricultural	kg	5,75E-12	7,9E-12
Chloride	Emission to soil	agricultural	kg	1,95E-05	2,1E-05
Chlorimuron-ethyl	Emission to soil	agricultural	kg	2,57E-09	3,92E-09
Chlormequat	Emission to soil	agricultural	kg	5,94E-10	7,93E-10
Chloropicrin	Emission to soil	agricultural	kg	9,51E-18	1,01E-17
Chlorothalonil	Emission to soil	agricultural	kg	1,1E-05	1,49E-05
Chlorotoluron	Emission to soil	agricultural	kg	2,51E-11	3,35E-11
Chlorpyrifos	Emission to soil	agricultural	kg	8,34E-06	8,48E-07
Chlorpyrifos methyl	Emission to soil	agricultural	kg	1,02E-07	1,56E-07
Chlorsulfuron	Emission to soil	agricultural	kg	8,88E-14	1,22E-13
Choline chloride	Emission to soil	agricultural	kg	1,22E-11	1,68E-11
Chromium	Emission to soil	agricultural	kg	6,02E-06	2,68E-06
Cinidon-ethyl	Emission to soil	agricultural	kg	9,52E-13	1,26E-12
Clethodim	Emission to soil	agricultural	kg	1,29E-09	1,88E-09
Clodinafop-propargyl	Emission to soil	agricultural	kg	1,35E-12	1,86E-12
Clomazone	Emission to soil	agricultural	kg	1,65E-10	2,24E-10
Clopyralid	Emission to soil	agricultural	kg	4,01E-12	5,44E-12
Cloquintocet-mexyl	Emission to soil	agricultural	kg	3,17E-13	4,36E-13
Cloransulam-methyl	Emission to soil	agricultural	kg	2,32E-10	3,54E-10
Clothianidin	Emission to soil	agricultural	kg	6,31E-12	6,71E-12
Cobalt	Emission to soil	agricultural	kg	1,5E-07	1,6E-07
Copper	Emission to soil	agricultural	kg	2,28E-06	3,01E-06
Cyfluthrin	Emission to soil	agricultural	kg	4,19E-08	3,95E-08
Cyhalothrin, gamma-	Emission to soil	agricultural	kg	7,51E-12	1,14E-11
Cymoxanil	Emission to soil	agricultural	kg	1,82E-08	2,47E-08
Cypermethrin	Emission to soil	agricultural	kg	5,64E-07	1,04E-07
Cyproconazole	Emission to soil	agricultural	kg	1,22E-08	1,79E-08
Cyprodinil	Emission to soil	agricultural	kg	1,96E-10	2,06E-10
Deltamethrin	Emission to soil	agricultural	kg	5,93E-12	8,02E-12
Desmedipham	Emission to soil	agricultural	kg	2,17E-11	2,1E-11
Diafenthiuron	Emission to soil	agricultural	kg	2,51E-09	2,54E-10
Diazinon	Emission to soil	agricultural	kg	1,5E-07	2,03E-07

Dicamba	Emission to soil	agricultural	kg	6,7E-08	6,87E-09
Dichlorprop	Emission to soil	agricultural	kg	1,07E-16	1,47E-16
Dichlorprop-P	Emission to soil	agricultural	kg	1,01E-05	1,37E-05
Dichlorvos	Emission to soil	agricultural	kg	3,91E-13	5,37E-13
Diclofop	Emission to soil	agricultural	kg	1,94E-12	2,67E-12
Diclofop-methyl	Emission to soil	agricultural	kg	2,2E-12	3,02E-12
Difenoconazole	Emission to soil	agricultural	kg	4,54E-09	5,26E-09
Diflubenzuron	Emission to soil	agricultural	kg	1,18E-07	1,8E-07
Diflufenican	Emission to soil	agricultural	kg	3,67E-11	4,89E-11
Diflufenzopyr-sodium	Emission to soil	agricultural	kg	1,1E-11	1,07E-11
Dimethachlor	Emission to soil	agricultural	kg	3,29E-10	4,44E-10
Dimethenamid	Emission to soil	agricultural	kg	2,88E-10	2,8E-10
Dimethoate	Emission to soil	agricultural	kg	1,04E-07	1,4E-07
Dimethomorph	Emission to soil	agricultural	kg	3,91E-09	5,3E-09
Diquat	Emission to soil	agricultural	kg	1,87E-06	2,53E-06
Dithianon	Emission to soil	agricultural	kg	7,85E-12	1,04E-11
Diuron	Emission to soil	agricultural	kg	1,61E-06	1,79E-07
Endosulfan	Emission to soil	agricultural	kg	1,76E-07	2,46E-07
Endothall	Emission to soil	agricultural	kg	1,25E-09	1,7E-09
Epoxiconazole	Emission to soil	agricultural	kg	3,91E-09	5,96E-09
EPTC	Emission to soil	agricultural	kg	1,62E-06	2,19E-06
Esfenvalerate	Emission to soil	agricultural	kg	2,22E-08	3E-08
Ethalfuralin	Emission to soil	agricultural	kg	1,1E-10	1,48E-10
Ethephon	Emission to soil	agricultural	kg	3,75E-10	4,98E-10
Ethofumesate	Emission to soil	agricultural	kg	1,37E-10	1,34E-10
Ethoprop	Emission to soil	agricultural	kg	3,75E-07	5,08E-07
Fenbuconazole	Emission to soil	agricultural	kg	2,05E-12	2,73E-12
Fenoxaprop	Emission to soil	agricultural	kg	4,63E-10	7,06E-10
Fenoxaprop ethyl ester	Emission to soil	agricultural	kg	1,62E-13	2,22E-13
Fenoxaprop-P ethyl ester	Emission to soil	agricultural	kg	7,28E-12	7,06E-12
Fenpiclonil	Emission to soil	agricultural	kg	2,56E-07	3,46E-07
Fenpropidin	Emission to soil	agricultural	kg	8,05E-11	9,15E-11
Fenpropimorph	Emission to soil	agricultural	kg	1,07E-10	1,29E-10
Fentin hydroxide	Emission to soil	agricultural	kg	6,49E-08	8,8E-08
Fipronil	Emission to soil	agricultural	kg	9,08E-08	9,93E-08
Florasulam	Emission to soil	agricultural	kg	6,04E-15	8,3E-15
Fluazifop-P-butyl	Emission to soil	agricultural	kg	2,41E-10	3,54E-10
Flucarbazone sodium salt	Emission to soil	agricultural	kg	5,55E-15	7,63E-15
Fludioxonil	Emission to soil	agricultural	kg	6,68E-10	1,07E-10
Flufenacet	Emission to soil	agricultural	kg	3,33E-12	4,99E-12
Flumetsulam	Emission to soil	agricultural	kg	1,99E-11	1,97E-11
Flumiclorac-pentyl	Emission to soil	agricultural	kg	1,1E-12	1,68E-12
Flumioxazin	Emission to soil	agricultural	kg	1,23E-07	5,83E-08

MCPB	Emission to soil -	agricultural	kg	6,83E-14	7,27E-14
Mecoprop	Emission to soil	agricultural	kg	5,07E-12	6,97E-12
Mecoprop-P	Emission to soil	agricultural	kg	2,63E-11	3,53E-11
Mefenpyr	Emission to soil	agricultural	kg	6,8E-13	9,19E-13
Mefenpyr-diethyl	Emission to soil	agricultural	kg	1,22E-16	1,67E-16
Mepiquat chloride	Emission to soil	agricultural	kg	1,88E-09	1,9E-10
Mercury	Emission to soil	agricultural	kg	8,18E-09	9,77E-09
Mesosulfuron-methyl (prop)	Emission to soil	agricultural	kg	2,97E-14	4,08E-14
Mesotrione	Emission to soil	agricultural	kg	7,98E-10	7,92E-10
Metalaxil	Emission to soil	agricultural	kg	1,29E-06	3,95E-07
Metaldehyde	Emission to soil	agricultural	kg	1,09E-09	1,2E-09
Metam-sodium	Emission to soil	agricultural	kg	6,68E-05	9,05E-05
Metamitron	Emission to soil	agricultural	kg	6,12E-10	5,93E-10
Metazachlor	Emission to soil	agricultural	kg	7,75E-10	1,05E-09
Metconazole	Emission to soil	agricultural	kg	3,5E-11	4,73E-11
Methomyl	Emission to soil	agricultural	kg	4E-18	5,5E-18
Methyl parathion	Emission to soil	agricultural	kg	4,24E-12	6,47E-12
Metiram	Emission to soil	agricultural	kg	2,79E-07	3,78E-07
Metolachlor	Emission to soil	agricultural	kg	1,56E-06	7,64E-07
Metosulam	Emission to soil	agricultural	kg	1,7E-14	2,33E-14
Metribuzin	Emission to soil	agricultural	kg	9,33E-07	1,26E-06
Metsulfuron-methyl	Emission to soil	agricultural	kg	1,64E-09	2,05E-09
Mineral oil	Emission to soil	agricultural	kg	3E-07	4,46E-07
Molinate	Emission to soil	agricultural	kg	1,72E-10	2,36E-10
Molybdenum	Emission to soil	agricultural	kg	4,76E-08	5,11E-08
Monocrotophos	Emission to soil	agricultural	kg	1,43E-08	2,18E-08
Myclobutanil	Emission to soil	agricultural	kg	6,71E-09	6,78E-10
Napropamide	Emission to soil	agricultural	kg	1,45E-09	1,63E-09
Nickel	Emission to soil	agricultural	kg	-2,2E-07	7,05E-07
Nicosulfuron	Emission to soil	agricultural	kg	5,38E-10	5,6E-10
Novaluron	Emission to soil	agricultural	kg	9,03E-09	9,12E-10
Orbencarb	Emission to soil	agricultural	kg	1,48E-06	2E-06
Oxamyl	Emission to soil	agricultural	kg	5,06E-07	4,45E-07
Oxydemeton-methyl	Emission to soil	agricultural	kg	8,32E-12	1,11E-11
Oxyfluorfen	Emission to soil	agricultural	kg	4,18E-08	4,23E-09
Paraquat	Emission to soil	agricultural	kg	5,27E-08	7,65E-08
Parathion	Emission to soil	agricultural	kg	3E-11	4,09E-11
Pendimethalin	Emission to soil	agricultural	kg	1,72E-06	7,11E-07
Permethrin	Emission to soil	agricultural	kg	1,3E-08	1,77E-08
Pesticides, unspecified	Emission to soil	agricultural	kg	5,78E-07	6,08E-07
Phenmedipham	Emission to soil	agricultural	kg	7,32E-11	7,09E-11
Phorate	Emission to soil	agricultural	kg	6,78E-07	9,19E-07
Phosmet	Emission to soil	agricultural	kg	7,47E-08	1,01E-07

Phosphorus	Emission to soil	agricultural	kg	5,97E-05	6,45E-05
Picloram	Emission to soil	agricultural	kg	1,11E-14	1,53E-14
Picoxystrobin	Emission to soil	agricultural	kg	1,14E-08	1,73E-08
Piperonyl butoxide	Emission to soil	agricultural	kg	2,23E-09	3,02E-09
Pirimicarb	Emission to soil	agricultural	kg	1,37E-10	1,41E-10
Potassium	Emission to soil	agricultural	kg	0,000332	0,000358
Primisulfuron	Emission to soil	agricultural	kg	6,87E-12	6,67E-12
Prochloraz	Emission to soil	agricultural	kg	1,97E-11	2,62E-11
Procymidone	Emission to soil	agricultural	kg	5,25E-11	7,1E-11
Profenofos	Emission to soil	agricultural	kg	5,76E-06	5,83E-07
Prohexadione-calcium	Emission to soil	agricultural	kg	6,69E-15	9,19E-15
Propamocarb HCl	Emission to soil	agricultural	kg	3,26E-09	4,41E-09
Propanil	Emission to soil	agricultural	kg	4,46E-10	6,13E-10
Propargite	Emission to soil	agricultural	kg	2,18E-07	2,95E-07
Propiconazole	Emission to soil	agricultural	kg	1,69E-11	2,34E-11
Propoxycarbazone-sodium (prop)	Emission to soil	agricultural	kg	3,71E-14	5,1E-14
Prosulfuron	Emission to soil	agricultural	kg	1,25E-12	1,22E-12
Prothioconazol	Emission to soil	agricultural	kg	1,37E-08	2,09E-08
Pymetrozine	Emission to soil	agricultural	kg	2,08E-08	2,82E-08
Pyraclostrobin (prop)	Emission to soil	agricultural	kg	1,5E-08	2,11E-08
Pyraflufen-ethyl	Emission to soil	agricultural	kg	5,19E-06	5,25E-07
Quinclorac	Emission to soil	agricultural	kg	7,44E-12	1,02E-11
Quinmerac	Emission to soil	agricultural	kg	9,17E-34	9,76E-34
Quinoxyfen	Emission to soil	agricultural	kg	3,24E-13	4,46E-13
Quintozene	Emission to soil	agricultural	kg	4,07E-07	5,52E-07
Quizalofop ethyl ester	Emission to soil	agricultural	kg	8E-12	1,1E-11
Quizalofop-P	Emission to soil	agricultural	kg	7,55E-12	1,02E-11
Quizalofop-p-ethyl	Emission to soil	agricultural	kg	1,53E-34	1,63E-34
Rimsulfuron	Emission to soil	agricultural	kg	1E-08	1,35E-08
Sethoxydim	Emission to soil	agricultural	kg	8,72E-09	1,18E-08
Silicon	Emission to soil	agricultural	kg	0,00065	0,000699
Silthiofam	Emission to soil	agricultural	kg	4,98E-13	6,85E-13
Silver	Emission to soil	agricultural	kg	1,29E-17	1,38E-17
Simazine	Emission to soil	agricultural	kg	1,39E-10	1,35E-10
Spinosad	Emission to soil	agricultural	kg	4,34E-10	5,88E-10
Spiroxamine	Emission to soil	agricultural	kg	1,18E-10	1,59E-10
Strontium	Emission to soil	agricultural	kg	6,39E-08	6,6E-08
Sulfentrazone	Emission to soil	agricultural	kg	1,2E-06	1,26E-06
Sulfosate	Emission to soil	agricultural	kg	1,13E-08	1,73E-08
Sulfosulfuron	Emission to soil	agricultural	kg	1,4E-13	1,92E-13
Sulfur	Emission to soil	agricultural	kg	0,000134	0,000141
Sulfuric acid	Emission to soil	agricultural	kg	7,66E-05	0,000104

tau-Fluvalinate	Emission to soil	agricultural	kg	1,46E-35	1,56E-35
TCMTB	Emission to soil	agricultural	kg	6,33E-06	8,57E-06
Tebuconazole	Emission to soil	agricultural	kg	8,91E-09	9,37E-09
Tebupirimphos	Emission to soil	agricultural	kg	5,77E-11	5,6E-11
Tebutam	Emission to soil	agricultural	kg	4,56E-09	4,74E-09
Teflubenzuron	Emission to soil	agricultural	kg	2,56E-08	3,52E-08
Tefluthrin	Emission to soil	agricultural	kg	4,53E-11	4,41E-11
Terbufos	Emission to soil	agricultural	kg	1,54E-10	1,5E-10
Terbuthylazin	Emission to soil	agricultural	kg	1,03E-08	1,03E-08
Thiamethoxam	Emission to soil	agricultural	kg	2,39E-07	8,87E-08
Thifensulfuron-methyl	Emission to soil	agricultural	kg	6,46E-13	9,37E-13
Thiobencarb	Emission to soil	agricultural	kg	9,54E-11	1,31E-10
Thiodicarb	Emission to soil	agricultural	kg	9,57E-09	1,15E-08
Thiophanat-methyl	Emission to soil	agricultural	kg	8,94E-09	1,36E-08
Thiram	Emission to soil	agricultural	kg	2,4E-09	2,48E-09
Tin	Emission to soil	agricultural	kg	9,84E-08	1,02E-07
Titanium	Emission to soil	agricultural	kg	8,41E-06	9,08E-06
Tralkoxydim	Emission to soil	agricultural	kg	4,09E-14	5,62E-14
Tri-allate	Emission to soil	agricultural	kg	3E-13	4,12E-13
Triadimenol	Emission to soil	agricultural	kg	4,39E-12	5,84E-12
Triasulfuron	Emission to soil	agricultural	kg	8,88E-14	1,22E-13
Tribenuron	Emission to soil	agricultural	kg	4,48E-13	5,96E-13
Tribenuron-methyl	Emission to soil	agricultural	kg	3,16E-13	4,66E-13
Trichlorfon	Emission to soil	agricultural	kg	4,32E-06	4,37E-07
Triclopyr	Emission to soil	agricultural	kg	6,37E-09	6,71E-09
Trifloxystrobin	Emission to soil	agricultural	kg	2,1E-08	2,27E-08
Trifluralin	Emission to soil	agricultural	kg	7,73E-06	8,68E-07
Trinexapac-ethyl	Emission to soil	agricultural	kg	3,67E-11	4,88E-11
Vanadium	Emission to soil	agricultural	kg	2,41E-07	2,6E-07
Vinclozolin	Emission to soil	agricultural	kg	1,75E-11	2,37E-11
Zeta-cypermethrin	Emission to soil	agricultural	kg	1,59E-12	2,42E-12
Zinc	Emission to soil	agricultural	kg	1,77E-05	1,88E-05
Cadmium	Emission to soil	forestry	kg	7,12E-08	7,33E-08
Chromium	Emission to soil	forestry	kg	8,14E-07	8,38E-07
Copper	Emission to soil	forestry	kg	-1,1E-06	-1,1E-06
Lead	Emission to soil	forestry	kg	6,07E-08	6,25E-08
Nickel	Emission to soil	forestry	kg	4,88E-07	5,03E-07
Oils, non-fossil	Emission to soil	forestry	kg	5,59E-05	6,07E-05
Oils, unspecified	Emission to soil	forestry	kg	0,099722	0,093343
Zinc	Emission to soil	forestry	kg	-3,5E-06	-3,6E-06
Aluminium	Emission to soil	industrial	kg	0,001037	0,001017
Ammonia	Emission to soil	industrial	kg	2,78E-08	2,69E-08
Antimony	Emission to soil	industrial	kg	1,61E-07	1,91E-07

Arsenic	Emission to soil	industrial	kg	3,58E-07	3,47E-07
Barium	Emission to soil	industrial	kg	0,000401	0,000383
Beryllium	Emission to soil	industrial	kg	1,25E-08	1,41E-08
Boron	Emission to soil	industrial	kg	8,27E-06	7,92E-06
Bromine	Emission to soil	industrial	kg	1,18E-07	1,6E-07
Cadmium	Emission to soil	industrial	kg	1,62E-07	2,24E-07
Calcium	Emission to soil	industrial	kg	0,003337	0,003201
Carbon	Emission to soil	industrial	kg	0,006168	0,006404
Chloride	Emission to soil	industrial	kg	0,002914	0,002799
Chromium	Emission to soil	industrial	kg	5,88E-06	5,84E-06
Cobalt	Emission to soil	industrial	kg	5,11E-08	7,24E-08
Copper	Emission to soil	industrial	kg	5,22E-06	5,73E-06
Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Emission to soil	industrial	kg	2,53E-12	2,68E-12
Fluoride	Emission to soil	industrial	kg	4,08E-05	3,91E-05
Glyphosate	Emission to soil	industrial	kg	1,11E-06	1,18E-06
Heat, waste	Emission to soil	industrial	MJ	0,315149	0,347558
Iodide	Emission to soil	industrial	kg	4,09E-11	4,34E-11
Iron	Emission to soil	industrial	kg	0,00173	0,001667
Lead	Emission to soil	industrial	kg	5,39E-06	5,98E-06
Magnesium	Emission to soil	industrial	kg	0,000717	0,000694
Manganese	Emission to soil	industrial	kg	3,53E-05	3,4E-05
Mercury	Emission to soil	industrial	kg	1,15E-08	1,23E-08
Molybdenum	Emission to soil	industrial	kg	6,8E-08	7,23E-08
Nickel	Emission to soil	industrial	kg	9,51E-07	1,01E-06
Nitric acid	Emission to soil	industrial	kg	2,24E-09	2,18E-09
Nitrogen	Emission to soil	industrial	kg	2,62E-05	2,93E-05
Oils, non-fossil	Emission to soil	industrial	kg	2,64E-09	2,73E-09
Oils, unspecified	Emission to soil	industrial	kg	0,001588	0,00151
Phosphorus	Emission to soil	industrial	kg	4,74E-05	4,6E-05
Potassium	Emission to soil	industrial	kg	0,000311	0,0003
Selenium	Emission to soil	industrial	kg	2,68E-08	3,04E-08
Silicon	Emission to soil	industrial	kg	0,000547	0,000577
Silver	Emission to soil	industrial	kg	5,6E-09	5,94E-09
Sodium	Emission to soil	industrial	kg	0,001647	0,001579
Strontium	Emission to soil	industrial	kg	8,79E-06	8,55E-06
Sulfur	Emission to soil	industrial	kg	0,001101	0,001099
Thallium	Emission to soil	industrial	kg	2,16E-08	2,34E-08
Tin	Emission to soil	industrial	kg	6,49E-07	7,02E-07
Titanium	Emission to soil	industrial	kg	3,25E-06	4,11E-06
Vanadium	Emission to soil	industrial	kg	8,47E-07	1,04E-06
Zinc	Emission to soil	industrial	kg	2,4E-05	2,45E-05
Aluminium	Emission to soil	unspecified	kg	0,001363	0,001449

Antimony	Emission to soil	unspecified	kg	5,93E-08	6,32E-08
Arsenic	Emission to soil	unspecified	kg	1,94E-07	2,07E-07
Barium	Emission to soil	unspecified	kg	6,4E-06	6,81E-06
Beryllium	Emission to soil	unspecified	kg	8,12E-08	8,63E-08
Boron	Emission to soil	unspecified	kg	3,36E-06	3,31E-06
Bromine	Emission to soil	unspecified	kg	3,13E-08	3,45E-08
Cadmium	Emission to soil	unspecified	kg	1,38E-08	1,5E-08
Calcium	Emission to soil	unspecified	kg	0,00025	0,000266
Carbon	Emission to soil	unspecified	kg	0,000139	0,000148
Carbon dioxide, to soil or biomass stock	Emission to soil	unspecified	kg	3,68E-05	3,8E-05
Chloride	Emission to soil	unspecified	kg	4,02E-05	4,26E-05
Chlorine	Emission to soil	unspecified	kg	8,14E-07	8,97E-07
Chromium	Emission to soil	unspecified	kg	9,47E-07	1,01E-06
Chromium VI	Emission to soil	unspecified	kg	5,95E-06	6,16E-06
Cobalt	Emission to soil	unspecified	kg	3,32E-07	3,54E-07
Copper	Emission to soil	unspecified	kg	4,87E-06	5,09E-06
Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Emission to soil	unspecified	kg	7,36E-14	7,83E-14
Elemental carbon	Emission to soil	unspecified	kg	1,6E-07	1,73E-07
Fluoride	Emission to soil	unspecified	kg	4,04E-06	4,18E-06
Hydrocarbons, unspecified	Emission to soil	unspecified	kg	2,97E-05	3,02E-05
Iron	Emission to soil	unspecified	kg	0,001121	0,001194
Lead	Emission to soil	unspecified	kg	8,66E-07	9,32E-07
Lithium	Emission to soil	unspecified	kg	2,04E-09	2,25E-09
Magnesium	Emission to soil	unspecified	kg	6,43E-05	6,84E-05
Manganese	Emission to soil	unspecified	kg	3,5E-06	3,72E-06
Mercury	Emission to soil	unspecified	kg	2,94E-09	3,12E-09
Molybdenum	Emission to soil	unspecified	kg	9,68E-08	1,03E-07
Nickel	Emission to soil	unspecified	kg	6,01E-07	6,41E-07
Nitrate	Emission to soil	unspecified	kg	0,049502	0,049503
Nitrogen	Emission to soil	unspecified	kg	4,34E-06	4,61E-06
Oils, non-fossil	Emission to soil	unspecified	kg	1,19E-05	1,27E-05
Oils, unspecified	Emission to soil	unspecified	kg	0,000128	0,000132
Organic carbon	Emission to soil	unspecified	kg	3,77E-07	4,09E-07
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Emission to soil	unspecified	kg	6,12E-09	6,74E-09
Phenol, pentachloro-	Emission to soil	unspecified	kg	1,46E-10	1,49E-10
Phosphorus	Emission to soil	unspecified	kg	1,08E-05	1,15E-05
Potassium	Emission to soil	unspecified	kg	0,000102	0,000109
Scandium	Emission to soil	unspecified	kg	2,28E-07	2,43E-07
Selenium	Emission to soil	unspecified	kg	2,23E-07	2,38E-07
Silicon	Emission to soil	unspecified	kg	0,002142	0,002278

Silver	Emission to soil	unspecified	kg	3,31E-08	3,52E-08
Sodium	Emission to soil	unspecified	kg	5,67E-05	6,02E-05
Strontium	Emission to soil	unspecified	kg	8,36E-06	8,89E-06
Sulfate	Emission to soil	unspecified	kg	3,93E-06	4,32E-06
Sulfur	Emission to soil	unspecified	kg	0,000454	0,000483
Thallium	Emission to soil	unspecified	kg	1,41E-08	1,49E-08
Tin	Emission to soil	unspecified	kg	1,61E-07	1,71E-07
Titanium	Emission to soil	unspecified	kg	7,71E-05	8,2E-05
Vanadium	Emission to soil	unspecified	kg	1,75E-06	1,86E-06
Zinc	Emission to soil	unspecified	kg	1,18E-05	1,3E-05
2,4-D amines	Emission to water	ground water	kg	3,65E-18	4,96E-18
2,4-D ester	Emission to water	ground water	kg	3,31E-18	4,53E-18
2,4-DB	Emission to water	ground water	kg	8,56E-19	1,09E-18
Aluminium	Emission to water	ground water	kg	0,120856	0,124393
Ammonium, ion	Emission to water	ground water	kg	0,005162	0,00532
Antimony	Emission to water	ground water	kg	0,000214	0,00022
Arsenic, ion	Emission to water	ground water	kg	0,000262	0,00027
Atrazine	Emission to water	ground water	kg	2,15E-13	2,09E-13
Barium	Emission to water	ground water	kg	3,63E-05	3,76E-05
Bentazone	Emission to water	ground water	kg	4,6E-12	7,01E-12
Beryllium	Emission to water	ground water	kg	7,83E-05	8,06E-05
BOD5, Biological Oxygen Demand	Emission to water	ground water	kg	0,000113	0,000122
Boron	Emission to water	ground water	kg	0,000297	0,000306
Bromine	Emission to water	ground water	kg	6,39E-06	6,62E-06
Bromoxynil	Emission to water	ground water	kg	1,34E-18	1,78E-18
Cadmium, ion	Emission to water	ground water	kg	0,00021	0,000216
Calcium, ion	Emission to water	ground water	kg	0,698478	0,718979
Carbaryl	Emission to water	ground water	kg	2,5E-17	2,43E-17
Chloride	Emission to water	ground water	kg	0,43412	0,452812
Chlorine	Emission to water	ground water	kg	8,14E-07	8,97E-07
Chromium VI	Emission to water	ground water	kg	0,000108	0,000111
Chromium, ion	Emission to water	ground water	kg	4,79E-07	2,72E-07
Cobalt	Emission to water	ground water	kg	0,00152	0,001565
COD, Chemical Oxygen Demand	Emission to water	ground water	kg	0,001775	0,00185
Copper, ion	Emission to water	ground water	kg	0,00359	0,003694
Dicamba	Emission to water	ground water	kg	2,27E-14	2,21E-14
Dichlorprop	Emission to water	ground water	kg	3,31E-18	4,54E-18
Dimethenamid	Emission to water	ground water	kg	2,2E-15	2,14E-15
Dissolved solids	Emission to water	ground water	kg	0,002051	0,002174
DOC, Dissolved Organic Carbon	Emission to water	ground water	kg	0,015934	0,016421
Elemental carbon	Emission to water	ground water	kg	1,6E-07	1,73E-07

Ethephon	Emission to water	ground water	kg	2,45E-20	3,37E-20
Fluoride	Emission to water	ground water	kg	0,01299	0,013372
Glyphosate	Emission to water	ground water	kg	1,12E-10	1,7E-10
Hydrogen sulfide	Emission to water	ground water	kg	0,471003	0,48476
Iodide	Emission to water	ground water	kg	3,04E-07	3,17E-07
Iron	Emission to water	ground water	kg	2,68E-06	2,95E-06
Iron, ion	Emission to water	ground water	kg	0,080729	0,083163
Lambda-cyhalothrin	Emission to water	ground water	kg	5,93E-24	8,15E-24
Lead	Emission to water	ground water	kg	0,000261	0,000269
Lead-210	Emission to water	ground water	kBq	1,73E-05	1,65E-05
Lithium	Emission to water	ground water	kg	2,04E-09	2,25E-09
Magnesium	Emission to water	ground water	kg	0,379844	0,390985
Manganese	Emission to water	ground water	kg	0,014821	0,015257
MCPA	Emission to water	ground water	kg	6,83E-19	9,37E-19
MCPB	Emission to water	ground water	kg	1,9E-20	2,59E-20
Mercury	Emission to water	ground water	kg	5,73E-06	5,9E-06
Methomyl	Emission to water	ground water	kg	1,96E-20	2,69E-20
Metolachlor	Emission to water	ground water	kg	6,72E-13	1,02E-12
Molybdenum	Emission to water	ground water	kg	0,001801	0,001854
Nickel, ion	Emission to water	ground water	kg	0,00081	0,000834
Nitrate	Emission to water	ground water	kg	0,149506	0,137644
Nitrite	Emission to water	ground water	kg	5,38E-06	5,93E-06
Nitrogen, organic bound	Emission to water	ground water	kg	0,000162	0,000178
Organic carbon	Emission to water	ground water	kg	3,77E-07	4,09E-07
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Emission to water	ground water	kg	6,12E-09	6,74E-09
Pendimethalin	Emission to water	ground water	kg	3,02E-15	2,94E-15
Phosphate	Emission to water	ground water	kg	0,515554	0,530787
Phosphorus	Emission to water	ground water	kg	5,36E-08	7,45E-08
Polonium-210	Emission to water	ground water	kBq	2,64E-05	2,52E-05
Potassium	Emission to water	ground water	kg	1,2E-06	1,28E-06
Potassium, ion	Emission to water	ground water	kg	0,012131	0,012501
Potassium-40	Emission to water	ground water	kBq	2,1E-06	2E-06
Propiconazole	Emission to water	ground water	kg	8,85E-19	1,22E-18
Prothioconazol	Emission to water	ground water	kg	3,33E-21	4,58E-21
Pyraclostrobin	Emission to water	ground water	kg	6,66E-17	1,01E-16
Radium-226	Emission to water	ground water	kBq	1,95E-05	1,85E-05
Scandium	Emission to water	ground water	kg	0,00062	0,000638
Selenium	Emission to water	ground water	kg	5,3E-05	5,46E-05
Silicon	Emission to water	ground water	kg	0,060016	0,061784
Silver, ion	Emission to water	ground water	kg	1,74E-05	1,79E-05
Sodium	Emission to water	ground water	kg	1,01E-06	1,11E-06
Sodium, ion	Emission to water	ground water	kg	0,153898	0,158439

Solids, inorganic	Emission to water	ground water	kg	0,014039	0,014625
Strontium	Emission to water	ground water	kg	0,002259	0,002329
Sulfate	Emission to water	ground water	kg	4,437325	4,568225
Sulfate, ion	Emission to water	ground water	kg	3,92E-06	4,32E-06
Sulfur	Emission to water	ground water	kg	3,44E-06	3,79E-06
Tebuconazole	Emission to water	ground water	kg	2,67E-20	3,67E-20
Tefluthrin	Emission to water	ground water	kg	7,81E-21	7,59E-21
Thallium	Emission to water	ground water	kg	7,41E-06	7,62E-06
Thorium-228	Emission to water	ground water	kBq	2,13E-07	2,03E-07
Tin, ion	Emission to water	ground water	kg	0,000427	0,000439
Titanium, ion	Emission to water	ground water	kg	7,2E-05	7,41E-05
TOC, Total Organic Carbon	Emission to water	ground water	kg	0,015934	0,016421
Trifloxystrobin	Emission to water	ground water	kg	9,85E-22	1,35E-21
Tungsten	Emission to water	ground water	kg	0,000299	0,000307
Uranium-238	Emission to water	ground water	kBq	8,9E-06	8,48E-06
Vanadium, ion	Emission to water	ground water	kg	5,17E-05	5,32E-05
Water	Emission to water	ground water	m3	0,125506	0,048171
Zinc, ion	Emission to water	ground water	kg	0,01267	0,013041
Aluminium	Emission to water	ground water, long-term	kg	96,09442	98,90216
Ammonium, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,004667	0,004787
Antimony	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,006397	0,006692
Arsenic, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,007322	0,007532
Barium	Emission to water	ground water, long-term	kg	2,458815	2,531303
Beryllium	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,015909	0,01827
BOD5, Biological Oxygen Demand	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,064206	0,073694
Boron	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,009386	0,009694
Bromine	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,001255	0,001346
Cadmium, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,031711	0,032628
Calcium, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	21,23339	21,92203
Chloride	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,796272	0,826306
Chromium VI	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,005208	0,005408
Cobalt	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,085644	0,0881

COD, Chemical Oxygen Demand	Emission to water	ground water, long-term	kg	1,01412	1,067473
Copper, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	3,939027	4,05295
DOC, Dissolved Organic Carbon	Emission to water	ground water, long-term	kg	9,465251	9,752063
Fluoride	Emission to water	ground water, long-term	kg	4,179737	4,30297
Heat, waste	Emission to water	ground water, long-term	MJ	3,33407	3,682563
Hydrogen sulfide	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,152305	0,156496
Iodide	Emission to water	ground water, long-term	kg	2,9E-07	3,02E-07
Iron, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	82,2809	84,6793
Lead	Emission to water	ground water, long-term	kg	1,245988	1,283178
Magnesium	Emission to water	ground water, long-term	kg	11,33352	11,67401
Manganese	Emission to water	ground water, long-term	kg	1,148463	1,18284
Mercury	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,003235	0,00333
Molybdenum	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,040221	0,041383
Nickel, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,140873	0,145128
Nitrate	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,091306	0,094937
Nitrite	Emission to water	ground water, long-term	kg	8,9E-06	8,48E-06
Nitrogen, organic bound	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,000267	0,000255
Phosphate	Emission to water	ground water, long-term	kg	4,40034	4,528441
Potassium, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	5,604729	5,778049
Scandium	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,106951	0,11003
Selenium	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,001611	0,001658
Silicon	Emission to water	ground water, long-term	kg	2,889019	2,985253
Silver, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,077978	0,080234
Sodium, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	8,569502	8,837413

Strontium	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,80966	0,833219
Sulfate	Emission to water	ground water, long-term	kg	2,986425	3,125896
Thallium	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,021097	0,021664
Tin, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,216546	0,222991
Titanium, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	1,000694	1,032469
TOC, Total Organic Carbon	Emission to water	ground water, long-term	kg	9,465251	9,752063
Tungsten	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,008639	0,008888
Vanadium, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	0,002952	0,003168
Zinc, ion	Emission to water	ground water, long-term	kg	1,523951	1,570167
Acenaphthene	Emission to water	ocean	kg	4,5E-10	4,21E-10
Acenaphthylene	Emission to water	ocean	kg	2,81E-11	2,63E-11
Actinides, radioactive, unspecified	Emission to water	ocean	kBq	9,77E-05	0,000101
Aluminium	Emission to water	ocean	kg	0,000152	0,000153
Ammonium, ion	Emission to water	ocean	kg	1,9E-07	1,97E-07
AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	Emission to water	ocean	kg	6,33E-09	6,32E-09
Arsenic, ion	Emission to water	ocean	kg	2,45E-06	2,51E-06
Barite	Emission to water	ocean	kg	0,005012	0,005027
Barium	Emission to water	ocean	kg	6,29E-05	5,89E-05
Benzene	Emission to water	ocean	kg	1,43E-05	1,34E-05
Benzene, ethyl-	Emission to water	ocean	kg	1,73E-06	1,62E-06
BOD5, Biological Oxygen Demand	Emission to water	ocean	kg	0,037008	0,035168
Boron	Emission to water	ocean	kg	2,51E-06	2,72E-06
Bromine	Emission to water	ocean	kg	5,06E-05	4,74E-05
Cadmium, ion	Emission to water	ocean	kg	9,04E-06	9,31E-06
Calcium, ion	Emission to water	ocean	kg	0,003718	0,003538
Carbonate	Emission to water	ocean	kg	6,63E-07	7,17E-07
Carboxylic acids, unspecified	Emission to water	ocean	kg	0,001149	0,00108
Cesium	Emission to water	ocean	kg	7,23E-08	6,77E-08
Cesium-137	Emission to water	ocean	kBq	0,011195	0,011609
Chloride	Emission to water	ocean	kg	0,047954	0,046605
Chromium, ion	Emission to water	ocean	kg	1,41E-07	1,37E-07
Cobalt	Emission to water	ocean	kg	8,41E-09	7,01E-09
COD, Chemical Oxygen Demand	Emission to water	ocean	kg	0,037037	0,035196

Copper, ion	Emission to water	ocean	kg	0,00923	0,009503
Cyanide	Emission to water	ocean	kg	0,016075	0,016552
Dibutyltin	Emission to water	ocean	kg	1,67E-28	1,78E-28
Diphenyltin	Emission to water	ocean	kg	1,06E-26	1,13E-26
Discarded fish, demersal, to ocean	Emission to water	ocean	kg	2,99E-28	3,18E-28
Discarded fish, pelagic, to ocean	Emission to water	ocean	kg	9,85E-19	1,05E-18
DOC, Dissolved Organic Carbon	Emission to water	ocean	kg	0,01061	0,010078
Fluoride	Emission to water	ocean	kg	0,000128	0,000125
Fungicides, unspecified	Emission to water	ocean	kg	3,75E-09	3,75E-09
Glutaraldehyde	Emission to water	ocean	kg	6,19E-07	6,21E-07
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Emission to water	ocean	kg	9,4E-06	8,8E-06
Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Emission to water	ocean	kg	8,67E-07	8,12E-07
Hydrocarbons, aromatic	Emission to water	ocean	kg	4,47E-05	4,24E-05
Hydrocarbons, unspecified	Emission to water	ocean	kg	9,84E-05	9,87E-05
Hydrogen carbonate	Emission to water	ocean	kg	7,97E-05	8,62E-05
Hydrogen-3, Tritium	Emission to water	ocean	kBq	23,25874	24,11958
Hypochlorite	Emission to water	ocean	kg	7E-06	7,59E-06
Iodide	Emission to water	ocean	kg	7,23E-06	6,77E-06
Iron, ion	Emission to water	ocean	kg	3,7E-06	3,44E-06
Lead	Emission to water	ocean	kg	2,72E-05	2,8E-05
Lead-210	Emission to water	ocean	kBq	0,000236	0,000232
Magnesium	Emission to water	ocean	kg	0,001151	0,001193
Manganese	Emission to water	ocean	kg	2,9E-06	2,72E-06
Mercury	Emission to water	ocean	kg	9,44E-09	9,37E-09
Methanol	Emission to water	ocean	kg	5,61E-06	5,82E-06
Monobutyltin	Emission to water	ocean	kg	2,88E-26	3,06E-26
Monophenyltin	Emission to water	ocean	kg	3,16E-29	3,36E-29
Nickel, ion	Emission to water	ocean	kg	6,34E-05	6,53E-05
Nitrate	Emission to water	ocean	kg	7,32E-06	7,59E-06
Nitrite	Emission to water	ocean	kg	1,52E-07	1,57E-07
Nitrogen	Emission to water	ocean	kg	5,36E-06	4,62E-06
Oils, non-fossil	Emission to water	ocean	kg	8,37E-20	8,91E-20
Oils, unspecified	Emission to water	ocean	kg	0,011846	0,011256
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Emission to water	ocean	kg	1,66E-06	1,55E-06
Phenol	Emission to water	ocean	kg	2,47E-05	2,32E-05
Phosphate	Emission to water	ocean	kg	5,71E-05	5,45E-05
Phosphorus	Emission to water	ocean	kg	2,91E-09	3,01E-09
Polonium-210	Emission to water	ocean	kBq	0,005169	0,004927
Potassium, ion	Emission to water	ocean	kg	0,00053	0,00053

Potassium-40	Emission to water	ocean	kBq	0,000409	0,00039
Radioactive species, Nuclides, unspecified	Emission to water	ocean	kBq	0,058408	0,060569
Radium-224	Emission to water	ocean	kBq	0,003614	0,003383
Radium-226	Emission to water	ocean	kBq	0,009597	0,009048
Radium-228	Emission to water	ocean	kBq	0,007229	0,006766
Rubidium	Emission to water	ocean	kg	7,23E-07	6,77E-07
Silicon	Emission to water	ocean	kg	2,38E-07	2,39E-07
Silver, ion	Emission to water	ocean	kg	4,34E-08	4,06E-08
Sodium, ion	Emission to water	ocean	kg	0,028228	0,027376
Solids, inorganic	Emission to water	ocean	kg	2,43E-21	2,59E-21
Strontium	Emission to water	ocean	kg	0,000138	0,00013
Strontium-90	Emission to water	ocean	kBq	0,001245	0,001291
Sulfate	Emission to water	ocean	kg	0,004247	0,004261
Sulfide	Emission to water	ocean	kg	1,26E-08	1,31E-08
Sulfur	Emission to water	ocean	kg	1,64E-06	1,64E-06
Suspended solids, unspecified	Emission to water	ocean	kg	0,017707	0,017755
Thallium	Emission to water	ocean	kg	1,04E-09	1,06E-09
Thiocyanate, ion	Emission to water	ocean	kg	6,25E-10	6,25E-10
Thorium-228	Emission to water	ocean	kBq	0,01446	0,013535
Tin, ion	Emission to water	ocean	kg	7,25E-26	7,71E-26
Titanium, ion	Emission to water	ocean	kg	3,91E-08	3,92E-08
TOC, Total Organic Carbon	Emission to water	ocean	kg	0,01061	0,010078
Toluene	Emission to water	ocean	kg	1,78E-05	1,67E-05
Tributyltin compounds	Emission to water	ocean	kg	5,72E-09	5,72E-09
Triethylene glycol	Emission to water	ocean	kg	5,12E-06	5,37E-06
Trioctyltin	Emission to water	ocean	kg	7,43E-27	7,91E-27
Triphenyltin	Emission to water	ocean	kg	3,16E-27	3,36E-27
Uranium-238	Emission to water	ocean	kBq	0,001738	0,001657
VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	Emission to water	ocean	kg	2,53E-05	2,37E-05
Water	Emission to water	ocean	m3	0,074824	0,052548
Xylene	Emission to water	ocean	kg	1,68E-05	1,57E-05
Zinc, ion	Emission to water	ocean	kg	0,000857	0,000876
1,4-Butanediol	Emission to water	surface water	kg	4,51E-09	4,97E-09
1-Pentanol	Emission to water	surface water	kg	3,61E-09	3,16E-09
1-Pentene	Emission to water	surface water	kg	2,73E-09	2,39E-09
2,4-D amines	Emission to water	surface water	kg	1,5E-20	2,04E-20
2,4-D ester	Emission to water	surface water	kg	1,36E-20	1,86E-20
2,4-DB	Emission to water	surface water	kg	3,52E-21	4,49E-21
2-Aminopropanol	Emission to water	surface water	kg	2,97E-09	3,18E-09
2-Methyl-1-propanol	Emission to water	surface water	kg	9,48E-09	9,65E-09
2-Methyl-2-butene	Emission to water	surface water	kg	1,76E-12	1,59E-12

2-Propanol	Emission to water	surface water	kg	1,44E-08	1,49E-08
4-Methyl-2-pentanol	Emission to water	surface water	kg	2,27E-10	1,16E-10
4-Methyl-2-pentanone	Emission to water	surface water	kg	4,39E-08	2,24E-08
Acenaphthene	Emission to water	surface water	kg	9,56E-09	9,01E-09
Acenaphthylene	Emission to water	surface water	kg	5,56E-10	5,2E-10
Acetaldehyde	Emission to water	surface water	kg	2,56E-06	2,61E-06
Acetic acid	Emission to water	surface water	kg	4,03E-06	4,06E-06
Acetone	Emission to water	surface water	kg	9,84E-07	1,23E-06
Acetonitrile	Emission to water	surface water	kg	9,69E-10	1,02E-09
Acetyl chloride	Emission to water	surface water	kg	2,83E-09	2,49E-09
Acidity, unspecified	Emission to water	surface water	kg	2,38E-05	2,45E-05
Acrylate, ion	Emission to water	surface water	kg	9,16E-08	9,56E-08
Aluminium	Emission to water	surface water	kg	0,000194	0,000203
Ammonium, ion	Emission to water	surface water	kg	0,004393	0,004488
Aniline	Emission to water	surface water	kg	1,04E-07	1,36E-07
Anthracene	Emission to water	surface water	kg	1,51E-10	1,53E-10
Antimony	Emission to water	surface water	kg	2,4E-05	7,75E-05
Antimony-122	Emission to water	surface water	kBq	2,5E-06	2,6E-06
Antimony-124	Emission to water	surface water	kBq	0,005342	0,005486
Antimony-125	Emission to water	surface water	kBq	0,000128	0,000133
AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	Emission to water	surface water	kg	4,96E-06	5,11E-06
Arsenic, ion	Emission to water	surface water	kg	0,000488	0,000471
Atrazine	Emission to water	surface water	kg	8,3E-16	8,07E-16
Barium	Emission to water	surface water	kg	0,001241	0,001162
Barium-140	Emission to water	surface water	kBq	4,92E-06	5,12E-06
Bentazone	Emission to water	surface water	kg	2,85E-15	4,35E-15
Benz(a)anthracene	Emission to water	surface water	kg	5,69E-13	5,76E-13
Benzal chloride	Emission to water	surface water	kg	6,77E-08	5,58E-08
Benzene	Emission to water	surface water	kg	0,000121	0,000117
Benzene, chloro-	Emission to water	surface water	kg	3,38E-06	3,45E-06
Benzene, ethyl-	Emission to water	surface water	kg	3,42E-05	3,2E-05
Benzo(a)pyrene	Emission to water	surface water	kg	6,91E-14	7E-14
Benzo(b)fluoranthene	Emission to water	surface water	kg	6,74E-14	6,83E-14
Benzo(ghi)perylene	Emission to water	surface water	kg	9,49E-15	9,61E-15
Benzo(k)fluoranthene	Emission to water	surface water	kg	3,17E-14	3,21E-14
Beryllium	Emission to water	surface water	kg	1,85E-08	1,29E-06
BOD5, Biological Oxygen Demand	Emission to water	surface water	kg	0,269555	0,255412
Borate	Emission to water	surface water	kg	4,3E-07	4,11E-07
Boron	Emission to water	surface water	kg	2,39E-05	2,48E-05
Bromate	Emission to water	surface water	kg	0,000113	0,000117
Bromide	Emission to water	surface water	kg	3,33E-05	3,58E-05

Bromine	Emission to water	surface water	kg	0,001092	0,001538
Bromoxynil	Emission to water	surface water	kg	1,09E-21	1,21E-21
Butanol	Emission to water	surface water	kg	6,36E-07	6,59E-07
Butene	Emission to water	surface water	kg	2,07E-07	2,16E-07
Butyl acetate	Emission to water	surface water	kg	8,16E-07	8,46E-07
Cadmium, ion	Emission to water	surface water	kg	0,001579	0,001626
Calcium, ion	Emission to water	surface water	kg	0,05712	0,05501
Carbaryl	Emission to water	surface water	kg	3,11E-19	3,02E-19
Carbon disulfide	Emission to water	surface water	kg	5,75E-08	7,26E-08
Carbon-14	Emission to water	surface water	kBq	0,000582	0,000597
Carbonate	Emission to water	surface water	kg	5,22E-05	6,08E-05
Carboxylic acids, unspecified	Emission to water	surface water	kg	0,005238	0,004904
Cerium-141	Emission to water	surface water	kBq	2,23E-06	2,33E-06
Cerium-144	Emission to water	surface water	kBq	1,33E-06	1,39E-06
Cesium	Emission to water	surface water	kg	1,42E-06	1,33E-06
Cesium-134	Emission to water	surface water	kBq	5,73E-05	5,92E-05
Cesium-136	Emission to water	surface water	kBq	7,77E-07	8,09E-07
Cesium-137	Emission to water	surface water	kBq	0,000781	0,000813
Chloramine	Emission to water	surface water	kg	7,63E-08	7,28E-08
Chlorate	Emission to water	surface water	kg	0,000877	0,000906
Chloride	Emission to water	surface water	kg	0,82511	0,805758
Chlorinated solvents, unspecified	Emission to water	surface water	kg	1,62E-06	1,73E-06
Chlorine	Emission to water	surface water	kg	1,98E-05	1,69E-05
Chloroacetic acid	Emission to water	surface water	kg	5,13E-07	5,27E-07
Chloroacetyl chloride	Emission to water	surface water	kg	3,96E-09	4,23E-09
Chloroform	Emission to water	surface water	kg	9,02E-09	9,77E-09
Chlorosulfonic acid	Emission to water	surface water	kg	3,52E-09	3,7E-09
Chromium VI	Emission to water	surface water	kg	0,000614	0,000645
Chromium, ion	Emission to water	surface water	kg	4,95E-06	3,19E-06
Chromium-51	Emission to water	surface water	kBq	0,000375	0,000391
Chrysene	Emission to water	surface water	kg	3,67E-13	3,72E-13
Cobalt	Emission to water	surface water	kg	2,65E-06	2,63E-06
Cobalt-57	Emission to water	surface water	kBq	2,47E-05	2,57E-05
Cobalt-58	Emission to water	surface water	kBq	0,003316	0,00345
Cobalt-60	Emission to water	surface water	kBq	0,002069	0,002152
COD, Chemical Oxygen Demand	Emission to water	surface water	kg	0,271848	0,25774
Copper, ion	Emission to water	surface water	kg	0,078779	0,081112
Cumene	Emission to water	surface water	kg	1,79E-05	1,86E-05
Cyanide	Emission to water	surface water	kg	0,128638	0,132447
Dibenz(a,h)anthracene	Emission to water	surface water	kg	6,64E-15	6,73E-15
Dicamba	Emission to water	surface water	kg	9,1E-17	8,84E-17

Dichlorprop	Emission to water	surface water	kg	1,36E-20	1,86E-20
Dichromate	Emission to water	surface water	kg	2,73E-08	7,01E-08
Diethylamine	Emission to water	surface water	kg	4,69E-08	6,09E-08
Diisobutyl ketone	Emission to water	surface water	kg	1,47E-08	7,48E-09
Dimethenamid	Emission to water	surface water	kg	2,75E-17	2,67E-17
Dimethylamine	Emission to water	surface water	kg	5,45E-08	6,33E-08
Dipropylamine	Emission to water	surface water	kg	2,83E-08	3,71E-08
Dissolved solids	Emission to water	surface water	kg	0,007975	0,008925
DOC, Dissolved Organic Carbon	Emission to water	surface water	kg	0,083064	0,078963
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Emission to water	surface water	kg	2,3E-18	2,54E-18
Ethane, 1,2-dichloro-	Emission to water	surface water	kg	2,27E-06	2,35E-06
Ethanol	Emission to water	surface water	kg	2,16E-06	2,27E-06
Ethene	Emission to water	surface water	kg	1,15E-05	1,19E-05
Ethene, chloro-	Emission to water	surface water	kg	1,26E-08	1,35E-08
Ethephon	Emission to water	surface water	kg	1,49E-22	2,04E-22
Ethyl acetate	Emission to water	surface water	kg	4,78E-08	6,25E-08
Ethylamine	Emission to water	surface water	kg	1,32E-08	1,4E-08
Ethylene diamine	Emission to water	surface water	kg	2,7E-08	3,31E-08
Ethylene oxide	Emission to water	surface water	kg	1,69E-07	1,65E-07
Fluoranthene	Emission to water	surface water	kg	2,99E-09	3,03E-09
Fluorene	Emission to water	surface water	kg	1,1E-09	1,12E-09
Fluoride	Emission to water	surface water	kg	0,000453	0,000592
Fluosilicic acid	Emission to water	surface water	kg	1,7E-05	1,75E-05
Formaldehyde	Emission to water	surface water	kg	1,29E-07	1,19E-07
Formamide	Emission to water	surface water	kg	6,6E-09	5,79E-09
Formate	Emission to water	surface water	kg	7,42E-07	7,76E-07
Formic acid	Emission to water	surface water	kg	1,92E-09	1,68E-09
Glyphosate	Emission to water	surface water	kg	7,28E-13	1,11E-12
Heat, waste	Emission to water	surface water	MJ	0,358816	11,37725
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Emission to water	surface water	kg	0,000185	0,000173
Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Emission to water	surface water	kg	1,71E-05	1,6E-05
Hydrocarbons, aromatic	Emission to water	surface water	kg	0,000741	0,000694
Hydrocarbons, unspecified	Emission to water	surface water	kg	1,62E-05	1,75E-05
Hydrogen peroxide	Emission to water	surface water	kg	3,58E-06	3,17E-06
Hydrogen sulfide	Emission to water	surface water	kg	1,94E-06	2,26E-06
Hydrogen-3, Tritium	Emission to water	surface water	kBq	34,78777	35,81943
Hydroxide	Emission to water	surface water	kg	1,53E-06	1,59E-06
Hypochlorite	Emission to water	surface water	kg	7,25E-06	7,86E-06
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	Emission to water	surface water	kg	1,04E-13	1,06E-13
Iodide	Emission to water	surface water	kg	0,000154	0,000146

Iodine-131	Emission to water	surface water	kBq	0,001045	0,001073
Iodine-133	Emission to water	surface water	kBq	3,72E-06	3,87E-06
Iron, ion	Emission to water	surface water	kg	0,000441	0,000445
Iron-59	Emission to water	surface water	kBq	0,004746	0,004872
Isopropylamine	Emission to water	surface water	kg	5,95E-09	6,32E-09
Lactic acid	Emission to water	surface water	kg	2,21E-08	2,91E-08
Lambda-cyhalothrin	Emission to water	surface water	kg	1,49E-26	2,05E-26
Lanthanum-140	Emission to water	surface water	kBq	5,99E-06	6,24E-06
Lead	Emission to water	surface water	kg	0,00021	0,000215
Lead-210	Emission to water	surface water	kBq	0,0019	0,001978
Lithium, ion	Emission to water	surface water	kg	1,44E-07	1,26E-07
m-Xylene	Emission to water	surface water	kg	4,94E-09	5,67E-09
Magnesium	Emission to water	surface water	kg	0,008982	0,008623
Manganese	Emission to water	surface water	kg	6,88E-05	6,55E-05
Manganese-54	Emission to water	surface water	kBq	0,000115	0,00012
MCPA	Emission to water	surface water	kg	4,11E-18	5,61E-18
MCPB	Emission to water	surface water	kg	4,11E-18	5,6E-18
Mercury	Emission to water	surface water	kg	3,99E-06	4,07E-06
Methane, dichloro-, HCC-30	Emission to water	surface water	kg	1,98E-05	1,89E-05
Methanol	Emission to water	surface water	kg	2,53E-06	2,58E-06
Methomyl	Emission to water	surface water	kg	2,2E-22	3,02E-22
Methyl acetate	Emission to water	surface water	kg	1,54E-09	1,69E-09
Methyl acrylate	Emission to water	surface water	kg	8,58E-07	8,96E-07
Methyl amine	Emission to water	surface water	kg	4,2E-09	2,89E-09
Methyl formate	Emission to water	surface water	kg	4,08E-10	3,67E-10
Methyl pentane	Emission to water	surface water	kg	2,71E-09	1,38E-09
Metolachlor	Emission to water	surface water	kg	9,02E-15	1,37E-14
Molybdenum	Emission to water	surface water	kg	7,2E-05	7,72E-05
Molybdenum-99	Emission to water	surface water	kBq	1,81E-06	1,89E-06
Naphtalene	Emission to water	surface water	kg	2,21E-10	2,24E-10
Nickel, ion	Emission to water	surface water	kg	0,021024	0,021646
Niobium-95	Emission to water	surface water	kBq	1,11E-05	1,16E-05
Nitrate	Emission to water	surface water	kg	0,004095	0,004327
Nitrite	Emission to water	surface water	kg	4,66E-05	4,74E-05
Nitrobenzene	Emission to water	surface water	kg	1,42E-06	1,56E-06
Nitrogen	Emission to water	surface water	kg	0,001705	0,001756
Nitrogen dioxide	Emission to water	surface water	kg	1,27E-09	1,31E-09
Nitrogen, organic bound	Emission to water	surface water	kg	7,8E-05	6,25E-05
o-Dichlorobenzene	Emission to water	surface water	kg	1,44E-06	1,43E-06
Oils, non-fossil	Emission to water	surface water	kg	4,05E-07	6,18E-07
Oils, unspecified	Emission to water	surface water	kg	0,080719	0,075591
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Emission to water	surface water	kg	7,76E-06	7,5E-06

Pendimethalin	Emission to water	surface water	kg	5,07E-18	4,93E-18
Phenanthrene	Emission to water	surface water	kg	2,48E-09	2,51E-09
Phenol	Emission to water	surface water	kg	0,000118	0,000111
Phosphate	Emission to water	surface water	kg	0,000334	0,000352
Phosphorus	Emission to water	surface water	kg	0,000213	0,000149
Polonium-210	Emission to water	surface water	kBq	0,0019	0,001978
Potassium, ion	Emission to water	surface water	kg	0,014298	0,015754
Potassium-40	Emission to water	surface water	kBq	0,002386	0,002483
Propanal	Emission to water	surface water	kg	4,6E-09	4,52E-09
Propanol	Emission to water	surface water	kg	5,07E-09	5,54E-09
Propene	Emission to water	surface water	kg	0,002555	0,002631
Propiconazole	Emission to water	surface water	kg	8,46E-23	1,16E-22
Propionic acid	Emission to water	surface water	kg	1,79E-08	1,89E-08
Propylamine	Emission to water	surface water	kg	1,61E-09	1,78E-09
Propylene oxide	Emission to water	surface water	kg	4,92E-07	6,65E-07
Protactinium-234	Emission to water	surface water	kBq	0,000549	0,000571
Prothioconazol	Emission to water	surface water	kg	5,22E-23	7,17E-23
Pyraclostrobin	Emission to water	surface water	kg	1,06E-18	1,61E-18
Pyrene	Emission to water	surface water	kg	2,25E-09	2,28E-09
Radioactive species, alpha emitters	Emission to water	surface water	kBq	0,000409	0,000417
Radioactive species, Nuclides, unspecified	Emission to water	surface water	kBq	0,000517	0,00052
Radium-224	Emission to water	surface water	kBq	0,07117	0,066624
Radium-226	Emission to water	surface water	kBq	0,296222	0,296241
Radium-228	Emission to water	surface water	kBq	0,14234	0,133248
Rubidium	Emission to water	surface water	kg	1,42E-05	1,33E-05
Ruthenium-103	Emission to water	surface water	kBq	8,16E-07	8,49E-07
Scandium	Emission to water	surface water	kg	7,2E-06	7,53E-06
Selenium	Emission to water	surface water	kg	1,12E-05	1,08E-05
Silicon	Emission to water	surface water	kg	0,002082	0,002161
Silver, ion	Emission to water	surface water	kg	8,61E-07	8,13E-07
Silver-110	Emission to water	surface water	kBq	0,001377	0,001433
Sodium formate	Emission to water	surface water	kg	1,64E-07	1,68E-07
Sodium, ion	Emission to water	surface water	kg	0,529489	0,509741
Sodium-24	Emission to water	surface water	kBq	2,89E-05	3,01E-05
Solids, inorganic	Emission to water	surface water	kg	0,004755	0,004975
Strontium	Emission to water	surface water	kg	0,00257	0,002406
Strontium-89	Emission to water	surface water	kBq	3,6E-05	3,75E-05
Strontium-90	Emission to water	surface water	kBq	0,054623	0,056743
Sulfate	Emission to water	surface water	kg	0,06329	0,067193
Sulfide	Emission to water	surface water	kg	5,06E-05	4,95E-05
Sulfite	Emission to water	surface water	kg	4,02E-05	4,34E-05

Sulfur	Emission to water	surface water	kg	0,001191	0,001204
Sulfuric acid	Emission to water	surface water	kg	0,000405	0,000415
Suspended solids, unspecified	Emission to water	surface water	kg	0,002414	0,002446
t-Butyl methyl ether	Emission to water	surface water	kg	2,65E-10	2,76E-10
t-Butylamine	Emission to water	surface water	kg	5,78E-09	6,05E-09
Tebuconazole	Emission to water	surface water	kg	6,42E-23	8,83E-23
Technetium-99m	Emission to water	surface water	kBq	4,58E-05	4,76E-05
Tefluthrin	Emission to water	surface water	kg	1,3E-22	1,27E-22
Tellurium-123m	Emission to water	surface water	kBq	6,05E-06	6,3E-06
Tellurium-132	Emission to water	surface water	kBq	2,33E-07	2,42E-07
Thallium	Emission to water	surface water	kg	8,27E-08	8,95E-08
Thorium-228	Emission to water	surface water	kBq	0,28468	0,266496
Thorium-230	Emission to water	surface water	kBq	0,046466	0,048325
Thorium-232	Emission to water	surface water	kBq	0,000445	0,000463
Thorium-234	Emission to water	surface water	kBq	0,000549	0,000571
Tin, ion	Emission to water	surface water	kg	2,82E-07	2,98E-07
Titanium, ion	Emission to water	surface water	kg	2,14E-05	2,49E-05
TOC, Total Organic Carbon	Emission to water	surface water	kg	0,083086	0,078986
Toluene	Emission to water	surface water	kg	0,000154	0,000144
Toluene, 2-chloro	Emission to water	surface water	kg	4,68E-08	5,75E-08
Triethylene glycol	Emission to water	surface water	kg	1E-08	1,05E-08
Trifloxystrobin	Emission to water	surface water	kg	1,61E-23	2,21E-23
Trimethylamine	Emission to water	surface water	kg	3,15E-09	3,42E-09
Tungsten	Emission to water	surface water	kg	8,86E-05	9,19E-05
Uranium alpha	Emission to water	surface water	kBq	0,021414	0,02227
Uranium-234	Emission to water	surface water	kBq	0,000635	0,000661
Uranium-235	Emission to water	surface water	kBq	0,000709	0,000737
Uranium-238	Emission to water	surface water	kBq	0,00221	0,002298
Urea	Emission to water	surface water	kg	6,28E-09	6,93E-09
Vanadium, ion	Emission to water	surface water	kg	5,45E-06	6,07E-06
VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	Emission to water	surface water	kg	0,000499	0,000468
Water	Emission to water	surface water	m3	0,243442	0,22537
Xylene	Emission to water	surface water	kg	0,000134	0,000125
Zinc, ion	Emission to water	surface water	kg	0,560237	0,576826
Zinc-65	Emission to water	surface water	kBq	0,000558	0,000576
Zirconium-95	Emission to water	surface water	kBq	0,002376	0,00244
1,3-Dioxolan-2-one	Emission to water	unspecified	kg	1,01E-06	1,14E-06
2-Propanol	Emission to water	unspecified	kg	7,3E-07	7,57E-07
4-Methyl-2-pentanone	Emission to water	unspecified	kg	1,78E-08	2,56E-08
Acetone	Emission to water	unspecified	kg	4,25E-08	6,1E-08
Acidity, unspecified	Emission to water	unspecified	kg	8,94E-07	1,28E-06
Allyl chloride	Emission to water	unspecified	kg	1,04E-08	1,06E-08

Aluminium	Emission to water	unspecified	kg	7,97E-05	0,000114
Aluminium hydroxide	Emission to water	unspecified	kg	3,77E-09	3,95E-09
Ammonium sulfate	Emission to water	unspecified	kg	1,02E-08	1,05E-08
Ammonium, ion	Emission to water	unspecified	kg	0,000208	0,000234
Aniline	Emission to water	unspecified	kg	2,74E-07	2,9E-07
Antimony	Emission to water	unspecified	kg	4,85E-08	6,93E-08
AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	Emission to water	unspecified	kg	3,01E-06	2,92E-06
Arsenic, ion	Emission to water	unspecified	kg	1,04E-06	1,46E-06
Barite	Emission to water	unspecified	kg	0,000415	0,000439
Barium	Emission to water	unspecified	kg	0,000798	0,001302
Barium sulfide	Emission to water	unspecified	kg	2,1E-08	2,07E-08
Benzene	Emission to water	unspecified	kg	1,44E-05	1,77E-05
Benzene, ethyl-	Emission to water	unspecified	kg	4,01E-07	5,76E-07
Benzene, hexachloro-	Emission to water	unspecified	kg	6,1E-13	6,28E-13
Benzene, pentachloro-	Emission to water	unspecified	kg	1E-12	1,03E-12
Beryllium	Emission to water	unspecified	kg	4,32E-08	6,18E-08
BOD5, Biological Oxygen Demand	Emission to water	unspecified	kg	0,001314	0,001667
Borate	Emission to water	unspecified	kg	1,87E-07	1,94E-07
Boron	Emission to water	unspecified	kg	1,72E-05	2,27E-05
Bromine	Emission to water	unspecified	kg	0,000912	0,001309
Butyrolactone	Emission to water	unspecified	kg	8,32E-11	8,82E-11
Cadmium, ion	Emission to water	unspecified	kg	4,66E-07	5,47E-07
Calcium, ion	Emission to water	unspecified	kg	0,013675	0,019635
Carbonate	Emission to water	unspecified	kg	8,81E-08	9,14E-08
Carboxylic acids, unspecified	Emission to water	unspecified	kg	3,49E-10	3,57E-10
Chloride	Emission to water	unspecified	kg	0,1614	0,22812
Chloride, ion	Emission to water	unspecified	kg	9,35E-06	1,12E-05
Chlorides, unspecified	Emission to water	unspecified	kg	0,000571	0,00079
Chlorine	Emission to water	unspecified	kg	7,33E-07	7,3E-07
Chloroform	Emission to water	unspecified	kg	7,85E-11	8,07E-11
Chromium VI	Emission to water	unspecified	kg	1,67E-07	1,81E-07
Chromium, ion	Emission to water	unspecified	kg	4,21E-06	5,58E-06
Cobalt	Emission to water	unspecified	kg	1,04E-07	1,44E-07
COD, Chemical Oxygen Demand	Emission to water	unspecified	kg	0,00279	0,003334
Copper, ion	Emission to water	unspecified	kg	4,26E-06	4,94E-06
Cu-HDO	Emission to water	unspecified	kg	7,26E-13	7,44E-13
Cumene	Emission to water	unspecified	kg	8,67E-06	9,03E-06
Cyanide	Emission to water	unspecified	kg	7,61E-07	8,76E-07
Dichromate	Emission to water	unspecified	kg	1,77E-07	1,83E-07
Diethanolamine	Emission to water	unspecified	kg	5,88E-10	6,05E-10

Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Emission to water	unspecified	kg	2,18E-16	2,24E-16
Dissolved solids	Emission to water	unspecified	kg	0,189013	0,271406
DOC, Dissolved Organic Carbon	Emission to water	unspecified	kg	0,000858	0,001058
Elemental carbon	Emission to water	unspecified	kg	4,45E-11	4,39E-11
Ethane, 1,2-dichloro-	Emission to water	unspecified	kg	6,55E-10	6,74E-10
Ethanol	Emission to water	unspecified	kg	1,35E-11	1,85E-11
Ethene, chloro-	Emission to water	unspecified	kg	1,09E-09	1,11E-09
Fluoride	Emission to water	unspecified	kg	6,46E-05	6,57E-05
Fluosilicic acid	Emission to water	unspecified	kg	6,16E-07	6,35E-07
Formaldehyde	Emission to water	unspecified	kg	1,8E-06	1,95E-06
Glyphosate	Emission to water	unspecified	kg	2,4E-09	2,48E-09
Heat, waste	Emission to water	unspecified	MJ	3,317895	2,89825
Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Emission to water	unspecified	kg	2,57E-17	1,38E-18
Hydrocarbons, unspecified	Emission to water	unspecified	kg	4,72E-05	4,69E-05
Hydrochloric acid	Emission to water	unspecified	kg	5,52E-05	7,64E-05
Hydroxide	Emission to water	unspecified	kg	9,58E-09	9,8E-09
Iron, ion	Emission to water	unspecified	kg	0,000381	0,000506
Lauric acid	Emission to water	unspecified	kg	1,31E-09	1,34E-09
Lead	Emission to water	unspecified	kg	3,11E-06	4,14E-06
Lead-210	Emission to water	unspecified	kBq	0,001231	0,001767
Lithium, ion	Emission to water	unspecified	kg	0,004571	0,006564
m-Xylene	Emission to water	unspecified	kg	1,29E-07	1,85E-07
Magnesium	Emission to water	unspecified	kg	0,002668	0,00383
Manganese	Emission to water	unspecified	kg	6,53E-06	8,42E-06
Mercury	Emission to water	unspecified	kg	6,18E-08	6,53E-08
Methane, tetrachloro-, R-10	Emission to water	unspecified	kg	4,81E-11	4,95E-11
Methanol	Emission to water	unspecified	kg	5,45E-07	5,89E-07
Molybdenum	Emission to water	unspecified	kg	1,93E-07	2,3E-07
Monoethanolamine	Emission to water	unspecified	kg	2,61E-09	2,68E-09
Nickel, ion	Emission to water	unspecified	kg	3,71E-06	4,54E-06
Nitrate	Emission to water	unspecified	kg	7,17E-06	7,17E-06
Nitrite	Emission to water	unspecified	kg	6E-07	5,64E-07
Nitrobenzene	Emission to water	unspecified	kg	4,7E-09	4,75E-10
Nitrogen	Emission to water	unspecified	kg	6,68E-05	6,4E-05
Nitrogen, organic bound	Emission to water	unspecified	kg	2,43E-07	3,46E-07
o-Xylene	Emission to water	unspecified	kg	9,38E-08	1,35E-07
Oils, unspecified	Emission to water	unspecified	kg	0,001346	0,001421
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Emission to water	unspecified	kg	1,58E-07	1,62E-07
Phenol	Emission to water	unspecified	kg	3,04E-06	3,82E-06
Phosphate	Emission to water	unspecified	kg	1,31E-10	1,43E-10

Phosphorus	Emission to water	unspecified	kg	7,16E-06	6,89E-06
Polychlorinated biphenyls	Emission to water	unspecified	kg	6,37E-11	6,62E-11
Potassium, ion	Emission to water	unspecified	kg	4,4E-11	4,5E-11
Radium-226	Emission to water	unspecified	kBq	0,005631	0,008085
Radium-228	Emission to water	unspecified	kBq	0,007922	0,011376
Selenium	Emission to water	unspecified	kg	4,07E-07	3,88E-07
Silver, ion	Emission to water	unspecified	kg	8,91E-06	1,28E-05
Sodium	Emission to water	unspecified	kg	7,71E-07	7,09E-07
Sodium, ion	Emission to water	unspecified	kg	0,045531	0,064385
Solids, inorganic	Emission to water	unspecified	kg	4,56E-05	4,63E-05
Strontium	Emission to water	unspecified	kg	0,000232	0,000333
Sulfate	Emission to water	unspecified	kg	0,006039	0,006056
Sulfate, ion	Emission to water	unspecified	kg	2,47E-08	2,57E-08
Sulfide	Emission to water	unspecified	kg	4,76E-07	4,46E-07
Sulfite	Emission to water	unspecified	kg	7,23E-12	7,44E-12
Sulfur	Emission to water	unspecified	kg	1,36E-05	1,85E-05
Suspended solids, unspecified	Emission to water	unspecified	kg	0,004225	0,006078
t-Butyl methyl ether	Emission to water	unspecified	kg	1,91E-07	1,79E-07
Thallium	Emission to water	unspecified	kg	1,01E-08	1,45E-08
Thorium-232	Emission to water	unspecified	kBq	3,2E-06	3,2E-06
Tin, ion	Emission to water	unspecified	kg	5,63E-07	7,61E-07
Titanium, ion	Emission to water	unspecified	kg	6,26E-06	8,56E-06
TOC, Total Organic Carbon	Emission to water	unspecified	kg	0,000859	0,00106
Toluene	Emission to water	unspecified	kg	6,75E-06	9,69E-06
Triethylene glycol	Emission to water	unspecified	kg	1E-08	1,05E-08
Uranium-238	Emission to water	unspecified	kBq	2,99E-06	3,07E-06
Urea	Emission to water	unspecified	kg	6,9E-12	7,1E-12
Vanadium, ion	Emission to water	unspecified	kg	3,06E-07	3,45E-07
VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	Emission to water	unspecified	kg	1,84E-08	1,86E-08
Water	Emission to water	unspecified	m3	528,646	557,6837
Xylene	Emission to water	unspecified	kg	3,41E-06	4,9E-06
Zinc, ion	Emission to water	unspecified	kg	5,38E-06	6,96E-06

Fuente Propia