

E.T.S. de Ingeniería Industrial, Informática y de
Telecomunicación

Cálculo de los impactos ambientales de la actividad de NAITEC mediante herramientas ACV



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Iñigo Estornés Guinea

Alberto Navajas León

Pamplona, 1 de junio de 2022

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

RESUMEN

En el presente Trabajo de Fin de Grado se ha llevado a cabo el cálculo de los posibles impactos ambientales que genera el desarrollo de la actividad de Fundación I+D Automoción y Mecatrónica (NAITEC). Este cálculo se ha realizado mediante un Análisis del Ciclo de Vida (ACV) del Centro.

El objetivo del trabajo es analizar los posibles impactos ambientales de NAITEC para, posteriormente, poder emitir una serie de recomendaciones de mejora. Para ello, se ha realizado el ACV de la actividad del Centro en el año 2021.

En este trabajo se describe la metodología ACV, así como todas las fases que se han realizado para llevar a cabo el análisis. Por último, se muestran los resultados obtenidos y se proponen una serie de mejoras.

Para poder realizar el ACV se ha contado con el software Gabi (con la licencia de educación).

PALABRAS CLAVE: ACV, Análisis del Ciclo de Vida, cálculo de impactos ambientales, GaBi, huella de carbono.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	DESCRIPCIÓN DE NAITEC.....	1
1.2.	HISTORIA DEL CENTRO	2
1.3.	SECTORES QUE ABARCA NAITEC	3
1.3.1.	UNIDAD DE MOVILIDAD	4
1.3.2.	UNIDAD DE MECATRÓNICA.....	4
1.3.3.	UNIDAD DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS.....	5
1.3.4.	UNIDAD DE NUEVOS NEGOCIOS	6
1.4.	ORGANIZACIÓN INTERNA.....	6
1.4.1.	LAS SEDES	6
1.4.2.	UNIDADES DE NEGOCIO	9
1.4.3.	ÁREAS DE CONOCIMIENTO	9
1.5.	SOSTENIBILIDAD EN NAITEC.....	9
2.	METODOLOGÍA.....	10
2.1.	INTRODUCCIÓN AL ACV	10
2.2.	HISTORIA DEL ACV.....	13
2.3.	DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DEL ACV.....	14
2.3.1.	DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE	14
2.3.2.	ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA	15
2.3.3.	EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA	16
2.3.4.	INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA.....	17
2.4.	POSIBLES APLICACIONES	18
2.5.	SOFTWARE DE ACV UTILIZADO	18
2.5.1.	FUNCIONAMIENTO DE GABI	20
3.	ACV DE NAITEC.....	23
3.1.	DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE	23
3.1.1.	UNIDAD FUNCIONAL	23
3.1.2.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	23
3.2.	INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA.....	24
3.2.1.	INVENTARIO SEDE DE NOÁIN	25
3.2.2.	INVENTARIO SEDE DE PAMPLONA.....	27
3.2.3.	INVENTARIO SEDE DE ESTELLA.....	29
3.2.4.	DESPLAZAMIENTOS ENTRE SEDES.....	31
3.2.5.	MODELADO EN EL SOFTWARE GABI	31
3.3.	EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA	59

3.3.1.	CATEGORÍAS DE IMPACTOS	61
3.3.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
3.4.	INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA.....	74
3.4.1.	CONSUMO ELÉCTRICO.....	74
3.4.2.	SISTEMA DE CALEFACCIÓN/CLIMATIZACIÓN	75
3.4.3.	CONSUMO DE AGUA	76
4.	CONCLUSIONES	76
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: EF 3.0, indicadores y unidades	17
Tabla 2: Inventario sede de Noáin	27
Tabla 3: Inventario sede de Pamplona.....	28
Tabla 4: Inventario sede de Estella	30
Tabla 5: Desplazamientos NAITEC.....	31
Tabla 6: Fuentes generación eléctrica en Navarra 2020.....	34
Tabla 7: Fuentes generación eléctrica España 2020	35
Tabla 8: Indicadores ambientales utilizados y unidades.....	60
Tabla 9: Resultados ACV NAITEC.....	66
Tabla 10: Resultados ACV NAITEC Pamplona.....	68
Tabla 11: Resultados ACV NAITEC Noáin	70
Tabla 12: Resultados ACV NAITEC Estella	72
Tabla 13: Impactos ambientales de la generación de 1 kWh de energía eléctrica en Navarra ..	74
Tabla 14: Impactos anuales sistema de calefacción/climatización.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sedes de NAITEC.....	1
Figura 2: Unidades de negocio de NAITEC	3
Figura 3: Emplazamiento NAITEC Pamplona.....	7
Figura 4: Emplazamiento NAITEC Noáin	7
Figura 5: Emplazamiento NAITEC Estella	8
Figura 6: Objetivos de Desarrollo Sostenible	10
Figura 7: Etapas de vida de un producto.....	11
Figura 8: Etapas de un ACV. UNE-EN ISO 14040:2006	12
Figura 9: Definición de sostenibilidad	13
Figura 10: Evolución estructura ACV [8]	14
Figura 11: Diagrama de entradas y salidas de un sistema	16
Figura 12: Diferentes herramientas software del ACV	18
Figura 13: Ejemplos de bases de datos de ACV existentes	19
Figura 14: Añadir procesos en GaBi. Fuente: Tutorial GaBi	20
Figura 15: Crear procesos en GaBi. Fuente: Tutorial GaBi	21
Figura 16: Ejemplo flujos de un proceso en GaBi. Fuente: Tutorial GaBi	22
Figura 17: Modelado de un sistema en GaBi. Fuente: Tutorial GaBi	22
Figura 18: Descripción del sistema ACV	24
Figura 19: Simulador de carretera. NAITEC Pamplona.....	29
Figura 20: Generación eléctrica Navarra 2020. Fuente: BEN 2020.....	33
Figura 21: Gráfico generación eléctrica en Navarra 2020.....	34
Figura 22: Gráfico generación eléctrica España 2020	35
Figura 23: Entradas y salidas proceso Electricidad Navarra en GaBi	36
Figura 24: Proceso Electricidad Navarra en GaBi.....	36
Figura 25: Proceso productivo fabricación papel.....	37
Figura 26: Proceso fabricación papel en GaBi.....	38
Figura 27: Esquema síntesis del Bisphenol A diglycidyl ether.....	39
Figura 28: Entradas y salidas proceso Bisphenol A diglycidyl ether en GaBi	39
Figura 29: Proceso Bisphenol A diglycidyl ether en GaBi.....	40
Figura 30: Esquema síntesis ácido dicloroacético	40
Figura 31: Entradas y salidas proceso ácido dicloroacético en GaBi.....	41
Figura 32: Proceso ácido dicloroacético en GaBi	41
Figura 33: Esquema síntesis diisobutileno	42
Figura 34: Entradas y salidas proceso diisobutileno en GaBi.....	42
Figura 35: Proceso diisobutileno en GaBi	43
Figura 36: Entradas y salidas proceso mix de reactivos en GaBi.....	44
Figura 37: Proceso reactivos mix en GaBi	44
Figura 38: Entradas y salidas proceso mezcla para soldar en GaBi.....	45
Figura 39: Proceso mezcla para soldar en GaBi	45
Figura 40: Proceso producción de helio en GaBi	46
Figura 41: Entradas y salidas proceso gases mix en GaBi	47
Figura 42: Proceso gases mix en GaBi.....	47
Figura 43: Entradas y salidas proceso recuperación de disolvente en GaBi.....	48
Figura 44: Proceso recuperación de disolvente en GaBi.....	49
Figura 45: Entradas y salidas proceso tratamiento soluciones ácidas en GaBi.....	49

Figura 46: Proceso tratamiento soluciones ácidas en GaBi	50
Figura 47: Entradas y salidas proceso NAITEC Noáin en GaBi.....	51
Figura 48: Proceso NAITEC Noáin en GaBi	52
Figura 49: Entradas y salidas proceso NAITEC Pamplona en GaBi.....	53
Figura 50: Proceso NAITEC Pamplona en GaBi.....	54
Figura 51: Entradas y salidas proceso fabricación de tinta en GaBi.....	54
Figura 52: Proceso fabricación de tinta en GaBi	55
Figura 53: Entradas y salidas proceso NAITEC Estella en GaBi.....	56
Figura 54: Proceso NAITEC Estella en GaBi	57
Figura 55: Entradas y salidas proceso desplazamientos en GaBi.....	57
Figura 56: Proceso desplazamientos en GaBi	58
Figura 57: Entradas y salidas proceso actividad NAITEC en GaBi	58
Figura 58: Proceso actividad NAITEC en GaBi	59
Figura 59: Gráfica resultados ACV NAITEC.....	67
Figura 60: Gráfica resultados ACV NAITEC Pamplona.....	69
Figura 61: Gráfica resultados ACV NAITEC Noáin	71
Figura 62: Gráfica resultados ACV NAITEC Estella.....	73

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE NAITEC

Fundación I+D Automoción y Mecatrónica (comúnmente conocida como NAITEC) es el centro tecnológico especializado en movilidad y mecatrónica de Navarra.

La empresa nace como una iniciativa del Gobierno de Navarra que, con el apoyo de CEMITEC (el anterior centro tecnológico) y de la Universidad Pública de Navarra, acuerdan crear este nuevo centro tecnológico.

El objetivo de crear NAITEC es impulsar el desarrollo de las tecnologías capaces de desarrollar el sector de la automoción y de la mecatrónica [1]. Ambas, son líneas prioritarias del Plan Estratégico del Gobierno de Navarra.

En NAITEC, tienen el propósito de generar oportunidades de negocio a sus clientes, aportando soluciones tecnológicas para la mejora de la eficiencia, funcionalidad y sostenibilidad de sus productos y procesos.

El objetivo es aportar soluciones innovadoras y respetuosas con el medioambiente a través de la generación y transferencia de conocimiento diferencial. Todo ello, con orientación a un mercado global.

Para el desarrollo de su actividad, NAITEC cuenta con más de 70 empleados/as distribuidos/as en 3 sedes: la sede de Pamplona, la sede de Noáin y la sede de Estella (Figura 1).



Figura 1: Sedes de NAITEC

1.2. HISTORIA DEL CENTRO





Tras la idea de crear un nuevo centro tecnológico nace en 2018 NAITEC (Centro Tecnológico de Automoción y Mecatrónica). Está integrado por las personas del antiguo CEMITEC y por investigadores de la UPNA.

Las personas de NAITEC ven claro su futuro: aportar tecnologías aplicadas a la mejora de la eficiencia, funcionalidad y sostenibilidad de productos y procesos en el ecosistema europeo.

1.3. SECTORES QUE ABARCA NAITEC

Como ya se ha explicado antes, los sectores en los está especializada NAITEC son, fundamentalmente, el mundo de la automoción y de la mecatrónica. Pese a ello, la actividad de la empresa se divide en 4 unidades de negocio diferenciadas (Figura 2): la Unidad de Movilidad, la Unidad de Mecatrónica, la Unidad de Servicios Tecnológicos y la Unidad de Nuevos Negocios.



Figura 2: Unidades de negocio de NAITEC

A continuación, se describe cada área en profundidad.

1.3.1. UNIDAD DE MOVILIDAD

Dos de los objetivos claros de las empresas dedicadas al mercado de la movilidad son la seguridad y el confort. Y, además, ahora se suma el objetivo de crear productos sostenibles.

Teniendo una visión global del mercado de la movilidad, en NAITEC ofrecen soluciones para conseguir una movilidad sostenible e inteligente. Todo esto, con el objetivo de llegar a una movilidad segura y respetuosa con el medioambiente. Para conseguir estos dos objetivos, NAITEC se centra en las siguientes líneas de trabajo:

- VEHÍCULO AUTÓNOMO Y CONECTADO

El mercado está evolucionando con nuevos conceptos como los vehículos con conectividad o los sistemas asistidos. Los fabricantes deben adaptarse a las demandas del sector y en NAITEC se les ofrece todo tipo de soluciones en este ámbito.

- MOVILIDAD SOSTENIBLE

Este es uno de los retos más grandes que tiene el mercado de la movilidad actualmente. Se pretende llegar a que los productos sean más eficientes y sostenibles para poder obtener menores consumos y mayor autonomía en los vehículos. Para poder conseguir esto, en NAITEC se trabaja en los siguientes aspectos:

- Eficiencia energética
- Aligeramiento
- Electrónica impresa y fabricación avanzada

1.3.2. UNIDAD DE MECATRÓNICA

Actualmente, en el sector industrial se está dando un profundo cambio tecnológico debido a una mayor automatización y conectividad en los procesos de fabricación. Además, la integración de la inteligencia artificial (IA) en la industria está suponiendo una rápida digitalización del sector. Toda esta transformación de la industria trae consigo importantes retos a afrontar.

En NAITEC cuentan con experiencia en este sector desde 1989, ofreciendo soluciones completas orientadas a la industria del futuro.

Esto es posible gracias a equipos multidisciplinares y a los conocimientos adquiridos a lo largo de los años trabajando en este sector. Todo esto permite acompañar a las empresas en el desarrollo de sus productos o sus procesos mecatrónicos.

Estas son las áreas donde principalmente están especializados:

- Producto mecatrónico inteligente: los productos cada vez tienen que desempeñar más funciones de las que en principio fueron concebidas, haciendo necesaria una integración de la IA para la toma de decisiones y la conectividad.

- Transformación Digital de procesos industriales. Se trata de la industria 4.0 que cada vez más empresas están integrando en sus plantas de producción. Fábricas del futuro, inteligentes y conectadas.

1.3.3. UNIDAD DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS

Las empresas, antes de comercializar un producto, deben asegurarse que este cumpla con la normativa correspondiente, los estándares de calidad y que desempeñe su función correctamente. Para ello, los productos son sometidos a diferentes ensayos normalizados que certifican todo lo anterior.

NAITEC da soporte a las empresas en este aspecto ofertando ensayos en los siguientes campos:

- MATERIALES

Es muy importante para las empresas conocer los materiales con los que trabajan para poder asegurar un producto de calidad. Por ello, NAITEC ofrece servicio tecnológico y asesoramiento a empresas de multitud de sectores del tejido industrial. Estos son algunos de los servicios que se ofertan:

- Caracterización de materia prima
- Verificación de producto final
- Análisis de fallos y defectología
- Vigilancia y selección de materiales
- Recomendaciones y mejoras de productos

- COMPONENTES Y SISTEMAS MECÁNICOS

Los servicios que se ofrecen en este campo son la realización de ensayos estructurales y de caracterización sobre componentes y sistemas mecánicos. En NAITEC se ofrece el ciclo completo de ensayo, dando soluciones completas a las empresas:

- Análisis del comportamiento del componente mediante la instrumentación apropiada.
- Configuración de bancos de ensayo, adecuándose a cada componente y especificación del cliente.
- Reproducción de cargas de servicio y de condiciones adversas.
- Análisis de modos de fallo y valoración de resultados.
- Asesoramiento y propuestas de mejora, si procede.

- PRODUCTO ELECTRÓNICO

Los productos electrónicos, como cualquier otro producto, deben cumplir las normas pertinentes para poder ser comercializados. NAITEC da soporte a las empresas que deseen realizar ensayos a sus productos.

- SISTEMA COMPUTACIONAL

La simulación y modelado computacional ayuda a las empresas a la hora de desarrollar un nuevo producto o rediseñar uno ya existente. Gracias a este servicio se puede conocer cómo se va a comportar este nuevo producto con antelación. Ayuda a visualizar el comportamiento y a valorar la influencia de diferentes parámetros de proceso y diseño. Esto permite incrementar la calidad del producto, así como minimizar los costes de desarrollo.

1.3.4. UNIDAD DE NUEVOS NEGOCIOS

NAITEC pretende a través de esta unidad aprovechar sus capacidades, tanto para la implantación de tecnologías en sectores que no se utilizan (y que pueden ser una mejora sustancial), como en el fomento del emprendimiento y creación de empresas innovadoras de base tecnológica.

Sus principales actuaciones dentro de esta unidad son:

- Diversificar el sector aeroespacial (mediante la impresión electrónica embebida en composites) y el sector biomédico (con micro y nano fabricación de dispositivos microfluídicos y fabricación aditiva y bioprinting).
- Emprendimiento a través de la promoción y gestión de empresas tecnológicas que explotan tecnologías propias creadas en la actividad investigadora de NAITEC.

1.4. ORGANIZACIÓN INTERNA

La empresa está organizada internamente siguiendo una estructura dividida en 3 líneas: las sedes, las unidades de negocio y las áreas de conocimiento.

1.4.1. LAS SEDES

Como ya se ha expuesto anteriormente, la empresa cuenta con 3 sedes diferenciadas: la sede de Pamplona (sede social), la sede de Noáin y la sede de Estella.

La sede de Pamplona se encuentra en la Calle Tajonar número 20, contigua al Campus de Arrosadía de la UPNA (Figura 3).



Figura 3: Emplazamiento NAITEC Pamplona

En cuanto al emplazamiento de la sede de Noáin, esta se encuentra en el Polígono Mocholi, en la Plaza Cein número 4 (Figura 4).



Figura 4: Emplazamiento NAITEC Noáin

La sede de Estella se encuentra en el Parque Tecnológico Miguel de Eguía, en la Calle Zarapuz número 1 (Figura 5).



Figura 5: Emplazamiento NAITEC Estella

Los laboratorios y equipamiento están alojados en los edificios siguiendo la siguiente distribución:

Pamplona:

- Simulador de carretera de 12 grados de libertad.
- Bancos multipropósito.
- Bancos de velocidad variable
- Cámaras climáticas combinadas

Noáin:

- Laboratorio de nanofabricación.
- Laboratorio de desarrollo de electrónica.
- Laboratorio de ensayo y validación de producto electrónico.
- Laboratorio de materiales.

Estella

- Maquinaria para la fabricación por impresión.

1.4.2. UNIDADES DE NEGOCIO

En las cuatro unidades de negocio se sigue la siguiente estructura organizativa:

- Responsable de la Unidad de Negocio (RUN): se relaciona directamente con el cliente realizando las ofertas. Se encarga, además, de la organización y control de los proyectos que se estén llevando en la unidad.
- Gestor de Proyecto (GP): lleva y gestiona el proyecto en el que se encuentre.
- Líder de Paquete de Trabajo (LPT).

1.4.3. ÁREAS DE CONOCIMIENTO

Uno de los principales ejes entorno al que giran los centros tecnológicos es el conocimiento. Este es el que se aplica para poder desarrollar las soluciones que se ofertan a las empresas. Por ello, debe estar acorde con las necesidades del mercado.

NAITEC agrupa el conocimiento en 9 áreas:

- Inteligencia artificial y data analytics.
- Tecnologías digitales.
- Polímeros funcionales y composites.
- Fabricación aditiva y nanofabricación.
- Fabricación por impresión.
- Soluciones avanzadas de materiales.
- Ensayos y validación de componentes.
- EMC y seguridad eléctrica.
- Ingeniería de producto y proceso.

1.5. SOSTENIBILIDAD EN NAITEC

En 2015, las principales autoridades mundiales adoptaron un plan de acción para luchar con la problemática medioambiental global: La agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [2]. En esta se describen una serie de objetivos de desarrollo sostenible (ODS) para luchar contra la pobreza, defender los derechos humanos y salvaguardar el planeta (Figura 6).



Figura 6: Objetivos de Desarrollo Sostenible

NAITEC es consciente de este problema y quiere abordarlo basando las líneas de acción en el desarrollo del negocio hacia un modelo sostenible.

Por ello se propuso la realización de este trabajo: calcular los impactos ambientales que generaba la actividad de NAITEC siguiendo la metodología del Análisis del Ciclo de Vida.

Mediante este trabajo, se quiere analizar la actividad de la empresa para, así, poder obtener unas conclusiones y emitir unas recomendaciones de mejora.

2. METODOLOGÍA

2.1. INTRODUCCIÓN AL ACV

El objetivo de este trabajo, como ya se ha explicado anteriormente, es calcular los impactos ambientales que genera NAITEC en el desarrollo de su actividad. Para ello se va a utilizar la metodología de Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Esta metodología permite evaluar los posibles impactos ambientales de un producto o servicio en todas las fases de su vida, desde la extracción de las materias primas necesarias, hasta la gestión de los residuos (lo que se denomina “de la cuna a la tumba”) (Figura 7).

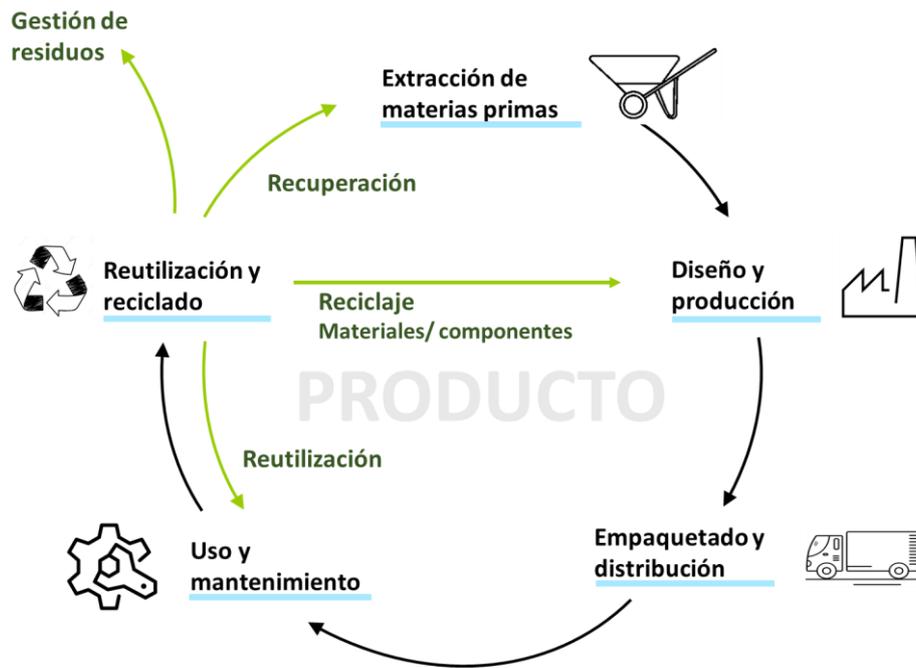


Figura 7: Etapas de vida de un producto

El Análisis del Ciclo de Vida sigue la metodología especificada en las normas ISO 14040 e ISO 14044 [3] y [4] respectivamente. En estas se define el ACV como una recopilación y evaluación de las entradas y salidas entre el sistema y el ambiente en cada una de las fases del proceso. Estas fases pueden abarcar desde la extracción de materias primas, transporte, diferentes fases de producción, uso y mantenimiento, hasta la gestión de los posibles residuos (deposición en vertedero, reciclado, etc.).

Por todo ello, el ACV permite analizar toda la vida de un producto o servicio en cada una de sus fases. Esto hace que sea una herramienta de estudio ambiental muy potente, ya que se puede evaluar qué fase del proceso productivo puede tener mayores impactos, cómo influye la gestión de los posibles residuos (dependiendo de la gestión los residuos pueden tener impactos negativos o positivos si se reciclan) o, incluso, identificar a la hora de diseñar los puntos más críticos y mejorarlos (ecodiseño).

Según la norma, el ACV se divide en cuatro fases o etapas:

- Definición del objetivo y alcance
- Análisis del inventario
- Evaluación del impacto
- Interpretación

Todas ellas están interrelacionadas (Figura 8), y se explicarán en profundidad más adelante.

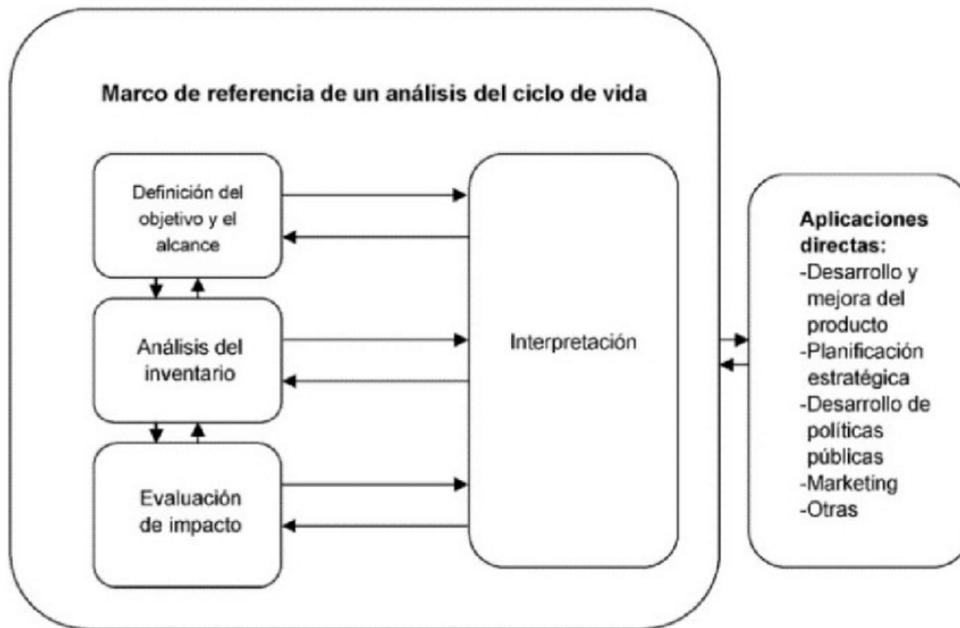


Figura 8: Etapas de un ACV. UNE-EN ISO 14040:2006

Los impactos calculados en el análisis se miden o expresan mediante diferentes indicadores. Hay numerosos indicadores ambientales (eutrofización del agua, calentamiento global, consumo de recursos, etc.) por ello, el ACV se diferencia de otros análisis de sostenibilidad medioambiental que sólo se centran en un grupo de indicadores en concreto, como pueden ser la Huella Hídrica o la huella de Carbono entre otros.

Teniendo en cuenta esto, hay que diferenciar el ACV con el concepto de sostenibilidad. Por muy completo que pueda parecer, el ACV solo evalúa los posibles impactos ambientales, sin embargo, el concepto de sostenibilidad va más allá [5]. La sostenibilidad se define como el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medioambiente y bienestar social (Figura 9). Por lo tanto, habría que sumar al análisis medioambiental el análisis social y el económico.

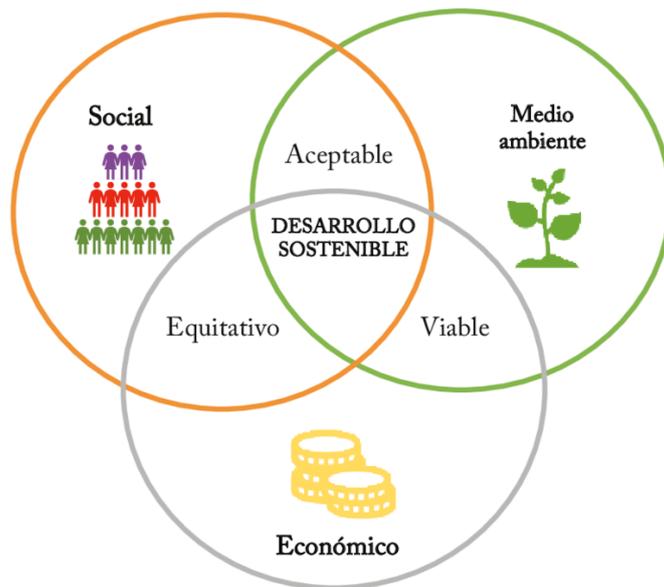


Figura 9: Definición de sostenibilidad

2.2. HISTORIA DEL ACV

El gran desarrollo tecnológico que ha sufrido la humanidad en los últimos años ha provocado cambios en el medio que nos rodea, acarreando problemas muy serios en el medioambiente. Esto ha hecho que, la idea de que los recursos de los que el ser humano dispone son infinitos se desvanezca poco a poco.

No fue hasta 1972, que las Naciones Unidas acordaron la necesidad de crear unos objetivos con el fin de disminuir el daño que el ser humano estaba causando sobre el medioambiente. En 1992 se celebró en Río de Janeiro la “Cumbre para la Tierra”. Una conferencia de medioambiente y desarrollo de las Naciones Unidas, donde se acordó tomar una línea de desarrollo sostenible, protegiendo el medioambiente y asegurando un desarrollo económico y social.

A partir de entonces, las políticas medioambientales fueron cobrando cada vez más importancia globalmente. Todas ellas en la misma dirección: disminuir lo máximo posible las emisiones (al suelo, al agua y al aire) y los residuos.

Paralelamente a todo esto, desde los años 70 van surgiendo herramientas de estudio y análisis medioambiental, pero sin duda, una de las más importantes es el ACV.

Esta herramienta de análisis medioambiental se desarrolla en un inicio en Estados Unidos. Es en el Midwest Research Institute donde se realizan los primeros estudios [6]. En sus orígenes, el ACV se enfoca únicamente en los recursos y energía requeridos para realizar un proceso. Los primeros estudios tienen como objetivo principal disminuir los recursos utilizados para, así, poder reducir las emisiones del proceso. Eran muy parecidos a los estudios actuales del Inventario del Ciclo de Vida, que solo contemplan la fase del inventario del ACV (dejando de lado una fase fundamental que es la de interpretación de los impactos calculados).

No fue hasta los años 90 cuando se produjo el despegue del ACV, dándose entonces un gran desarrollo de la metodología. La definición más utilizada hasta la fecha del ACV la da la Sociedad Química y Toxicológica Ambiental (SETAC) y describe el concepto que tenemos hoy en día del ACV. Y es la SETAC también quien unifica la metodología para la realización de los ACV en el “Código de prácticas para el ACV” [7]. Es este código el que impulsa la utilización del ACV a nivel mundial, lo que supuso que la Organización Internacional de Normalización (ISO) creara cuatro normas bajo la ISO 14040:1997 que describían a fondo la metodología del ACV (Figura 10).

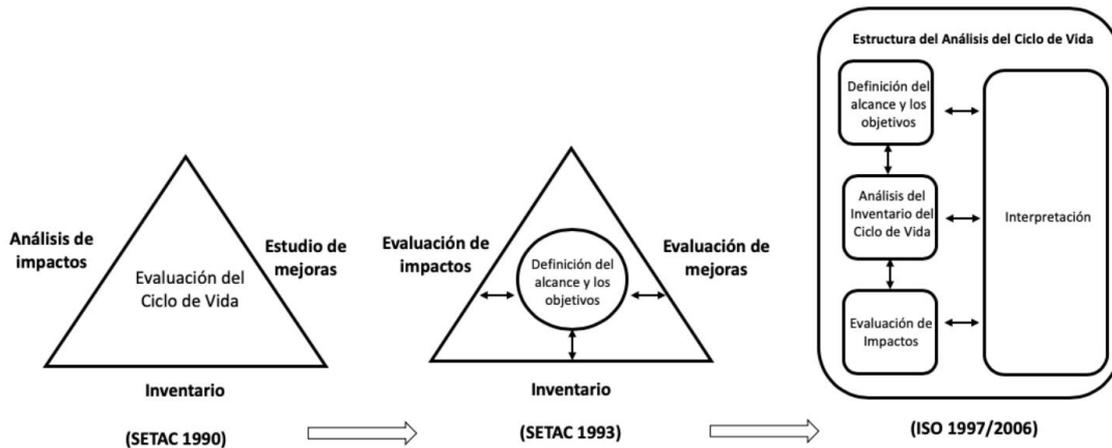


Figura 10: Evolución estructura ACV [8]

Son estas normas las que, años más tarde, se agruparían en las dos que tenemos en la actualidad: la ISO 14040:2006 y la ISO 14044:2006.

2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DEL ACV

Como se ha mencionado antes, el ACV tiene las siguientes fases:

- Definición del objetivo y alcance.
- Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV).
- Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV).
- Interpretación del ciclo de vida

A continuación, se describen cada una de las fases.

2.3.1. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE

En esta fase se marcan los objetivos que se quieren conseguir al realizar el ACV y se acota el alcance del análisis. Esto es lo primero que hay que hacer para facilitar la realización del trabajo, ya que, teniendo claro el objetivo y el alcance, la recogida de datos para la siguiente fase (el análisis del inventario) será mucho más sencillo. Esta fase es una de las más importantes del ACV.

A la hora de definir el objetivo se debe describir la aplicación prevista del estudio, las causas por las que se ha realizado, a quién van destinados los resultados y si van a ser públicos o no.

Para acotar el alcance hay que tener en cuenta el nivel de detalle al que se quiere llegar con el estudio y si es o no suficiente para llegar al objetivo marcado.

Además del objetivo y el alcance, en esta fase se definen la Unidad Funcional, los límites del sistema y los impactos a evaluar. La Unidad Funcional es aquella que permite cuantificar el rendimiento de un sistema de producto y proporciona una referencia común para, posteriormente, medir las entradas y salidas del sistema. Puede ser la fabricación de un objeto, el desempeño de una función durante un tiempo determinado, etc.

Para dejar claros los conceptos anteriores, y ver la importancia de esta fase dentro del ACV, se observa el siguiente ejemplo:

Se quiere comparar los impactos de emplear vasos de PE desechables o tazas de cerámica en una empresa para poder implantar la opción más favorable. En este caso, el objetivo del estudio sería la comparación de las dos opciones para elegir entre ellas la más favorable medioambientalmente.

Aun teniendo el objetivo claro, falta acotar más el estudio. Para ello, se define la Unidad Funcional del trabajo. En este caso la Unidad Funcional será contener 200 mL de café 3 veces al día durante un año entero. Los límites del sistema serán desde la obtención de las materias primas hasta la gestión de los residuos (“De la cuna a la tumba”).

Teniendo en cuenta todo esto, probablemente los impactos de la fabricación de la taza sean mayores que los de la fabricación del vaso desechable. Sin embargo, estimando una vida útil de la taza de 5 años los resultados cambian. Si suponemos que los vasos se utilizan una única vez (y que en un año hay alrededor de 250 días laborables), necesitaríamos alrededor de 750 vasos frente a una única taza.

Por todo ello es tan importante definir bien el objetivo y alcance, la Unidad Funcional y los límites del sistema.

2.3.2. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA

Esta etapa del ACV implica la recopilación de todas las entradas y salidas (inputs y outputs) de todos los procesos del sistema del producto que se han acotado en la etapa anterior. Todas estas entradas y salidas estarán referenciadas a la Unidad Funcional descrita en la primera etapa del ACV.

Como entradas del sistema hay que tomar todas las entradas de energía, materias primas, entradas auxiliares, etc. Como salidas hay que tener en cuenta los productos fabricados, los subproductos o residuos y todas las emisiones (al aire, al agua, y al suelo) (Figura 11).

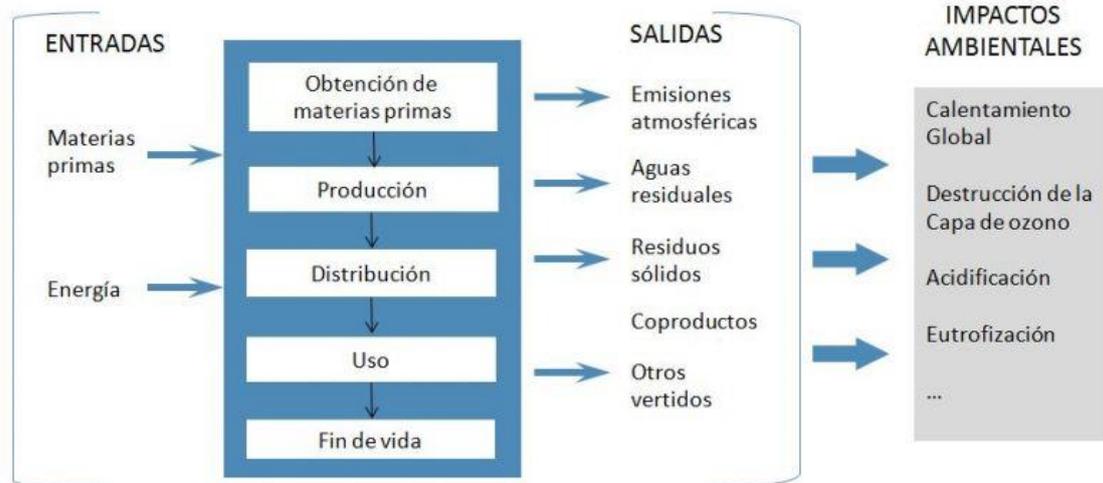


Figura 11: Diagrama de entradas y salidas de un sistema

2.3.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA

Esta etapa tiene como finalidad el evaluar los impactos ambientales potenciales utilizando los resultados del Inventario del ciclo de vida. Para realizar esta evaluación de forma correcta hay que seguir las siguientes fases:

- La primera fase se trata de la selección de las categorías de impacto, los indicadores y los modelos de caracterización a utilizar. El objetivo de esta fase es escoger los impactos que se quieren evaluar y qué modelos de cálculo se van a emplear.
- La segunda fase aborda el tema de la asignación de los resultados del inventario de ciclo de vida a los impactos seleccionados.
- La última fase de la evaluación es la del cálculo y evaluación de los resultados obtenidos en cada una de las categorías de impacto.

A la hora de realizar los cálculos se suelen emplear modelos de cálculo de impactos ya desarrollados por alguna organización, como pueden ser ReCiPe, EF 3.0 (Tabla 1), ILCD o CML. Estos modelos de cálculo son, básicamente, una serie de indicadores de diferentes categorías de impacto agrupados.

Environmental Footprint 3.0 (EF 3.0)	
Acidification terrestrial and freshwater	Mole of H+ eq.
Cancer human health effects	CTUh
Cancer human health effects (Inorganic)	CTUh
Cancer human health effects (Metal)	CTUh
Cancer human health effects (Organic)	CTUh
Climate Change	kg CO2 eq.
Climate Change (biogenic)	kg CO2 eq.
Climate Change (fossil)	kg CO2 eq.
Climate Change (land use change)	kg CO2 eq.
Ecotoxicity freshwater	CTUe
Ecotoxicity freshwater (Inorganic)	CTUe
Ecotoxicity freshwater (Metals)	CTUe
Ecotoxicity freshwater (Organic)	CTUe
Eutrophication freshwater	kg P eq.
Eutrophication marine	kg P eq.
Eutrophication terrestrial	kg P eq.
Ionising radiation - human health	kBq U235 eq.
Land Use	Pt
Non-cancer human health effects	CTUh
Non-cancer human health effects (Inorganic)	CTUh
Non-cancer human health effects (Metals)	CTUh
Non-cancer human health effects (Organic)	CTUh
Ozone depletion	kg CFC-11 eq.
Photochemical ozone formation - human health	kg NMVOC eq.
Resource use, energy carriers	MJ
Resource use, mineral and metals	kg Sb eq.
Respiratory inorganics	Disease incidences
Water scarcity	m ³ world equiv.

Tabla 1: EF 3.0, indicadores y unidades

2.3.4. INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA

En esta última fase, el objetivo es interpretar los resultados obtenidos en el ACV para poder sacar una serie de conclusiones. Estas conclusiones y/o recomendaciones irán destinadas a las partes interesadas en el ACV, por lo tanto, deberán de ser claras y comprensibles (ya que, el público al que va destinado el análisis no tiene por qué ser experto en la materia).

2.4. POSIBLES APLICACIONES

El principal objetivo del ACV es conocer los posibles impactos que va a generar el producto o servicio analizado en el medioambiente. Sin embargo, las aplicaciones que se pueden obtener con este análisis son muchas.

Una de las principales aplicaciones puede ser la elección de la mejor alternativa (medioambientalmente hablando). Mediante el ACV, se pueden comparar las diferentes opciones disponibles y conocer los posibles impactos de cada una.

Otra de las posibles aplicaciones de un ACV es la de, conociendo los puntos críticos del producto o servicio, mejorar su diseño (por ejemplo, cambiando los materiales o aligerando el peso). Esto se denomina Ecodiseño.

Además, el conocer los posibles impactos de un producto o servicio ofrece ventajas de cara al marketing. Muchas empresas realizan estudios medioambientales a sus productos para, posteriormente, indicar los bajos impactos que generan al medioambiente.

2.5. SOFTWARE DE ACV UTILIZADO

En los últimos años se han desarrollado diferentes softwares y bases de datos para la realización de los ACV (Figura 12). Gracias a estos se pueden realizar ACV de un modo objetivo, permitiendo utilizar bases de datos muy extensas y obteniendo resultados de muy buena calidad.



Figura 12: Diferentes herramientas software del ACV

Estos son algunos de los softwares más utilizados [9]:

- SimaPro: es uno de los más importantes a nivel global. Presenta versiones de iniciación y es adecuada para realizar análisis de procesos complejos.

- Eco-it: esta herramienta es bastante más sencilla que la anterior, ya que está orientada a diseñadores de productos o envases. Es de manejo muy sencillo
- Air.e LCA: permite calcular tanto ACV como Huella de Carbono. Una herramienta muy potente para el diseño de sistemas y mapa de procesos.
- OpenLCA: es un software libre y gratuito para realizar ACV completos. Al ser libre permite adaptar bases de datos de otros programas, ofreciendo una gran versatilidad.
- GaBi: es otro de los softwares más empleados. Cuenta también con licencias de estudiante y permite realizar análisis muy completos.
- TEAM: esta herramienta es muy potente, pero algo difícil de utilizar.
- UMBERTO: con esta herramienta se obtienen resultados claros y transparentes. Además, con este software, se puede estudiar el ciclo de vida de cote económico.

En cuanto a las bases de datos, cada software tiene la suya propia. Las hay más o menos extensas, lo cual influirá en el nivel de complejidad de ACV que te permitan realizar.

Además de estas, también hay bases de datos de empresas privadas (Figura 13). Estas son de pago y suelen ser mucho más completas que las gratuitas.



Figura 13: Ejemplos de bases de datos de ACV existentes

En este caso, para la realización del ACV se ha optado por el software GaBi. En concreto la versión GaBi ts 9.5 con la licencia de educación. Se ha elegido este software ya que en la UPNA se trabaja con este mismo (porque dispone de versión gratuita para estudiantes).

GaBi cuenta con una de las mejores bases de datos propias, aunque la versión de estudiante (que es la que se ha utilizado para la realización de este trabajo) tiene una base de datos reducida respecto a la original. Esto ha hecho que, los procesos que no

se tuvieran a disposición en la base de datos, hubiera que modelarlos manualmente. Este modelado se ha realizado a partir de los procesos que se encuentran disponibles en la versión de estudiante.

El modelado de estos procesos se describirá más adelante.

2.5.1. FUNCIONAMIENTO DE GABI

A continuación, se va a describir el funcionamiento del software y la interfaz de este. La desarrolladora del programa (Thinkstep) ofrece un tutorial para conocer el funcionamiento de GaBi. En su página web hay disponibles vídeos en los que se enseñan todos los pasos a seguir para realizar un ACV con éxito. Además, hay dos PDFs explicando también todas funcionalidades que el programa ofrece. Para poder explicar el funcionamiento del software, se utilizarán capturas del modelo tutorial que alberga por defecto el programa: el ACV de un clip para papeles de acero.

El funcionamiento del software es muy sencillo e intuitivo. Para modelar el sistema que se va a analizar, lo primero que hay que hacer es dibujar el diagrama del sistema en el programa. Esto es, básicamente, introducir todos los procesos que forman el sistema de una forma ordenada.

Para ello, en el árbol de la izquierda (en la pestaña de planes) se crea un nuevo plan. Una vez creado, ya se pueden añadir los procesos. Se pueden añadir procesos ya creados (Figura 14) o crear unos nuevos.

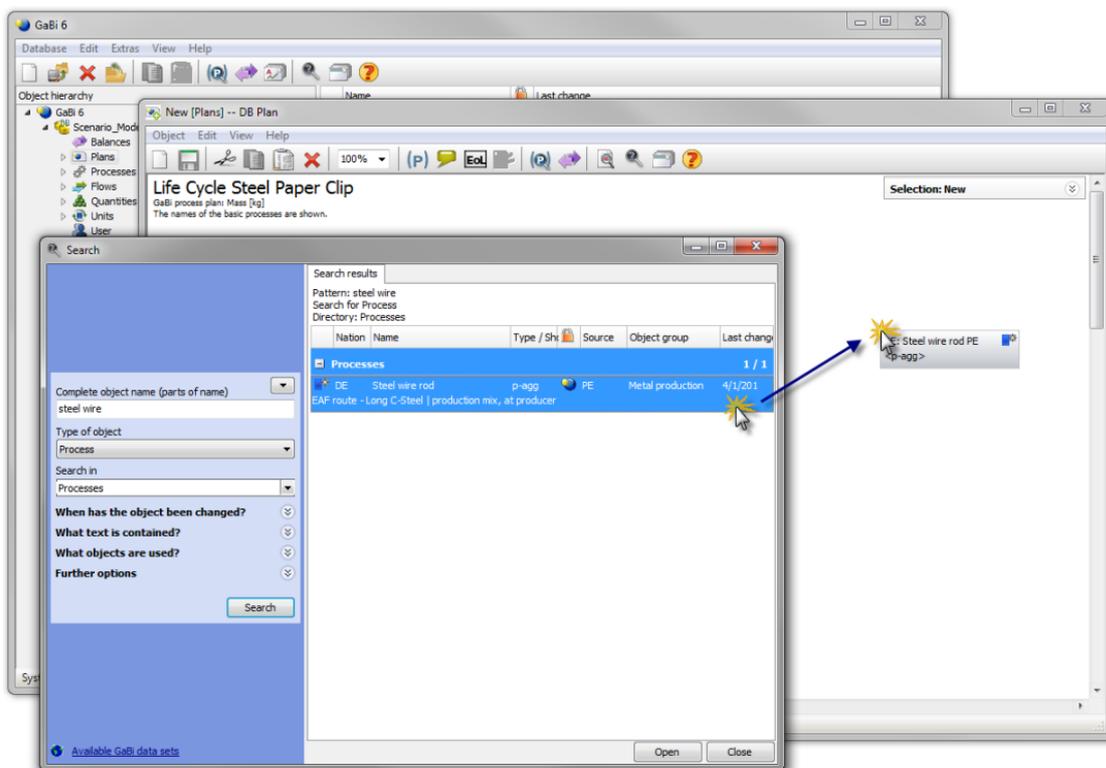


Figura 14: Añadir procesos en GaBi. Fuente: Tutorial GaBi

Al crear un nuevo proceso, se deben meter los flujos de “input” y “output” (los flujos de entrada y salida de cada proceso) con las cantidades de cada uno (Figura 15).

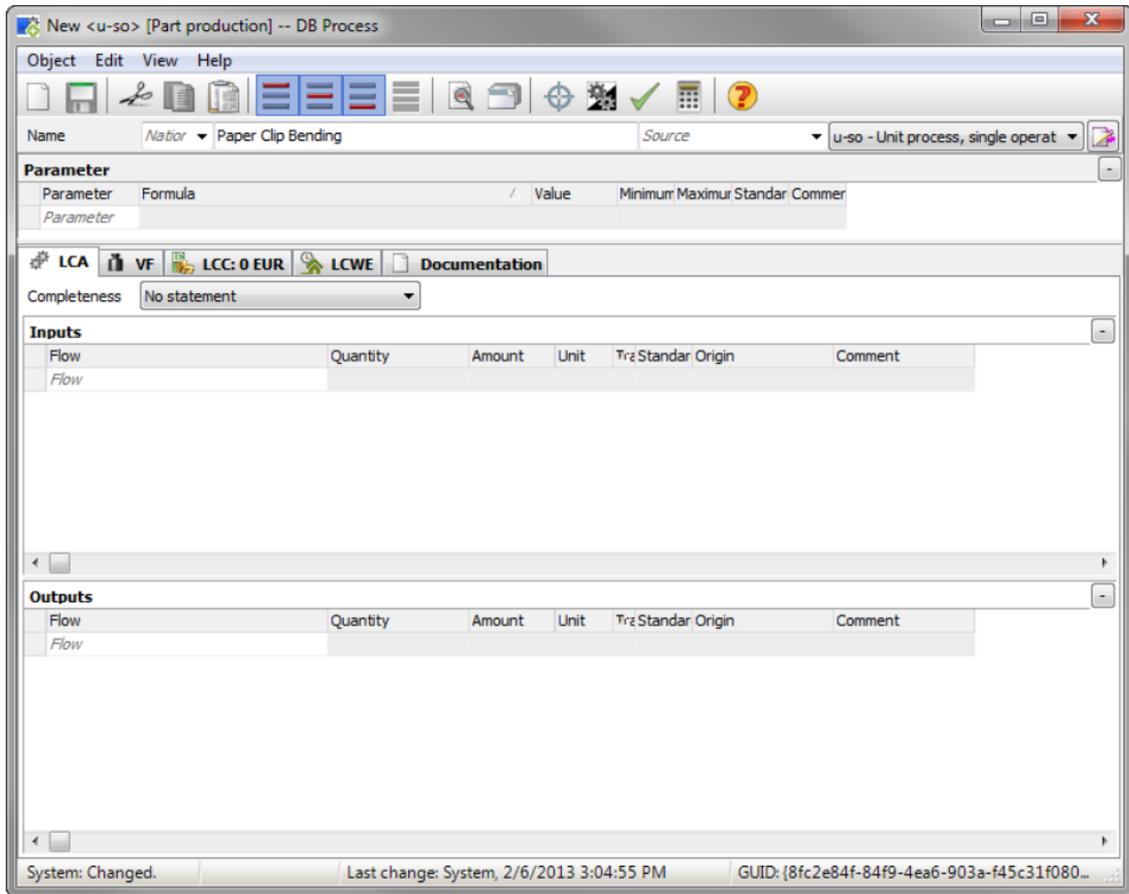


Figura 15: Crear procesos en GaBi. Fuente: Tutorial GaBi

Para introducir los flujos de entrada y salida se pueden buscar en la base de datos o crear flujos nuevos. Se debe determinar el flujo, la cantidad y las unidades de referencia. Todo esto, teniendo en cuenta la unidad funcional del ACV, en este caso la fabricación, uso y fin de vida de un solo clip.

Por ejemplo, en el proceso de fabricación del clip, se introduce el flujo de la electricidad necesaria para fabricar un solo clip: 0,00036 MJ. Además de este, se introduce también el flujo de cable de acero necesario: 0,00035 kg (el peso de un clip). Como salida se tiene únicamente el clip de acero ya fabricado (Figura 16).

Inputs			
Flow	Quantity	Amount	Unit
Electricity [Electric power]	Energy (net ca)	0.00036	MJ
Steel wire [Metals]	Mass	0.00035	kg
Flow			

Outputs			
Flow	Quantity	Amount	Unit
Steel Paper Clip [Metal parts]	Mass	0.00035	kg
Flow			

Figura 16: Ejemplo flujos de un proceso en GaBi. Fuente: Tutorial GaBi

Una vez hecho esto con todos los procesos del sistema a analizar, se unen unos con otros mediante los flujos que pasan de una fase del proceso productivo a otra (Figura 17).

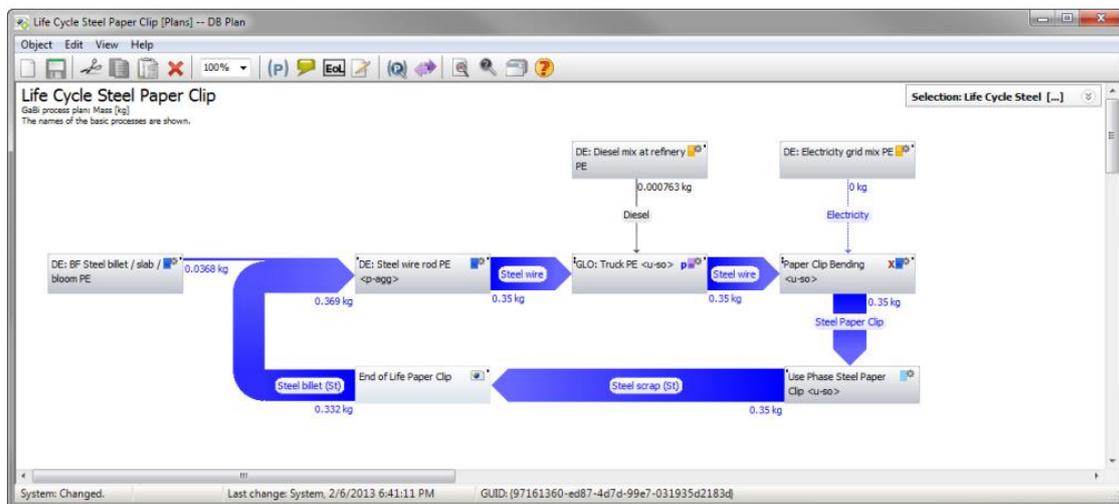


Figura 17: Modelado de un sistema en GaBi. Fuente: Tutorial GaBi

Como se puede observar, se ha modelado el ciclo de vida completo del clip de acero, desde la fabricación de los lingotes de acero, hasta el reciclado del clip.

Este es un proceso productivo bastante simple, ya que no tiene muchos flujos de entrada o salida, pero sirve para comprender el funcionamiento del programa.

3. ACV DE NAITEC

3.1. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE

Como ya se ha explicado anteriormente, en esta primera fase del ACV se marca el objetivo del análisis y se acota el alcance que va a tener.

En este caso, el objetivo es calcular los impactos que pueda generar NAITEC en el desarrollo de su actividad para poder emitirse unas recomendaciones de mejora y, así, intentar disminuir el impacto de la empresa en el medioambiente.

El análisis se realizará “de la cuna a la tumba”, es decir, se estudiará desde la obtención de las materias primas, hasta la gestión de los residuos generados. Este es el análisis más completo que se puede realizar, ya que se tiene en cuenta todo el ciclo de vida del producto o servicio.

3.1.1. UNIDAD FUNCIONAL

En este caso se ha decidido que la Unidad Funcional (UF) de este ACV va a ser la actividad de NAITEC ejercida durante un año entero de trabajo. Se ha elegido esta UF de entre otras opciones (como, por ejemplo, la actividad de un mes de trabajo) porque se ha considerado que, contemplando un año entero, se obtendrán resultados mucho más representativos (ya que hay meses con mayor actividad que otros).

Se ha elegido el año 2021 para realizar el análisis, debido a que es el último año del que se disponen datos completos.

Además, se realizará un ACV de cada sede por separado para poder obtener una visión más clara del origen de los impactos y, posteriormente, un ACV de la actividad de las 3 sedes para obtener los posibles impactos globales de NAITEC.

3.1.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En este apartado se van a describir los procesos que se van a tener en cuenta para realizar el análisis.

A continuación, se representa el diagrama del sistema común a las tres sedes.



Figura 18: Descripción del sistema ACV

Como se muestra en el diagrama, se estudiarán las entradas de energía (ya sea eléctrica o proveniente de combustibles), la entrada del agua y las entradas de las materias primas necesarias para realizar la actividad (dependiendo de la sede serán unas u otras). Todas las entradas se analizarán desde el proceso de la obtención de las materias primas hasta la llegada a NAITEC.

En cuanto a las salidas, se analizarán cualquier tipo de emisión que se genere (ya sea al agua, al suelo o al aire) y, además, se tendrán en cuenta la gestión o el tratamiento que sufran los residuos generados en NAITEC.

Por último, a la hora de realizar el ACV global de NAITEC (englobando la actividad de las 3 sedes) se tendrán también en cuenta los desplazamientos entre sedes y los desplazamientos relacionados con visitas a otras empresas u organizaciones por motivos laborales.

No se tendrán en cuenta en este análisis los desplazamientos del lugar de residencia de cada empleado a su lugar de trabajo, la fabricación de los equipos e instalaciones y la construcción de los edificios.

3.2. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA

El Inventario del Ciclo de Vida (ICV), como ya se ha explicado anteriormente, se basa en la obtención de los datos de todas las entradas y salidas del sistema analizado.

Estos datos se han recogido mediante las facturas de consumo de los recursos de todo el año 2021. En estas se pueden observar los consumos básicos y comunes en las tres sedes: la electricidad consumida, el sistema de calefacción (ya sea por gas natural o por gasoil) o el agua (de riego o de consumo); y los consumos específicos de cada sede: los reactivos empleados en los laboratorios de Noáin, aceites y lubricantes en los talleres de Pamplona o las tintas de las instalaciones de Estella. Se ha realizado un ICV de cada sede de NAITEC por separado y se detallan a continuación.

3.2.1. INVENTARIO SEDE DE NOÁIN

Para realizar el inventario de la sede de Noáin se ha dividido en 3 grupos de entradas: consumos comunes, reactivos y gases.

- CONSUMOS COMUNES

Asociados a las instalaciones en general. Son prácticamente los consumos que puede tener cualquier edificio o centro de trabajo:

- Electricidad: imprescindible para el sistema de iluminación y para la alimentación de todos los equipos e instalaciones del edificio.
- Gasóleo: el sistema de calefacción de la sede de Noáin funciona mediante este combustible.
- Agua: necesaria para el mantenimiento de las instalaciones, desarrollo de servicios/proyectos, funcionamiento del sistema de calefacción/climatización, aseos o riego de los jardines exteriores.
- Papel: uno de los consumos más básicos de cualquier centro de trabajo y que puede tener influencia por su proceso de fabricación.

- REACTIVOS

Son los productos químicos que se emplean en los distintos laboratorios como:

- Laboratorio de materiales poliméricos
- Laboratorio de nanopartículas
- Ensayos químicos
- Laboratorio de materiales metálicos
- Ensayos físicos
- Laboratorio de deposición de materiales
- Laboratorio de bioseguridad

- GASES

Al igual que los reactivos, son necesarios para desempeñar las tareas en las siguientes zonas:

- Laboratorio de materiales poliméricos
- Laboratorio de nanopartículas
- Ensayos químicos
- Ensayos climáticos
- Laboratorio ensayos metálicos
- Sala MEB
- Laboratorio de deposición de materiales

INVENTARIO NOÁIN		
FLUJO	CANTIDAD	UNIDAD
ENTRADAS: CONSUMOS COMUNES		
ELECTRICIDAD	431789	kWh
GASOIL	42000	L
AGUA DE RIEGO	2635	m ³
AGUA COMÚN	940	m ³
PAPEL	147	Paquete (500 hojas)
ENTRADAS: REACTIVOS		
SODIO CLORURO PA-ISO9227	225	kg
UN1993, LÍQUIDO INFLAMABLE (MEZCLA ALCOHOLES)	25	L
UN1090, ACETONA	51	L
UN1219, ISOPROPANOL	25	L
UN1170, ALCOHOL ETÍLICO (99%)	35	L
UN2031, ÁCIDO NÍTRICO (69% PA)	12	L
UN1789, ÁCIDO CLORHÍDRICO (37% PA)	6	L
UN3295, HIDROCARBUROS LÍQUIDOS NEP	5	L
UN1294, TOLUENO	3	L
CUARZO POLVO 0,04-0,15 MM	2	kg
UN1262, OCTANOS (iso-Octano)	2	L
BISPHENOL A DYGLICIDYL ETHER	1	kg
HEPTANO MEZCLA ALCANOS PA	1	L
GLICERINA	1	L
UN2789, ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL	1	L
ÁCIDO DICLOROACÉTICO 99%	1	L
DIISOBUTILENO (2,4,4-TRIMETILPENTENO)	1	L
ENTRADAS: GASES		
NITRÓGENO LÍQUIDO	565	kg
AIRE SINTÉTICO	35,4	kg
ARGÓN	1370	kg
NITRÓGENO	174	kg
MEZCLA PARA SOLDAR	18,4	kg
HIDRÓGENO	0,8	kg
OXÍGENO	14,2	kg
HELIO	10,7	kg

SALIDAS		
MATERIAL CONTAMINADO	324	kg
TALADRINA	25	kg
ACEITE	20	kg
PRODUCTOS CADUCADOS	66	kg
MATERIAL CONTAMINADO CON NANOPARTÍCULAS	55	kg
SOLUCIONES ÁCIDAS	62	kg
ACEITES LUBRICANTES	26	kg
SOLUCIONES NO HALOGENADAS	23	kg
AGUAS CON BARNIZ	11	kg
TALADRINA	157	kg
AGUA DE USO COMÚN	940	m ³
RESIDUO PLÁSTICOS	400	kg
RESIDUO PAPEL Y CARTÓN	368	kg

Tabla 2: Inventario sede de Noáin

En cuanto a las salidas, se han tenido en cuenta todos los residuos recogidos por las gestoras en el año 2021. La mayoría de estos residuos están relacionados con la actividad realizada en los diferentes laboratorios.

3.2.2. INVENTARIO SEDE DE PAMPLONA

A la hora de realizar la recogida de datos de las entradas y salidas de la sede de Pamplona se observa que la cantidad de flujos es significativamente menor que en la sede de Noáin. Esto es debido al tipo de trabajo que se realiza en Pamplona. En esta sede, básicamente se realiza trabajo de oficina y, en los talleres, se desarrollan ensayos estructurales y de validación de componentes. Por ello, la cantidad de recursos necesaria para realizar la actividad es menor.

Las entradas que comparte con la sede de Noáin (y con la de Estella) son los consumos comunes que ya hemos descrito anteriormente y, además de estas, están las entradas de talleres.

INVENTARIO PAMPLONA		
FLUJO	CANTIDAD	UNIDAD
ENTRADAS: CONSUMOS COMUNES		
ELECTRICIDAD	782312	kWh
GAS NATURAL	282284	kWh
AGUA DE RIEGO	1421	m ³
AGUA COMÚN	733	m ³
PAPEL	66	Paquete (500 hojas)
ENTRADAS: TALLERES		
TRAPOS DE ALGODÓN RECICLADO	173	kg
ACEITE	600	kg
TALADRINA	25	kg
SALIDAS		
AGUA DE USO COMÚN	733000	kg
CHATARRA ACERO	3100	kg
ACEITE Y TALADRINA	466	kg
RESIDUO TRAPOS	173	kg
RESIDUO PAPEL Y CARTÓN	165	kg

Tabla 3: Inventario sede de Pamplona

Como se puede observar en la Tabla 3, los consumos comunes varían de un edificio a otro. Por ejemplo, el consumo de energía eléctrica es casi el doble que el de la sede de Noáin. Esto es debido a la maquinaria con la que se trabaja en Pamplona. Para realizar los ensayos se utilizan unas bancadas, muy potentes en algunos casos, que demandan mucha energía en su funcionamiento (como, por ejemplo, el simulador de carretera) (Figura 19).



Figura 19: Simulador de carretera. NAITEC Pamplona.

Por otro lado, se puede observar también que el consumo de agua o papel disminuyen respecto a Noáin. El consumo de energía térmica no se puede comparar de un edificio a otro, ya que en Noáin se utiliza gasóleo para el funcionamiento del sistema de calefacción y en Pamplona se utiliza gas natural.

Además de estos consumos comunes, se indican las entradas referidas a los consumos de los talleres. Como se puede observar, básicamente son aceites y taladrinas para las máquinas y trapos.

Al igual que en las entradas, los residuos generados por la sede de Pamplona son menores que los generados en Noáin. Destaca la cantidad de chatarra de acero. Esto es debido a que las piezas a las que se realizan los ensayos son en su mayoría de este material. Estos ensayos suelen ser destructivos, esto quiere decir que la pieza queda inservible al finalizar el ensayo.

3.2.3. INVENTARIO SEDE DE ESTELLA

La actividad que se desarrolla en la sede de Estella es fundamentalmente la fabricación por impresión. Por ello, las entradas de esta se han dividido en: los consumos comunes (que ya se han visto anteriormente en las sedes de Noáin y Pamplona) y los consumos relacionados con la fabricación por impresión.

En la sede de Estella, los consumos de electricidad, gasoil y agua no se han podido obtener mediante las facturas ya que, al ser el edificio propiedad del Ayuntamiento de Estella, es este el que se hace cargo de todos los gastos derivados de su uso (electricidad, gasoil y agua). NAITEC se hace cargo de la parte proporcional que le toca (en el edificio hay más organizaciones o empresas trabajando). Por todo ello, se ha tenido que calcular una estimación con el precio de cada consumo y la factura que el Ayuntamiento de Estella le pasa a NAITEC.

INVENTARIO ESTELLA		
FLUJO	CANTIDAD	UNIDAD
ENTRADAS: CONSUMOS COMUNES		
ELECTRICIDAD	133033	kWh
GASOIL	5709	kg
AGUA DE RIEGO	571340	m ³
AGUA COMÚN	244860	m ³
PAPEL	12	Paquete (500 hojas)
ENTRADAS: IMPRESIÓN		
TINTAS	20	kg
BRENTOL	100	L
ETHOXILATED ALCOHOL	100	L
ACETONA	50	L
SALIDAS		
PLÁSTICO (170203) BOBINA	273	kg
PAPEL Y CARTÓN	617	kg
RESIDUO HETEROGENEO NO VALORIZABLE (BASURA)	215	kg
MADERA	300	kg
MATERIAL CONTAMINADO	340	kg
PRODUCTOS CADUCADOS	220	kg
ENVASES PLÁSTICOS CONTAMINADOS	142	kg
PINTURA Y BARNIZ CON DISOLVENTE	90	kg
AGUAS CON BARNIZ	10	kg
CHATARRA ACERO	805	kg

Tabla 4: Inventario sede de Estella

En la Tabla 4 se puede observar que los consumos son mucho menores que en el resto de las sedes. Esto es debido a que, en esta sede, trabajan menos empleados que en las sedes de Pamplona o Noáin.

Los consumos derivados de la fabricación por impresión son, fundamentalmente, las tintas y los productos que se utilizan para la limpieza necesaria en el proceso productivo.

En cuanto a las salidas, estas tienen que ver con los residuos generados en esta sede. Se puede apreciar que las más destacables son las debidas a residuos de papel y cartón y a la chatarra de acero.

3.2.4. DESPLAZAMIENTOS ENTRE SEDES

Además de los flujos de entrada y salida de las diferentes sedes de NAITEC hay que tener en cuenta también los desplazamientos que se realizan anualmente entre estas.

Ya sea por la necesidad de utilizar instalaciones o equipamientos específicos, la programación de reuniones de equipos de proyecto o por cualquier otro motivo laboral, los empleados de NAITEC deben realizar desplazamientos entre las sedes.

Estos desplazamientos, aunque sean necesarios, tienen impacto en los indicadores medioambientales. Es por ello que se realiza una recopilación de los kilómetros realizados por los empleados en todo el 2021.

DESPLAZAMIENTOS		
TIPO	CANTIDAD	UNIDAD
INTERNOS	17701	km
EXTERNOS	18632	km

Tabla 5: Desplazamientos NAITEC

Como se puede observar en la Tabla 5, los desplazamientos se han dividido en internos y externos. Los internos son los desplazamientos realizados por los empleados entre las 3 sedes y los externos son los desplazamientos realizados a otras empresas u organizaciones por motivos laborales.

Se puede ver que los desplazamientos entre sedes son casi la mitad (48,72%) de los desplazamientos totales realizados por los empleados de NAITEC en el año 2021.

Una vez obtenidos todos los datos necesarios, el siguiente paso es modelar el sistema en el software ACV, en este caso GaBi.

3.2.5. MODELADO EN EL SOFTWARE GABI

Anteriormente se ha explicado (a grandes rasgos) el funcionamiento básico de GaBi. En este apartado se describe cómo se han pasado los datos obtenidos en la fase de análisis del inventario a GaBi para poder calcular los impactos ambientales del sistema.

El primer paso que se realiza es una primera búsqueda en la base de datos del programa para saber qué procesos habrá que modelar y cuáles no. Se ve que muchos de los procesos necesarios sí que se encuentran en la base de datos de GaBi, sin embargo, hay algunos que no están disponibles. Se debe recordar que la base de datos de GaBi disponible para realizar este ACV es una versión reducida de la original, por lo tanto, se deben modelar los procesos no encontrados.

Para poder encontrar la información suficiente como para modelar un proceso productivo en un ACV se ha tenido que realizar una búsqueda muy exhaustiva en la

bibliografía. Hay que tener en cuenta que no es suficiente con saber cómo es un proceso productivo y qué fases tiene. Además de esto, se deben conocer todos los flujos del proceso (tanto entradas, como salidas) referidos a una unidad funcional para poder realizar el modelado correctamente.

En algunos casos no es necesario el modelado, ya que los procesos que no se encuentran disponibles en la base de datos de GaBi se sustituyen por otros equivalentes. Por ejemplo, la entrada “UN1993, LIQUIDO INFLAMABLE (MEZCLA ALCOHOLES)” de la sede de Noáin se sustituye por el proceso del etanol, debido a que se considera que los impactos de la fabricación son equivalentes. En la descripción del modelado de cada sede, se indicarán las entradas que se hayan sustituido por procesos equivalentes.

A continuación, se describen todos los procesos que han sido necesarios modelar para la realización de este ACV.

- ELECTRICIDAD DE NAVARRA

El primer proceso que se modela es la generación de la electricidad en Navarra. En la base de datos de GaBi sí que hay un proceso de generación de electricidad en España, pero se considera que, modelando la generación eléctrica de Navarra, los resultados del ACV serán mucho más precisos.

Para realizar el modelado del proceso de generación eléctrica en Navarra se han seguido los datos de la generación en Navarra de 2020. Esto es debido a que, a fecha de realización de este trabajo, no están disponibles los datos de 2021.

En el año 2020, en Navarra más de la mitad de la energía eléctrica fue producida mediante fuentes renovables [10]. De la energía generada en este año, un total de 6607 GWh, el 53,6% era de origen renovable.

La principal fuente de energía eléctrica renovable fue la eólica, con el 35,9% de la generación total anual (Tabla 7). Le siguen la minihidráulica con un 6,6% (se diferencia de la hidráulica en que se aprovechan los pequeños saltos de agua en los ríos para la producción de la electricidad, por lo tanto, no es necesaria la construcción de una presa [11]), la solar fotovoltaica con un 4,6%, la biomasa con un 3,6%, el biogás con un 1,6% y, por último, la hidráulica con un 1,3%.

Estos datos se han obtenido del Balance Energético de Navarra 2020 (BEN 2020) [12]. En este se pueden ver todos los datos relacionados con el consumo y la generación de energía en Navarra.

En las gráficas que se muestran a continuación (Figura 20), se puede observar las fuentes empleadas para la generación de la electricidad (superior – izquierda), la electricidad que se ha obtenido de cada fuente (superior – derecha) y el destino final de la electricidad (inferior).

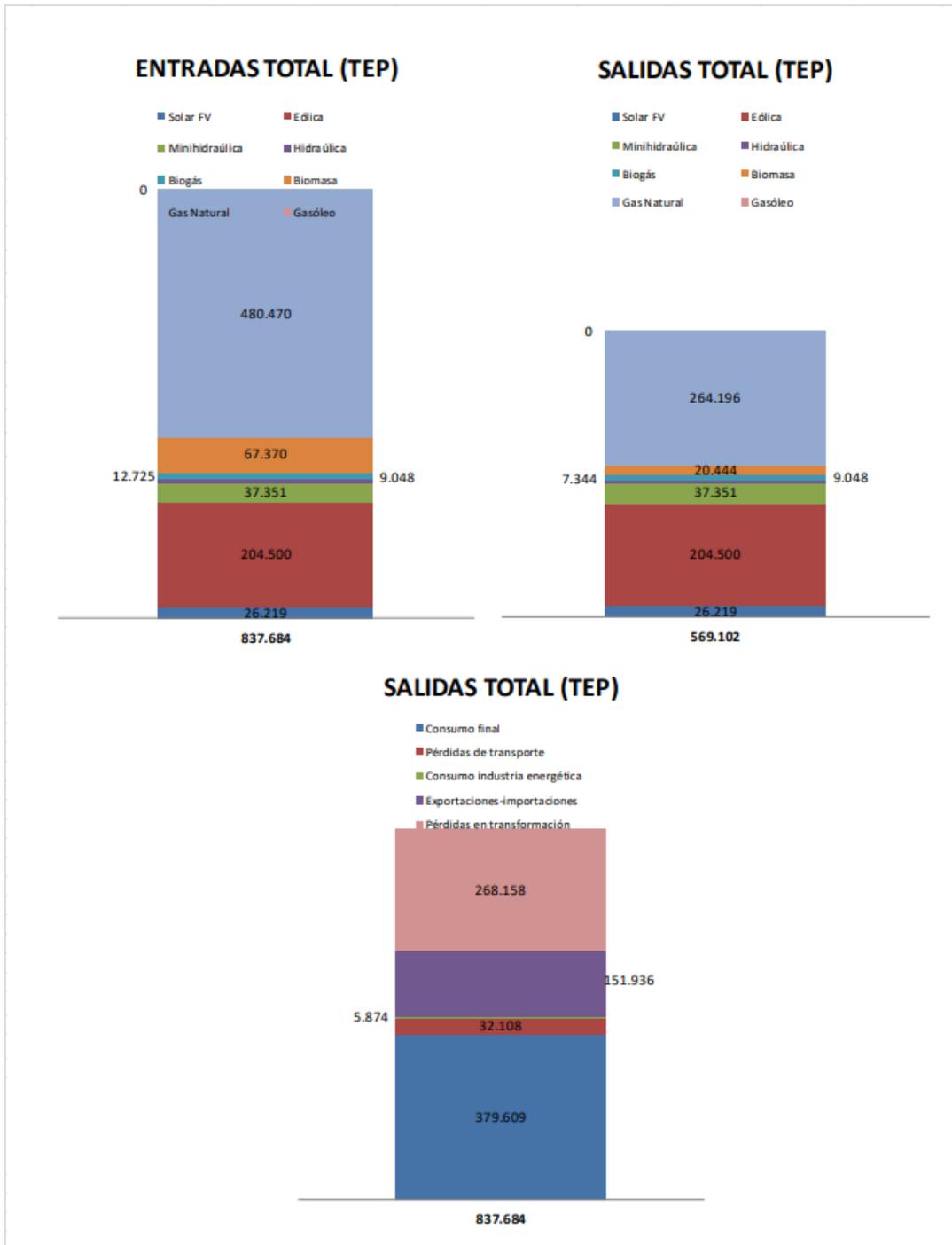


Figura 20: Generación eléctrica Navarra 2020. Fuente: BEN 2020.

La unidad utilizada para cuantificar la energía en estas gráficas es el TEP, la Tonelada Equivalente de Petróleo. Esta es una unidad empleada para expresar grandes cantidades de energía, y equivale a la energía liberada en la combustión de los combustibles obtenidos a partir de una tonelada de petróleo crudo [13].

A partir de estas gráficas se realiza la siguiente tabla para sacar los porcentajes mencionados anteriormente.

ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA EN NAVARRA (2020)

	Fuente	TEP		
Renovables	Solar FV	26219	4,6%	53,6%
	Minihidráulica	37351	6,6%	
	Biogás	9048	1,6%	
	Eólica	204500	35,9%	
	Hidráulica	7344	1,3%	
	Biomasa	20444	3,6%	
No renovables	Gas Natural	264196	46,4%	46,4%
	TOTAL	569102		

Tabla 6: Fuentes generación eléctrica en Navarra 2020

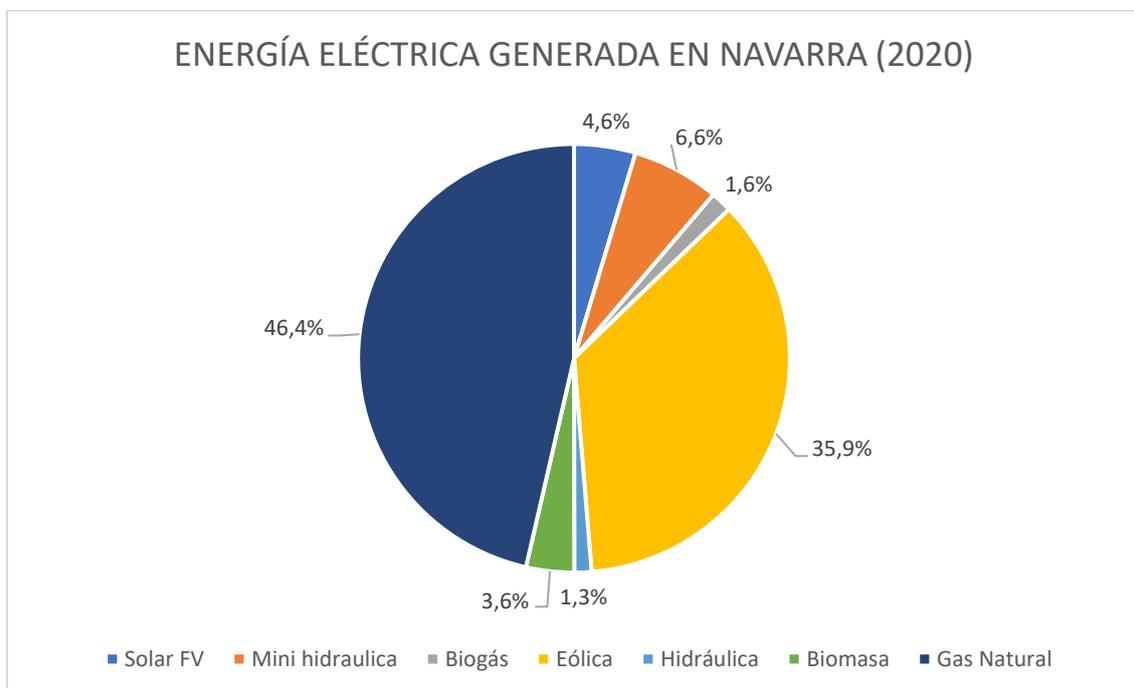


Figura 21: Gráfico generación eléctrica en Navarra 2020

Para poder comparar con la generación de energía eléctrica de España, y ver si realmente se produce un mayor porcentaje de electricidad de fuentes renovables en Navarra, se recogen los datos de producción de energía eléctrica en España en el año 2020.

Estos datos se obtienen del Informe del Sistema Eléctrico Español [14]. En este se observa que realmente sí que es mayor el porcentaje de generación por fuentes renovables en Navarra (Tabla 8).

ENERGÍA ELÉCTRICA A NIVEL NACIONAL (2020)

Renovables	Eólica	22,5%	45,5%
	Solar FV	6,2%	
	Hidráulica	12,8%	
	Otras renovables	2,1%	
	Solar térmica	1,9%	
No renovables	Ciclo Combinado	16,0%	54,5%
	Nuclear	23,3%	
	Cogeneración	11,3%	
	Carbón	2,0%	
	Turbinación bombeo	1,1%	
	Residuos no renovables	0,8%	

Tabla 7: Fuentes generación eléctrica España 2020

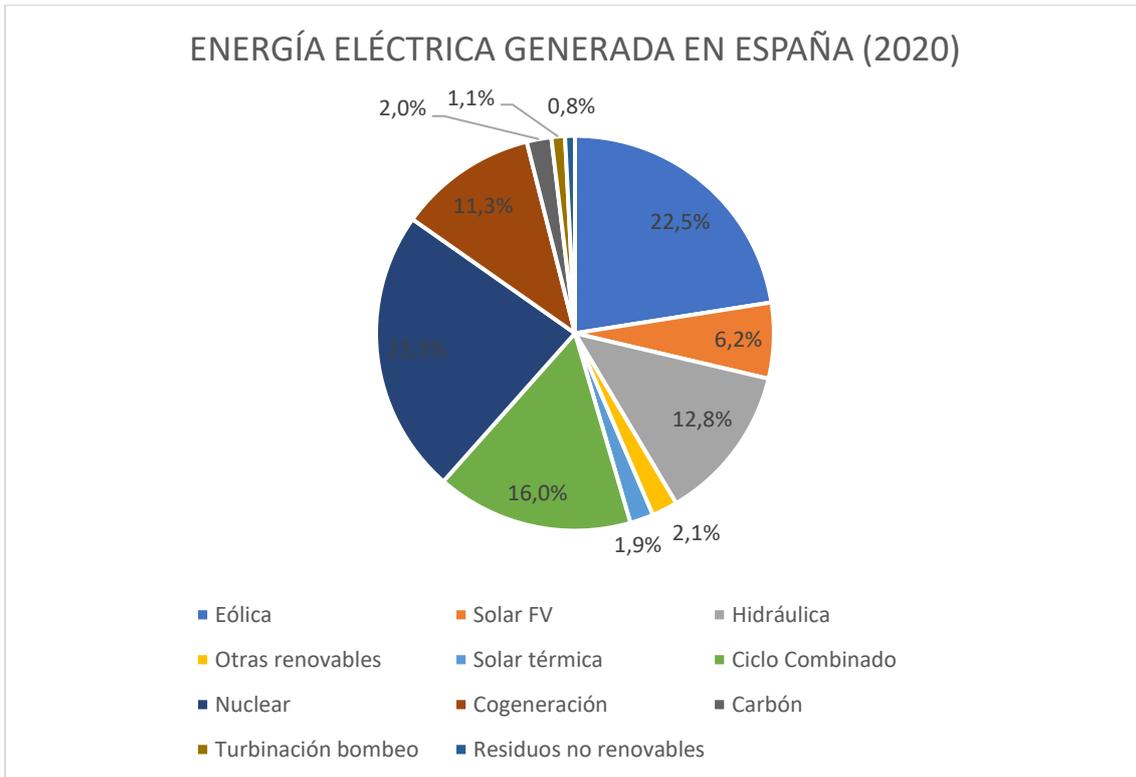


Figura 22: Gráfico generación eléctrica España 2020

Viendo estos datos, se decide modelar un proceso de generación específico para Navarra. Se considera que, siendo un análisis de impacto medioambiental, el utilizar electricidad obtenida en mayor porcentaje de fuentes renovables podría tener menor impacto en algunos de los indicadores a analizar.

Para realizar el modelado en Gabi se utilizan de la base de datos los procesos de generación de energía eléctrica a partir de diferentes fuentes y se introducen como entrada en el proceso “Electricity Navarra”.

Como única salida del proceso se pone 1 MJ de electricidad, y como entradas se introducen las diferentes fuentes de energía con sus respectivos porcentajes (Figura 23).

Entradas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Má Desviaci	Origen	
↔ Electricity from biogas [System-c	Energy (net ca 0,016		MJ	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Electricity from hydro power [Sys	Energy (net ca 0,079		MJ	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Electricity from natural gas [Syst	Energy (net ca 0,464		MJ	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Electricity from photovoltaic [Sys	Energy (net ca 0,046		MJ	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Electricity from solid biomass [Sy	Energy (net ca 0,036		MJ	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Electricity from wind power [Syst	Energy (net ca 0,359		MJ	X 0 %	(Ningún dato)	
Flujo						
←						
Salidas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Má Desviaci	Origen	
↔ Electricity [Electric power]	Energy (net ca 1		MJ	X 0 %	(Ningún dato)	
Flujo						

Figura 23: Entradas y salidas proceso Electricidad Navarra en GaBi

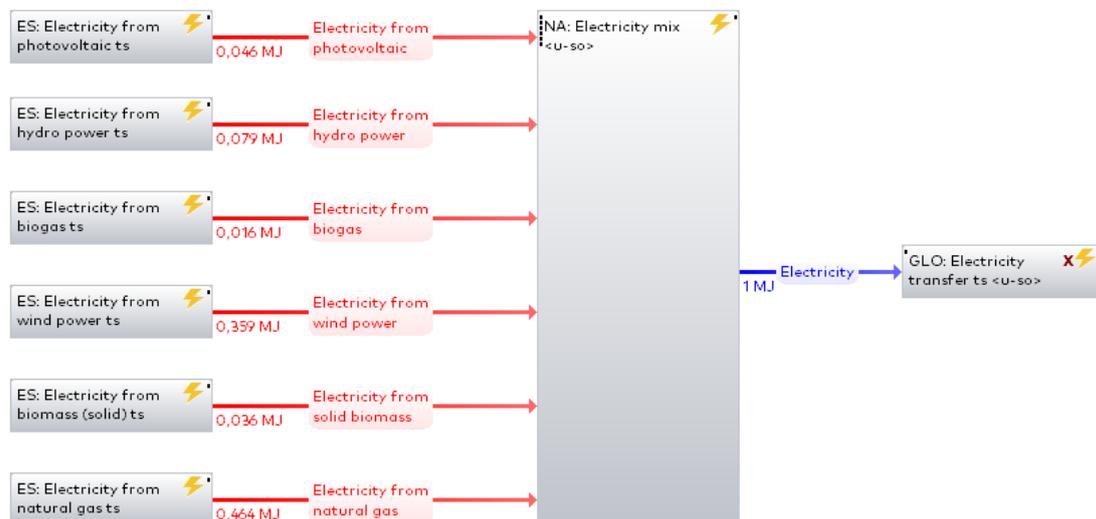


Figura 24: Proceso Electricidad Navarra en GaBi

- FABRICACIÓN DEL PAPEL

El papel es, como la electricidad, uno de los flujos de entrada comunes en los 3 edificios. Sin embargo, aunque es un elemento imprescindible casi en cualquier trabajo, su fabricación no está disponible en la base de datos de GaBi. Por ello, es necesario el modelado del proceso productivo de este elemento.

La producción del papel es un proceso relativamente complicado de modelar, ya que tiene varias fases y flujos de material [15].

La primera fase del proceso es la trituración de la madera. Esta madera puede ser madera virgen, aunque lo más común es que se trate de residuos de madera. Después de esta fase se encuentra la fase de tamizado de la madera triturada. Una vez triturada, la madera pasa por una fase de hidrólisis y otra de deslignificación. La última fase es la de fabricación de papel en sí.

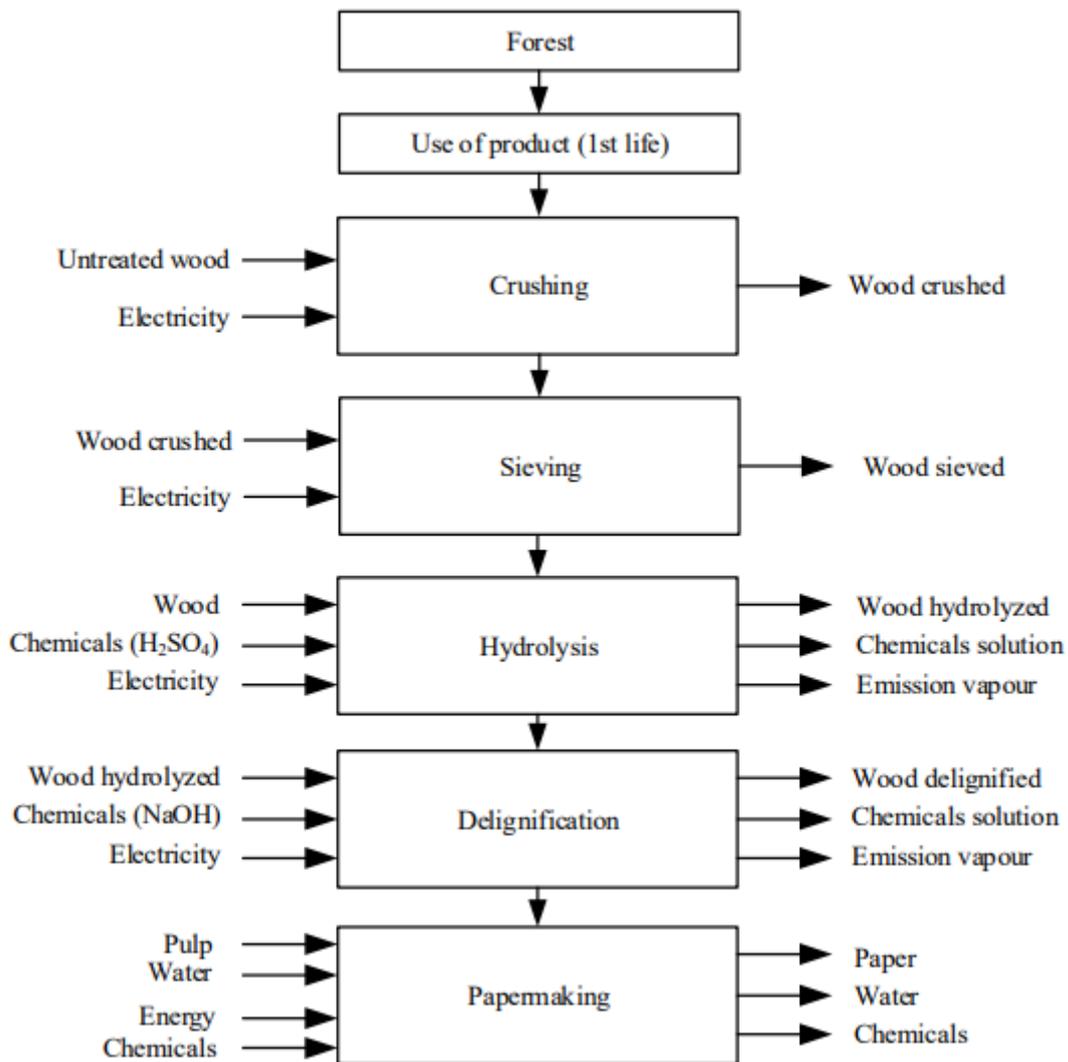


Figura 25: Proceso productivo fabricación papel

Una vez se saben todas las fases y los flujos de entrada y de salida, se realiza el modelado del proceso en GaBi (Figura 26).

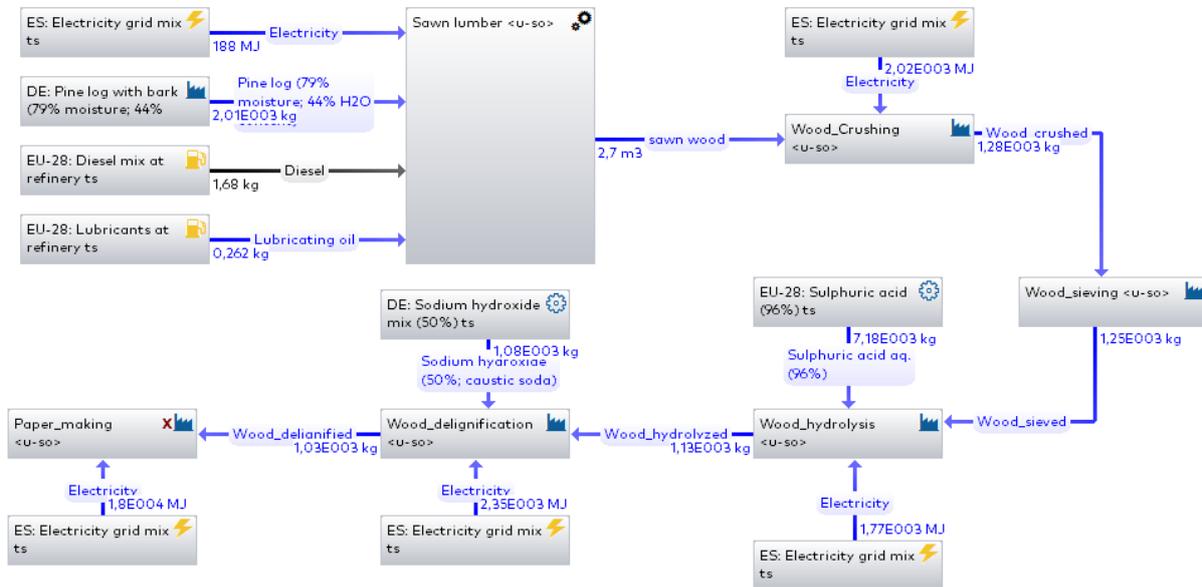


Figura 26: Proceso fabricación papel en GaBi

- BISPHENOL A DIGLYCIDYL ETHER

Este reactivo es uno de los flujos de entrada de la sede Noáin. Al ser un producto químico muy específico no se encuentra en la base de datos de GaBi.

Debido a la imposibilidad de encontrar datos de producción de compuestos químicos tan específicos, se decide buscar los compuestos con los que se produce el reactivo y se supone un rendimiento en cada reacción del 80%. Se trata de llegar a compuestos de los que sí que se tengan datos en GaBi.

El bisphenol A diglycidyl ether se sintetiza utilizando bisphenol A y epíclorhidrina como materias primas en la catálisis del hidróxido de sodio [16]. El bisphenol A se encuentra en la base de datos pero la epíclorhidrina no, por lo tanto, se debe modelar también.

La epíclorhidrina se sintetiza utilizando cloruro de alilo, hidróxido de sodio y ácido hipocloroso. A su vez, el cloruro de alilo se sintetiza mediante propeno y cloro y el ácido hipocloroso mediante cloro.

Bisphenol A diglycidyl ether:

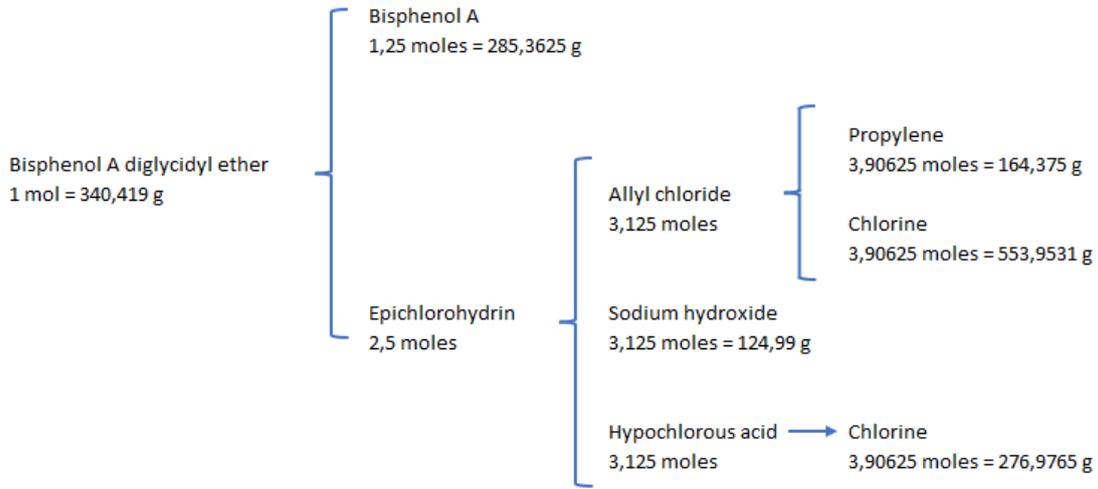


Figura 27: Esquema síntesis del Bisphenol A diglycidyl ether

En la Figura 27 se muestra el esquema realizado de la síntesis del bisphenol A diglycidyl ether. Las cantidades de cada reactivo se han calculado considerando la estequiometria de las reacciones químicas (se recuerda que se ha supuesto un rendimiento del 80% en cada reacción).

Una vez obtenida la cantidad de masa de cada reactivo necesaria para obtener un mol del bisphenol A diglycidyl ether se procede a su modelado en GaBi.

Las entradas resultantes son las que se muestran en la Figura 28: 0,285 kg de bisphenol A, 0,554 kg de cloro, 0,164 kg de propeno y 0,125 kg de hidróxido de sodio. Como salida se introducen los 0,34 kg resultantes de bisphenol A diglycidyl ether.

Entradas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M ₃	Desviaci	Origen
↔ Bisphenol A [Organic intermedia	Mass	0,285	kg	X	0 %	(Ningún dato)
↔ Chlorine [Inorganic intermediat	Mass	0,554	kg	X	0 %	(Ningún dato)
↔ Propene (propylene) [Organic in	Mass	0,164	kg	X	0 %	(Ningún dato)
↔ Sodium hydroxide (100%; caust	Mass	0,125	kg	X	0 %	(Ningún dato)
Flujo						
<div style="display: flex; align-items: center;"> < <div style="width: 100px; height: 10px; background-color: #ccc; border: 1px solid #ccc;"></div> </div>						
Salidas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M ₃	Desviaci	Origen
↔ Bisphenol A diglycidyl ether [Ma	Mass	0,34	kg	X	0 %	(Ningún dato)
Flujo						

Figura 28: Entradas y salidas proceso Bisphenol A diglycidyl ether en GaBi

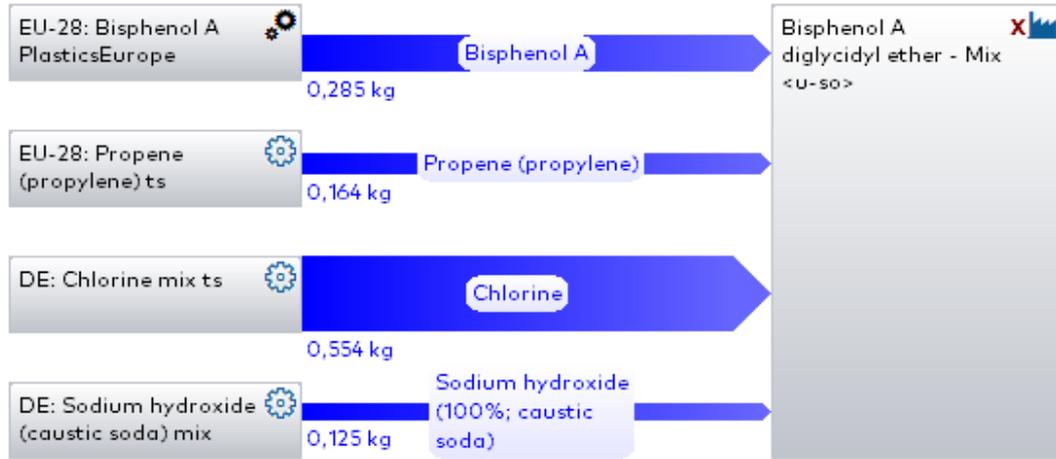


Figura 29: Proceso Bisphenol A diglycidyl ether en GaBi

- ÁCIDO DICLOROACÉTICO

Al igual que el anterior reactivo, el ácido dicloroacético no se encuentra en la base de datos de GaBi.

El método más común de producción de ácido dicloroacético es la hidrólisis de cloruro de dicloroacetilo [17]. Siguiendo el esquema realizado (Figura 30) se ve que las entradas resultantes son las siguientes (considerando la estequiometría y un 80% de rendimiento en las reacciones):

- Cloro: 0,528 kg
- Dióxido de carbono: 0,0688 kg
- Metano: 0,0489 kg
- Agua: 0,0225 kg

Dichloroacetic acid:

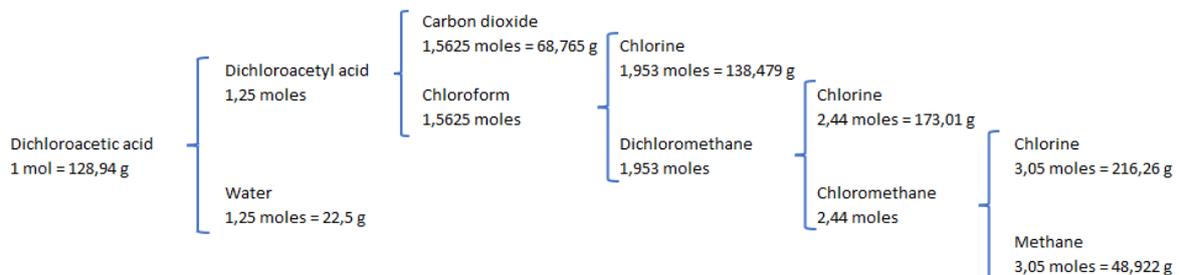


Figura 30: Esquema síntesis ácido dicloroacético

Para realizar el modelado en GaBi se procede de igual forma que en el modelado del reactivo anterior (Figura 31 y Figura 32).

Entradas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Mas	Desviaci	Origen
Carbon dioxide [Inorganic interm...	Mass	0,0688	kg	X	0 %	(Ningún dato)
Chlorine [Inorganic intermediat...	Mass	0,528	kg	X	0 %	(Ningún dato)
Methane [Organic intermediate...	Mass	0,0489	kg	X	0 %	(Ningún dato)
Water (tap water) [Operating m...	Mass	0,0225	kg	X	0 %	(Ningún dato)
Flujo						
<						
Salidas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Mas	Desviaci	Origen
Dichloroacetic acid [Materials]	Mass	0,129	kg	X	0 %	(Ningún dato)
Flujo						

Figura 31: Entradas y salidas proceso ácido dicloroacético en GaBi

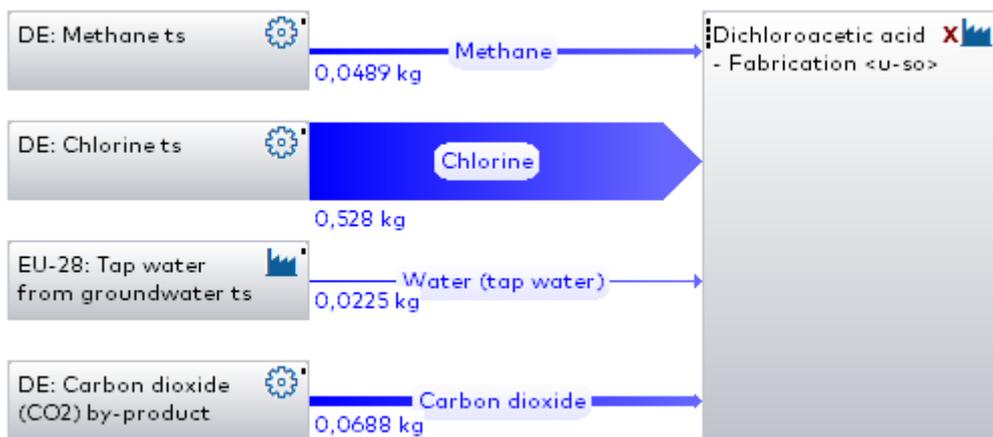


Figura 32: Proceso ácido dicloroacético en GaBi

- DIISOBUTILENO

La producción de diisobutileno a partir de isobutileno [18] se describe en el esquema de la Figura 33. En este se ve que para producir 1 mol de este reactivo son necesarias las siguientes cantidades:

- Butano: 0,0559 kg
- Buteno: 0,0467 kg

Se recuerda que para realizar el siguiente esquema se considera la estequiometría y se supone un rendimiento del 80% en las reacciones.

Diisobutylene:

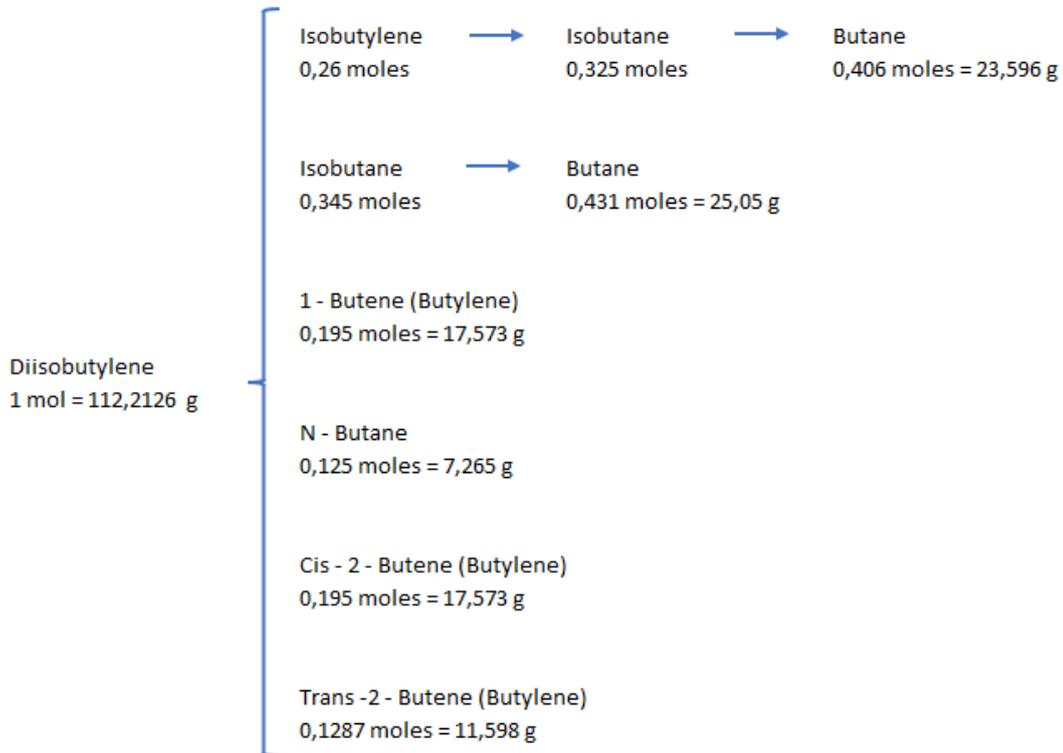


Figura 33: Esquema síntesis diisobutileno

Una vez se obtienen los flujos necesarios para modelar el proceso se introducen en el software (Figura 34).

Entradas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M _a	Desviaci	Origen
⇌ Butane (n-butane) [Organic inte	Mass	0,0559	kg	X	0 %	(Ningún dato)
⇌ Butene [Organic intermediate pi	Mass	0,0467	kg	X	0 %	(Ningún dato)
Flujo						
<						
Salidas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M _a	Desviaci	Origen
⇌ Diisobutylene [Materials]	Mass	0,112	kg	X	0 %	(Ningún dato)
Flujo						

Figura 34: Entradas y salidas proceso diisobutileno en GaBi



Figura 35: Proceso diisobutileno en GaBi

- REACTIVOS NOÁIN

Para una mejor organización dentro del programa, se decide modelar un proceso aparte que sea el mix de los reactivos y meter este como entrada al proceso de NAITEC Noáin.

Como entradas de este proceso se introducen todos los reactivos mencionados anteriormente en la fase de inventario (Figura 36). Como única salida se pone el flujo "Reactivos NAITEC Noáin" para, posteriormente, introducirlo como entrada en el modelado de la sede de Noáin.

Como se ha mencionado anteriormente, algunos de los flujos de entrada han sido sustituidos por otros equivalentes a la hora del modelado. A continuación, se indican los flujos que se han introducido y a cuáles sustituyen:

- Etanol: flujos "UN1993, LÍQUIDO INFLAMABLE (MEZCLA ALCOHOLES)" y "UN1170, ALCOHOL ETÍLICO (99%)".
- Queroseno: flujo "UN3295, HIDROCARBUROS LÍQUIDOS NEP".
- Arena de cuarzo: flujo "CUARZO POLVO 0,04-0,15 MM".
- Gasolina: flujos "UN1262, OCTANOS (iso-Octano)" y "HEPTANO MEZCLA ALCANOS PA".

Entradas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Mas Desviaci	Origen	
↔ Toluene (methyl benzene) [Orga...	Mass	2,6	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Isopropanol (iso-propanol; 2-prc...	Mass	19,7	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Sodium chloride (rock salt) [Ino...	Mass	225	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Acetic acid [Organic intermediat...	Mass	1,05	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Hydrochloric acid (32%) [Inorga...	Mass	7,2	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Gasoline (regular) [Refinery pro...	Mass	2,25	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Kerosene [Refinery products]	Mass	4	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Quartz sand (0/2) [Minerals]	Mass	2	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Nitric acid (60%) [Inorganic inte...	Mass	16,4	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Acetone (dimethyl ketone) [Org...	Mass	40	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Ethanol (96%) [Organic interme...	Mass	47,3	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ RNA: Glycerine, at plant [Producl...	Mass	1,26	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Bisphenol A diglycidyl ether [Ma...	Mass	1	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Dichloroacetic acid [Materials]	Mass	1,56	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
↔ Diisobutylene [Materials]	Mass	0,588	kg	X 0 %	(Ningún dato)	
Flujo						
←						
Salidas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Mas Desviaci	Origen	
↔ Reactivos_NAITEC_Noain [Resou...	Number of pie	1	pcs.	X 0 %	(Ningún dato)	
Flujo						

Figura 36: Entradas y salidas proceso mix de reactivos en GaBi

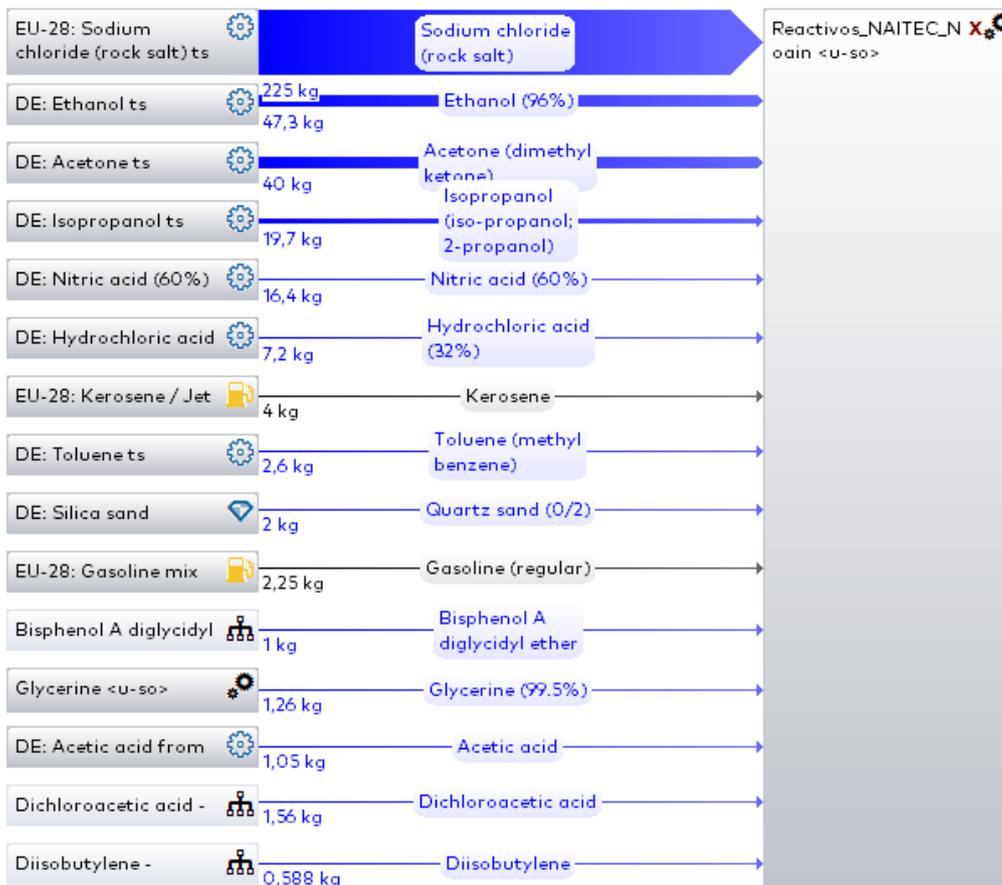


Figura 37: Proceso reactivos mix en GaBi

- MEZCLA PARA SOLDAR

Esta es una de las entradas de gases que tiene el edificio de Noáin. Este gas es una mezcla que se utiliza para poder soldar y tiene la siguiente composición [19]:

- Oxígeno: 2,5%
- Dióxido de carbono: 7%
- Argón: 90,5%

Estos porcentajes que da el distribuidor son en volumen, por tanto, se deben pasar a masa para poder meterlo a GaBi.

Entradas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Ma	Desviaci
⇌ Argon [Inorganic intermediate p	Mass	3,62	kg	X	0 %
⇌ Carbon dioxide [Inorganic interr	Mass	0,448	kg	X	0 %
⇌ Oxygen gaseous [Inorganic inte	Mass	0,04	kg	X	0 %
Flujo					
<					
Salidas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Ma	Desviaci
⇌ Mezcla_para_soldar [Materials]	Mass	4,1	kg	X	0 %
Flujo					

Figura 38: Entradas y salidas proceso mezcla para soldar en GaBi

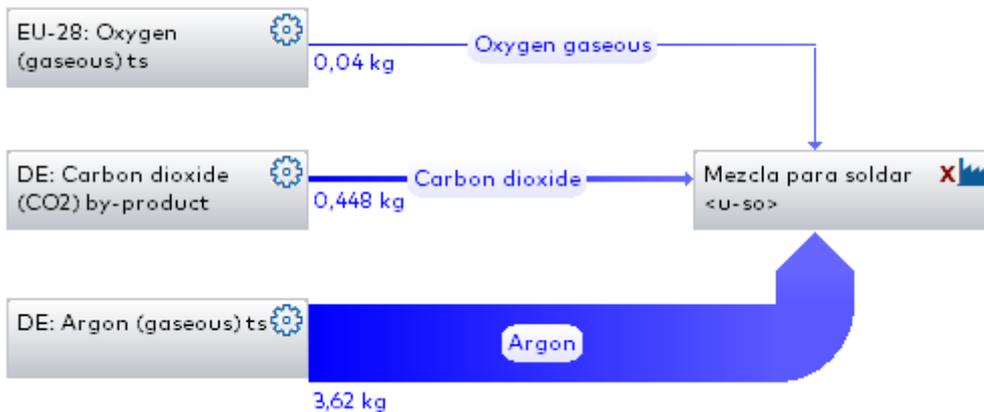


Figura 39: Proceso mezcla para soldar en GaBi

- HELIO

Otro de los gases que se debe modelar es el helio. Ya que en bibliografía no se encuentra nada sólido sobre el inventario del proceso de obtención del helio, para poder realizar el modelado se ha tenido que buscar en una base de datos ACV externa más completa: Ecoinvent.

El Helio se obtiene a partir de la extracción de gas natural. El proceso de producción del helio tiene dos fases: la fase de producción y la fase de purificado. Las entradas de cada fase son las siguientes:

- Producción (1 kg de helio): 0,00017 kg de diésel, 0,591 kWh de electricidad y 7,48 m³ de gas natural.
- Purificación (1 kg de helio purificado): 0,01185 kg de carbón, 3,7 kWh de electricidad y 1,48 kg de helio (sin purificar)

Con todos estos datos se realiza el modelado en GaBi.

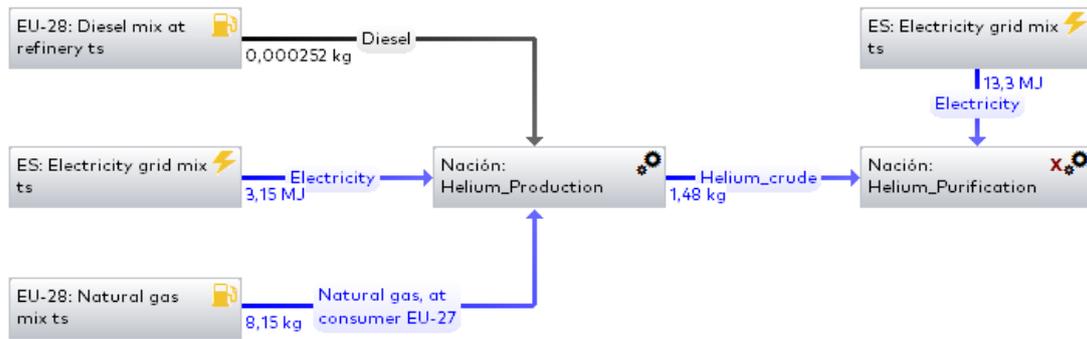


Figura 40: Proceso producción de helio en GaBi

- GASES NOÁIN

Teniendo ya todos los gases modelados, se realiza el modelado del mix de gases igual que en los reactivos. Como flujos de entrada se introducen todos los gases contemplados en la fase de inventariado y como salida únicamente se tiene el flujo de “Gases NAITEC Noáin” (Figura 41).

Entradas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Más	Desviaci
Hydrogen [Inorganic intermedia	Mass	0,8	kg	X	0 %
Argon [Inorganic intermediate p	Mass	1,37E003	kg	X	0 %
Nitrogen liquid [Inorganic intern	Mass	565	kg	X	0 %
Nitrogen gaseous [Inorganic int	Mass	174	kg	X	0 %
Helium [Inorganic intermediate	Mass	10,7	kg	X	0 %
Oxygen gaseous [Inorganic inte	Mass	14,2	kg	X	0 %
Compressed air, 7 bar, high effia	Standard volu	28,9	Nm3	X	0 %
Mezcla_para_soldar [Materials]	Mass	18,4	kg	X	0 %
<i>Flujo</i>					

Salidas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Más	Desviaci
Gases_NAITEC_Noain [Resource	Number of piec	1	pcs.	X	0 %
<i>Flujo</i>					

Figura 41: Entradas y salidas proceso gases mix en GaBi

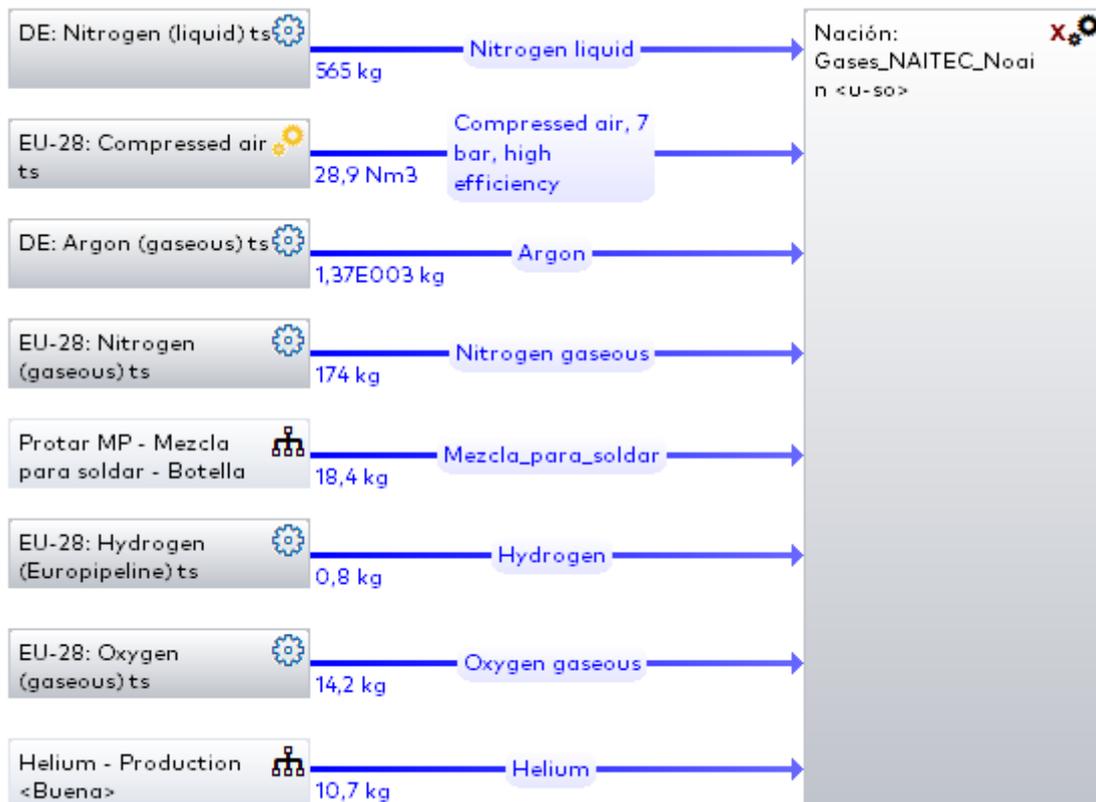


Figura 42: Proceso gases mix en GaBi

- RECUPERACIÓN DE DISOLVENTES

Este tratamiento es el que se realiza a todos los residuos que sean soluciones no ácidas. En Noáin, por ejemplo, se realiza este tratamiento a los residuos de aguas con barniz y a las soluciones de no halogenados. También se realiza para los siguientes residuos de Estella: residuo pintura y barniz con disolvente y al residuo aguas con barniz.

Se trata, básicamente, de la recuperación de disolventes mediante la destilación. Para realizar el tratamiento de 1 kg de residuo son necesarios los siguientes flujos de entrada:

- Vapor de agua (energía térmica): 1,4 kg
- Electricidad: 0,03 kWh
- Nitrógeno: 0,00188 kg
- Agua de refrigeración: 27 kg

Por cada kg de residuo tratado se recuperan 0,71 kg de disolvente. Estos datos son medias que se han obtenido en la destilación de diferentes tipos de disoluciones y se pueden considerar válidos para cualquier tipo de disolución [20].

Entradas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Más Desviaci	
Electricity [Electric power]	Energy (net ca	0,108	MJ	X 0 %	(
Nitrogen gaseous [Inorganic int	Mass	0,00188	kg	X 0 %	(
Steam (mp) [steam]	Mass	1,4	kg	X 0 %	(
waste dissolution [Resources]	Mass	1	kg	* 0 %	(
Water (desalinated; deionised) [Mass	27	kg	X 0 %	(
Flujo					
←					
Salidas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Más Desviaci	
Solvent reovered [Resources]	Mass	0,71	kg	X 0 %	(
Flujo					

Figura 43: Entradas y salidas proceso recuperación de disolvente en GaBi

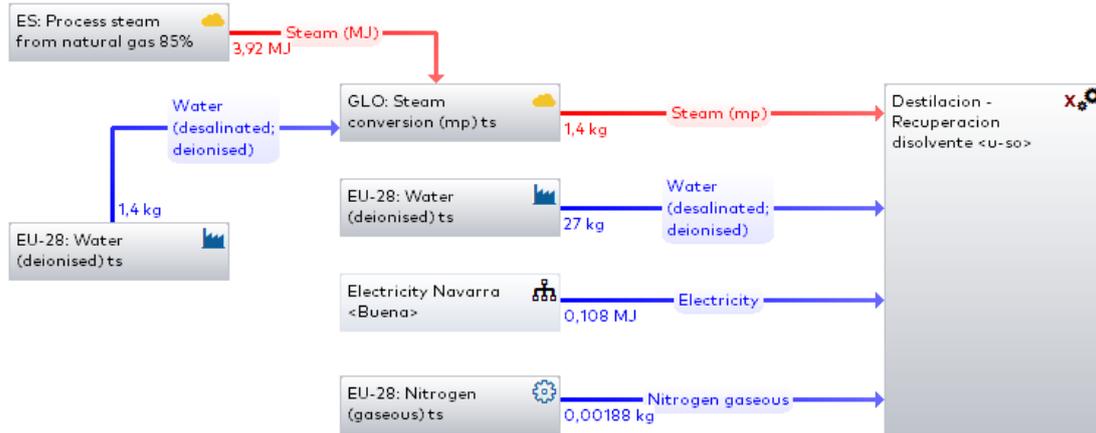


Figura 44: Proceso recuperación de disolvente en GaBi

- TRATAMIENTO SOLUCIONES ÁCIDAS

Es el tratamiento que se realiza a los residuos de soluciones ácidas que se generan en la sede de Noáin. Este tratamiento se basa en una primera fase de recuperación del disolvente (en este caso agua) y una segunda fase de incineración del residuo sólido generado mediante la destilación.

El tratamiento de recuperación de disolvente es igual que el anterior salvo que, en el caso de las soluciones ácidas, se estima una composición del 1% de residuo sólido.

Entradas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M ₃	Desviaci
Electricity [Electric power]	Energy (net ca	0,108	MJ	X	0 %
Nitrogen gaseous [Inorganic int	Mass	0,00188	kg	X	0 %
Residuo Soluciones acidas [Reso	Mass	1	kg	X	0 %
Steam (mp) [steam]	Mass	1,4	kg	X	0 %
Water (desalinated; deionised) [Mass	0	kg	X	0 %
Flujo					
<div style="text-align: left;">< []</div>					
Salidas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M ₃	Desviaci
Incineration good [Waste for disposa]	Mass	0,01	kg	*	0 %
Water (waste water, untreated) [Prox	Mass	0,99	kg	*	0 %
Flujo					

Figura 45: Entradas y salidas proceso tratamiento soluciones ácidas en GaBi

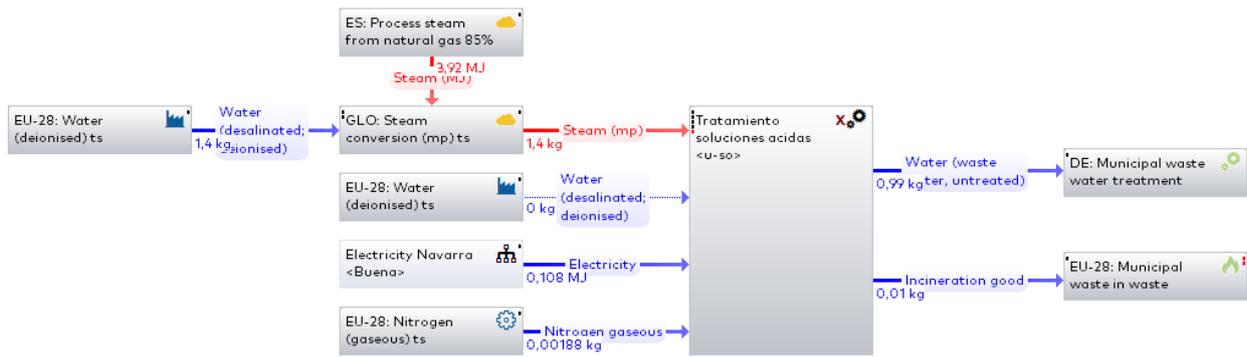


Figura 46: Proceso tratamiento soluciones ácidas en GaBi

- TRATAMIENTO RESIDUO DE ACEITES

A los residuos de aceites lubricantes y taladrinas se les realiza un tratamiento de incineración para recuperación de energía. Estos aceites, al quemarse, pueden llegar a generar mucha energía ya que poseen una elevada capacidad calorífica y son de los mejores residuos para la utilización como combustible. Pueden generar hasta 40 MJ/kg de aceite quemado de energía [21].

Para poder modelar este proceso de incineración, los flujos de entrada y salida se han obtenido, nuevamente, de la base de datos Ecoinvent. En esta sí que hay un proceso de incineración de residuos de aceite.

- SEDE NAITEC NOÁIN

Una vez se tienen modelados todos los procesos necesarios, se realiza el modelado de la sede de NAITEC Noáin.

Como entradas a esta sede se tienen:

- La energía eléctrica
- El mix de reactivos
- El mix de gases
- El consumo de papel
- El diésel (energía térmica)
- El consumo de agua (tanto de riego como de uso común)

En cuanto a las salidas, para simplificar el modelado (ya que hay residuos que tienen el mismo tratamiento) se agrupan algunos de los flujos de salida. Los flujos de salida y los tratamientos que se les realiza son (Figura 47):

- Agua de uso común (ya que la de riego se filtra al suelo y no sufre tratamiento): tratamiento residuo de aguas municipal.
- Residuo de aceites y taladrinas (en este flujo se suman todos los residuos de aceite y taladrinas): tratamiento residuo de aceites.

- Material contaminado (engloba las salidas de material contaminado, material contaminado con nanopartículas y productos caducados): tratamiento de incineración.
- Residuo de aguas con barniz: recuperación de disolvente.
- Soluciones no halogenadas: recuperación de disolvente.
- Soluciones ácidas: tratamiento soluciones ácidas.
- Residuo papel: tratamiento de incineración para residuos de papel.
- Residuo plástico: tratamiento de incineración para residuos plásticos.

En alguno de los tratamientos de residuos se genera electricidad en el proceso. En estos casos, el flujo de salida de electricidad se suma al de entrada a la sede (Figura 48), ya que es equivalente a que este flujo de electricidad vaya a la red.

Entradas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M ₃	Desviaci
↔ Diesel [Refinery products]	Mass	3,49E004	kg	X	0 %
↔ Electricity [Electric power]	Energy (net ca	1,55E006	MJ	X	0 %
↔ Gases_NAITEC_Noain [Resource	Number of pie	1	pcs.	X	0 %
↔ Paper woody uncoated (t94) [M	Mass	368	kg	X	0 %
↔ Reactivos_NAITEC_Noain [Resol	Number of pie	1	pcs.	X	0 %
↔ Water (tap water) [Operating m	Mass	3,56E006	kg	X	0 %
Flujo					
←					
Salidas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M ₃	Desviaci
↔ Actividad_NAITEC_Noain [Resou	Number of pie	1	pcs.	X	0 %
↔ Material contaminado [Resources]	Mass	445	kg	*	0 %
↔ plastic waste [Resources]	Mass	400	kg	*	0 %
↔ Residuo aceites [Resources]	Mass	228	kg	*	0 %
↔ Residuo Soluciones acidas [Resources	Mass	62	kg	*	0 %
↔ Residuo Soluciones No halogenados [F	Mass	23	kg	*	0 %
↔ Residuo Aguas con barniz [Resources	Mass	11	kg	*	0 %
↔ Waste paper [Waste for recovery]	Mass	368	kg	*	0 %
↔ Water (waste water, untreated) [Proc	Mass	9,4E005	kg	*	0 %
Flujo					

Figura 47: Entradas y salidas proceso NAITEC Noáin en GaBi

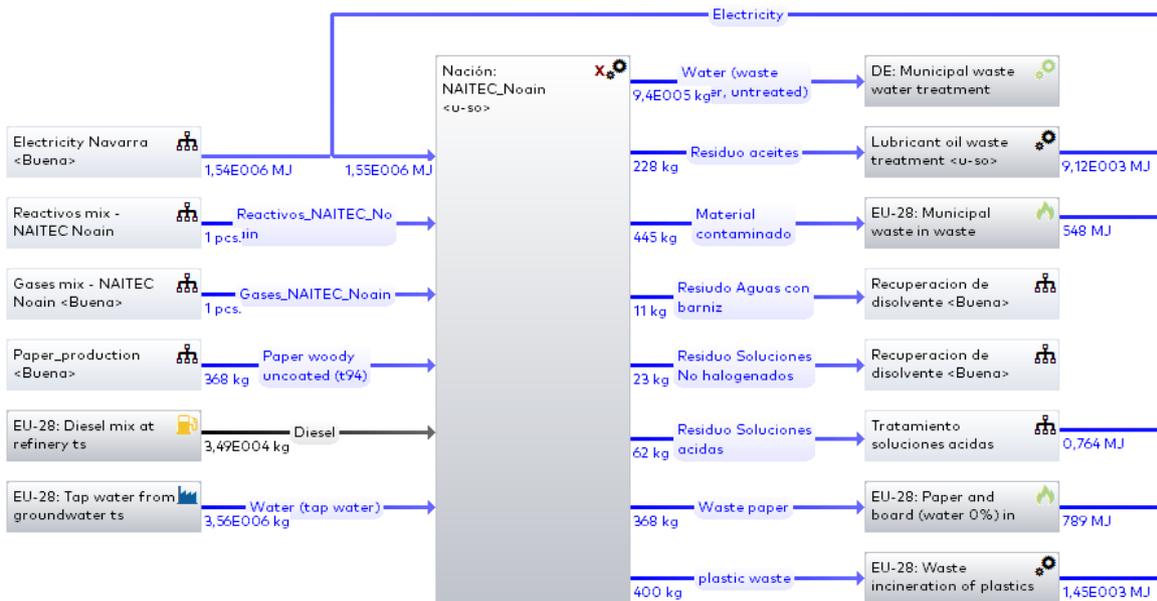


Figura 48: Proceso NAITEC Noáin en GaBi

- FABRICACIÓN TRAPOS

El único flujo de entrada de la sede de Pamplona que es necesario modelar es el de los trapos. Este no está disponible en la base de datos de GaBi y, buscando en la bibliografía, no se encuentra información sólida relacionada con el inventario de la fabricación de trapos de algodón reciclado.

Por todo esto, se vuelve a recurrir a la base de datos Ecoinvent. En esta se encuentra un proceso de tejido de algodón virgen, que engloba todas las fases previas necesarias para realizar el proceso de tejido. Hay que tener en cuenta que el consumo de la sede es trapos de algodón reciclado, pero es el proceso que se ha encontrado que más se asemeja al flujo.

El modelado en GaBi se realiza utilizando los flujos de entrada y salida del proceso encontrado en Ecoinvent.

- SEDE NAITEC PAMPLONA

El modelado de la sede de Pamplona se realiza siguiendo el mismo procedimiento que en la sede de Noáin (Figura 49).

Los flujos de entrada que se tienen son los siguientes:

- La energía eléctrica
- El consumo de papel
- El gas natural (energía térmica)
- El agua (tanto de riego como de uso común)
- El consumo de lubricantes (en este flujo se engloban los flujos de entrada de aceite y de taladrina)

- El consumo de trapos

En cuanto a las salidas, se tienen los siguientes flujos y los tratamientos que se les realiza:

- Agua de uso común (ya que la de riego se filtra al suelo y no sufre tratamiento): tratamiento residuo de aguas municipal.
- Chatarra de acero: proceso de reciclado del acero.
- Residuo de aceites y taladrinas: tratamiento residuo de aceites.
- Residuo de trapos: tratamiento de almacenamiento en vertedero.
- Residuo papel: tratamiento de incineración para residuos de papel.

Al igual que en la sede de Noáin, algunos de los tratamientos de los residuos generan energía eléctrica. Como se ha hecho anteriormente en Noáin, el flujo de electricidad generada en estos tratamientos se introduce como entrada a la sede de Pamplona (Figura 50).

Entradas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Más	Desviaci
↔ Cotton threads [Resources]	Mass	173	kg	X	0 %
↔ Electricity [Electric power]	Energy (net ca	2,82E006	MJ	X	0 %
↔ Lubricating oil [Operating mater	Mass	466	kg	X	0 %
↔ Paper woody uncoated (t94) [M:	Mass	165	kg	X	0 %
↔ Thermal energy (MJ) [Thermal €	Energy (net ca	1,02E006	MJ	X	0 %
↔ Water (tap water) [Operating m	Mass	2,15E006	kg	X	0 %
Flujo					
←					
Salidas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Más	Desviaci
↔ Actividad_NAITEC_Pamplona [R	Number of pie	1	pcs.	X	0 %
↔ Residuo trapos [Resources]	Mass	173	kg	*	0 %
↔ Steel scrap (St) [Waste for recovery]	Mass	3,1E003	kg	*	0 %
↔ Waste lubricating oil [Resources]	Mass	466	kg	*	0 %
↔ Waste paper [Waste for recovery]	Mass	165	kg	*	0 %
↔ Water (waste water, untreated) [Proc	Mass	7,33E005	kg	*	0 %
Flujo					

Figura 49: Entradas y salidas proceso NAITEC Pamplona en GaBi

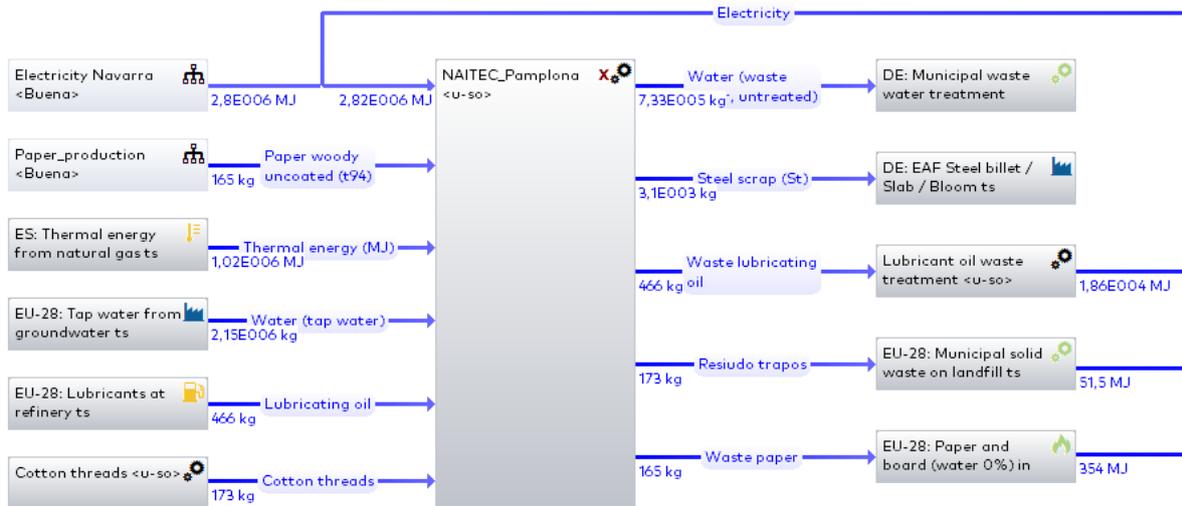


Figura 50: Proceso NAITEC Pamplona en GaBi

- FABRICACIÓN DE TINTAS

Las tintas son uno de los flujos de entrada de la sede de Estella. Para su modelado, se realiza una búsqueda en la base de datos Ecoinvent. En esta, se encuentra un proceso productivo de fabricación de tintas con los siguientes flujos de entrada:

- Carbón negro: 0,156 kg
- Electricidad: 0,78 kWh
- Resina de poliéster: 0,689 kg
- Tereftalato de polietileno: 0,15 kg
- Energía térmica (gas natural): 1,08 kWh
- Agua de refrigeración: 1,67 kg

Todos estos flujos de entrada hacen referencia a la producción de 1 kg de tinta (Figura 51).

Entradas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M _a	Desviaci
Carbon black [Organic intermedi	Mass	0,156	kg	X	0 %
Electricity [Electric power]	Energy (net ca	0,78	kWh	X	0 %
Polyester resin (unsaturated; UF	Mass	0,689	kg	X	0 %
Polyethylene terephthalate gra	Mass	0,15	kg	X	0 %
Thermal energy from natural ga	Energy (net ca	1,08	kWh	X	0 %
Water, cooling, unspecified natural or	Volume	0,00167	m3		0 %
Flujo					
<					
Salidas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M _a	Desviaci
Printing ink [Paints]	Mass	1	kg	X	0 %
Waste water [Production residues in li	Mass	1,02	kg	*	0 %
Flujo					

Figura 51: Entradas y salidas proceso fabricación de tinta en GaBi

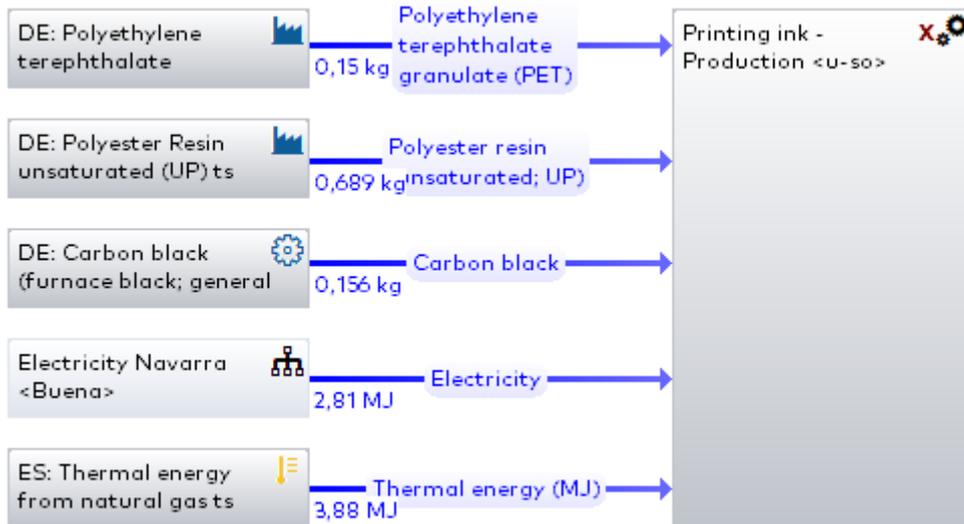


Figura 52: Proceso fabricación de tinta en GaBi

- SESDE NAITEC ESTELLA

El modelado de la sede de Estella se realiza de la misma forma que las otras dos sedes. A continuación, se describen los flujos de entrada y salida de la sede:

Los flujos de entrada de NAITEC Estella son los siguientes:

- Energía eléctrica
- Diésel (energía térmica)
- Consumo de agua (tanto de riego como de uso común)
- Etanol: sustituyendo el flujo "Brenstol".
- Acetona
- Isopropanol: sustituyendo el flujo "Ethoxilated alcohol".
- Consumo de tintas
- Consumo de papel

Como salidas, se tienen los siguientes flujos y tratamientos que se les realiza:

- Chatarra de acero: proceso de reciclado del acero.
- Material contaminado (engloba las salidas de material contaminado, envases plásticos contaminados y productos caducados): tratamiento de incineración.
- Residuo pintura y barniz con disolvente (en este flujo se suma el de aguas con barniz): recuperación de disolvente.
- Residuo heterogéneo (basura): tratamiento de almacenamiento en vertedero.
- Residuo plástico: tratamiento de incineración para residuos plásticos.
- Residuo madera: tratamiento de incineración para residuos de madera.

- Agua de uso común (ya que la de riego se filtra al suelo y no sufre tratamiento): tratamiento residuo de aguas municipal.
- Residuo papel: tratamiento de incineración para residuos de papel.

Como en las otras dos sedes, el flujo de energía eléctrica creada a partir de los tratamientos de algunos de los residuos se introduce como entrada de electricidad a la sede (Figura 54).

Entradas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Más	Desviaci
↔ Acetone (dimethyl ketone) [Org	Mass	39,2	kg	X	0 %
↔ Diesel [Refinery products]	Mass	5,71E003	kg	X	0 %
↔ Electricity [Electric power]	Energy (net ca	4,79E005	MJ	X	0 %
↔ Ethanol (96%) [Organic interme	Mass	78,9	kg	X	0 %
↔ Isopropanol (iso-propanol; 2-prc	Mass	78,6	kg	X	0 %
↔ Paper woody uncoated (t94) [M	Mass	30	kg	X	0 %
↔ Printing ink [Paints]	Mass	20	kg	X	0 %
↔ Water (tap water) [Operating m	Mass	8,16E005	kg	X	0 %
Flujo					

Salidas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Más	Desviaci
↔ Actividad_NAITEC_Estella [Reso	Number of piec	1	pcs.	X	0 %
↔ Material contaminado [Resources]	Mass	702	kg	*	0 %
↔ plastic waste [Resources]	Mass	273	kg	*	0 %
↔ Residuo heterogéneo (Basura) [Resol	Mass	215	kg	*	0 %
↔ Residuo madera [Resources]	Mass	300	kg	*	0 %
↔ Residuo pintura y barniz con disolvent	Mass	100	kg	*	0 %
↔ Steel scrap (St) [Waste for recovery]	Mass	805	kg	*	0 %
↔ Waste paper [Waste for recovery]	Mass	617	kg	*	0 %
↔ Waste water [Production residues in li	Mass	2,45E005	kg	*	0 %
Flujo					

Figura 53: Entradas y salidas proceso NAITEC Estella en GaBi

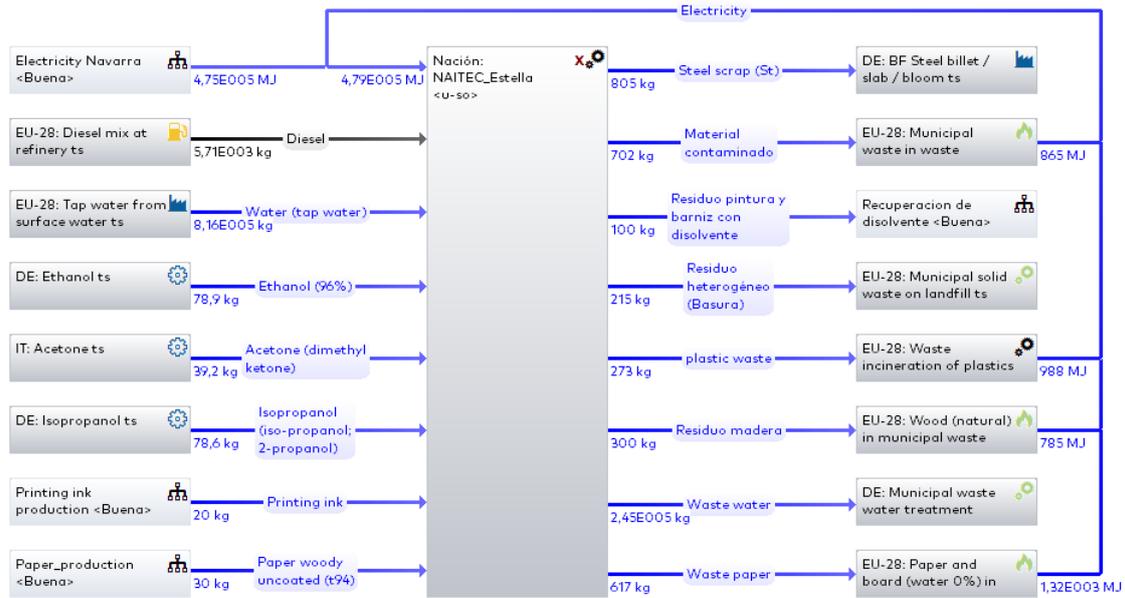


Figura 54: Proceso NAITEC Estella en GaBi

- DESPLAZAMIENTOS

Como se ha comentado anteriormente, los desplazamientos de los empleados se han dividido en externos e internos. A la hora del modelado se elige el proceso de transporte en un coche diésel (un proceso para los internos y otro para los externos) y se introducen los kilómetros realizados como entrada (Figura 55). Además, se introduce el flujo de combustible (en este caso diésel).

Entradas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M ₃	Desviaci
Vehicle kilometers [Others]	Length	1,77E004	km	X	0 %
Flujo					
←					
Salidas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M ₃	Desviaci
Desplazamientos_internos [Res]	Number of pie	1	pcs.	X	0 %
Flujo					

Figura 55: Entradas y salidas proceso desplazamientos en GaBi

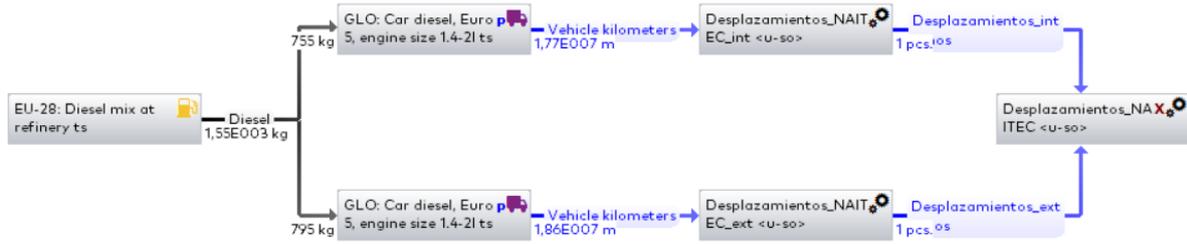


Figura 56: Proceso desplazamientos en GaBi

- NAITEC

Para realizar el modelado de la actividad de NAITEC, se introducen los procesos modelados de cada sede como entrada al proceso “Actividad NAITEC”. Además de las tres entradas debido a las sedes, se introduce el proceso de desplazamientos como entrada.

Entradas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Má	Desviaci
↔ Actividad_NAITEC_Estella [Reso	Number of pie	1	pcs.	X	0 %
↔ Actividad_NAITEC_Noain [Resou	Number of pie	1	pcs.	X	0 %
↔ Actividad_NAITEC_Pamplona [Ri	Number of pie	1	pcs.	X	0 %
↔ Desplazamientos_anuales [Resc	Number of pie	1	pcs.	X	0 %
Flujo					

Salidas					
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Má	Desviaci
↔ Actividad NAITEC 2021 [Resourc	Number of pie	1	pcs.	X	0 %
Flujo					

Figura 57: Entradas y salidas proceso actividad NAITEC en GaBi

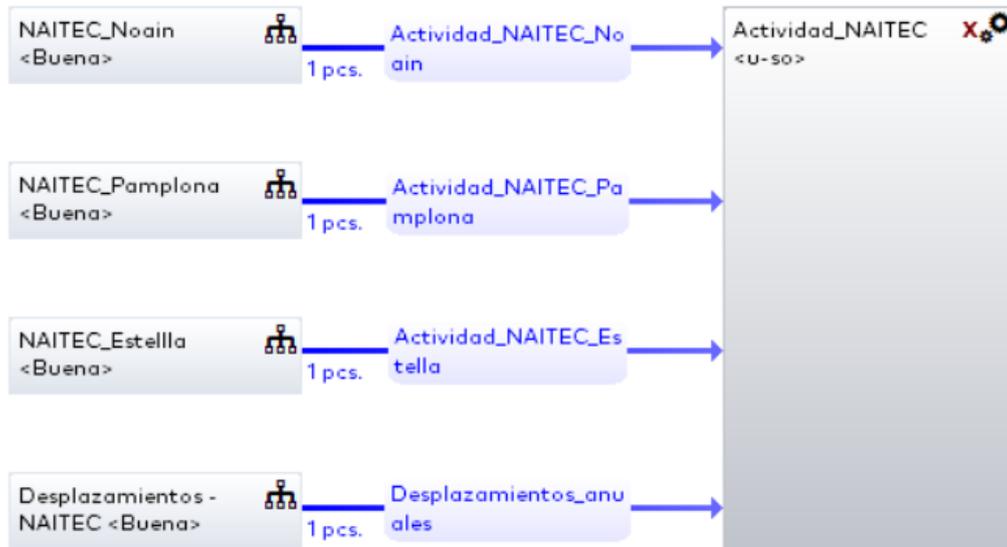


Figura 58: Proceso actividad NAITEC en GaBi

3.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA

Como ya se ha explicado anteriormente, en esta fase del ACV el objetivo es evaluar los posibles impactos ambientales utilizando para ello los datos del inventario desarrollados en la fase anterior. Estos impactos se asocian con diferentes indicadores que permiten cuantificarlos.

Hay multitud de indicadores ambientales, sin embargo, no hay una normativa o unas directrices que describan cómo se debe realizar la elección de los indicadores a utilizar en un ACV. Esto permite que se puedan excluir determinados indicadores de forma intencionada para favorecer los resultados del ACV.

Por ello, el manual del ILCD aconseja que, si no se han acotado unas categorías de impacto en la fase de descripción de los objetivos y el alcance, deberían incluirse todas las categorías de impacto posibles para obtener unos resultados fiables.

En cuanto a los modelos de cálculo, ya se ha explicado anteriormente que hay una gran variedad. Para la realización de este análisis se elige el modelo de cálculo Environmental Footprint 3.0 (EF 3.0).

El desarrollo de este modelo de cálculo es una iniciativa de la Comisión Europea para intentar establecer una metodología común para cuantificar impactos ambientales [22]. Es por ello que incluye todos los indicadores recomendados por la Unión Europea, aunque para realizar este trabajo no se han utilizado todos.

De los 28 indicadores que ofrece el modelo de cálculo (Tabla 1), se utilizan finalmente 16 (Tabla 9). Esto es debido a que hay algunos indicadores muy específicos y el objetivo de este análisis es tener una visión global de los posibles impactos de NAITEC.

Por ejemplo, además del indicador “Climate change” (potencial cambio climático) el modelo EF 3.0 ofrece otros 3 indicadores: “climate change (biogenic)”, “climate change (fossil)” y “climate change (land use change)”. Es por ello que se decide utilizar los 16 más importantes.

En la siguiente tabla se exponen los 16 indicadores a utilizar, sus unidades y su nivel de confianza (en función de los factores de caracterización empleados).

INDICADOR	NOMBRE COMPLETO	UNIDAD	CONFIANZA
TOXICIDAD HUMANA			
HTC	Potencial de toxicidad humana cancerígena	CTUh	III
HTNC	Potencial de toxicidad humana no cancerígena	CTUh	III
RI	Partículas inorgánicas	Disease incidences	I
IR	Radiación iónica	kBq U235 eq.	II
ECFW	Ecotoxicidad del agua	CTUe	III
POF	Creación de ozono fotoquímico	kg NMVOC eq.	II
DEGRADACIÓN AMBIENTAL			
AP	Potencial de acidificación	Mole of H+ eq.	II
GWP	Potencial Cambio Climático	kg CO2 eq.	I
EUT	Potencial de eutrofización terrestre	Mole of N eq.	II
EUf	Potencial de eutrofización de agua de ríos	kg P eq.	II
EUM	Potencial de eutrofización de agua de mares	kg N eq.	II
ODP	Potencial disminución capa de ozono	kg CFC-11 eq.	I
DISMINUCIÓN RECURSOS			
LU	Uso de terreno	Pt	III
RDM	Disminución de recursos minerales	kg Sb eq.	III
RU	Disminución de recursos fósiles	MJ	III
WU	Uso de agua	m ³ world equiv.	III

Tabla 8: Indicadores ambientales utilizados y unidades

3.3.1. CATEGORÍAS DE IMPACTOS

A continuación, se describen los indicadores utilizados en este análisis (los 16 indicados anteriormente), agrupados en categorías de impacto. A su vez, estas categorías estarán agrupadas en toxicidad humana, degradación ambiental y disminución de recursos.

TOXICIDAD HUMANA:

- TOXICIDAD

Esta categoría contempla los efectos que las sustancias tóxicas pueden ejercer sobre la salud humana, el entorno y los recursos naturales.

Para la realización de este análisis se utilizan 3 indicadores diferentes de esta categoría. Cada uno de ellos hace referencia a los diferentes tipos de toxicidad:

- Ecotoxicidad del agua (ECFW): este indicador hace referencia a los posibles impactos ambientales de la toxicidad en el agua, y su unidad es el CTUe (unidad tóxica comparativa de ecotoxicidad).
- Potencial de toxicidad humana cancerígena (HTC): hace referencia a los posibles impactos cancerígenos sobre la salud humana, y su unidad de medida es el CTUh (unidad tóxica comparativa en humanos).
- Potencial de toxicidad humana no cancerígena (HTNC): hace referencia a los posibles impactos no cancerígenos sobre la salud humana, y su unidad de medida es el CTUh (unidad tóxica comparativa en humanos).

- PARTÍCULAS INORGÁNICAS

La categoría de partículas inorgánicas hace referencia a la emisión de partículas extremadamente pequeñas y los impactos ambientales que esto pueda generar

La contaminación por partículas puede ser producida por diferentes causas como, por ejemplo, partículas de tierra o polvo, ácidos (como nitratos o sulfatos), productos químicos orgánicos o metales.

Todo esto puede producir problemas de salud en las personas (sobre todo problemas respiratorios).

El indicador utilizado en este caso es “Partículas inorgánicas” y su unidad de medida es “Disease incidences” (incidencia de la enfermedad).

- RADIACIÓN IÓNICA

La categoría de radiación iónica hace referencia a los impactos (sobre la salud humana y los ecosistemas) que puede producir la emisión de radionucleidos.

El indicador utilizado es “Radiación iónica (IR)” y la unidad de medida empleada es el kBq U235 eq. Esta unidad hace referencia a la radiactividad del Uranio-235 expresada en kilobequerelio (una unidad de medida de actividad radiactiva).

- FORMACIÓN OXIDANTES FOTO - QUÍMICOS

Esta categoría evalúa la formación de ozono troposférico. Así como se ha mencionado antes, que el ozono en la estratosfera es fundamental para filtrar la radiación ultravioleta, la formación de ozono en la troposfera tiene efectos muy negativos en la salud humana, la agricultura y los ecosistemas.

El ozono troposférico se produce mediante la reacción de los óxidos de nitrógeno con los compuestos orgánicos volátiles (VOCs).

El indicador utilizado es "Creación de ozono fotoquímico (POF)" y la unidad empleada es el kg NMVOC eq.

DEGRADACIÓN AMBIENTAL:

- ACIDIFICACIÓN

Esta categoría hace referencia a la deposición de ácidos provenientes de la liberación de óxidos de nitrógeno y sulfuro al ambiente. Este fenómeno puede darse en el aire, el suelo y el agua, variando la acidez en estos tres medios y produciendo deforestación, afectando a la flora, fauna y materiales de construcción.

El indicador utilizado en este caso es "Potencial de acidificación (AP)" y su unidad de medida es Mole of H+ eq. que hace referencia al efecto que tendría 1 mol de H+ (catión hidrógeno).

- CAMBIO CLIMÁTICO

Esta es, sin lugar a duda, una de las categorías de impacto ambiental más importantes en la actualidad. Hace referencia al aumento de los gases que producen el "efecto invernadero".

Parte de la energía que llega a la Tierra del Sol en forma de radiación es absorbida y distribuida por la atmósfera. Parte de esta radiación absorbida es reflejada de vuelta al espacio y otra parte es retenida en la atmósfera por los llamados gases de efecto invernadero (GEI). Los gases que contribuyen en mayor medida a este efecto son el vapor de agua y el dióxido de carbono, aunque hay otros como el metano, el óxido de nitrógeno o los clorofluorocarbonados (CFCs).

Este fenómeno, que se da de forma natural, es esencial para la vida en la Tierra, ya que es el causante de mantener un nivel de temperatura en el planeta compatible para la vida. Sin embargo, la acción humana está provocando un aumento en la emisión de estos gases, lo que causa un sobrecalentamiento del planeta.

Por todo ello, esta categoría de impacto es uno de los objetivos de mejora de muchos gobiernos, organizaciones o empresas.

En este caso se utiliza el indicador "Potencial Cambio Climático (GWP)" y su unidad de medida es el kg CO₂ eq. que hace referencia al efecto producido por un kg de dióxido de carbono.

- EUTROFIZACIÓN

Este fenómeno se da por el incremento de nitrógeno y fósforo en los ecosistemas acuáticos. Si el nivel de estos macronutrientes es alto, se puede producir un aumento de la biomasa en estos ecosistemas.

Este aumento de la biomasa lleva consigo un aumento del consumo de oxígeno (expresado como la demanda bioquímica de oxígeno) que, a su vez, puede conducir a unas condiciones anaerobias que provocan la descomposición causada por bacterias anaeróbicas. Esta descomposición libera metano, ácido sulfhídrico y amoníaco. El principal efecto nocivo es la desaparición de la vida aeróbica en estos ecosistemas.

Los indicadores relacionados con esta categoría que se han utilizado en este trabajo son los siguientes:

- Potencial de eutrofización de agua de ríos (EUF): se refiere a la eutrofización de los ecosistemas de agua dulce y la unidad utilizada es el kg P eq.
- Potencial de eutrofización de agua de mares (EUM): referido a la eutrofización de ecosistemas marinos, su unidad es el kg N eq.
- Potencial de eutrofización terrestre (EUT): hace referencia a la eutrofización de ecosistemas terrestres, su unidad es el Mole of N eq.

- AGOTAMIENTO DEL OZONO ESTRATOSFÉRICO

Esta categoría hace referencia a la disminución de la capa de ozono. Esta capa, situada en la estratosfera, es la que filtra la radiación ultravioleta que llega a la Tierra.

La disminución de esta capa puede provocar efectos en la salud humana (cáncer de piel) y en el entorno natural (efectos nocivos en los ecosistemas). Los principales causantes de este efecto son los compuestos fluorocarbonados y CFCs que, reaccionando en presencia de las nubes estratosféricas, emiten cloruros y bromuros que provocan la descomposición del ozono.

El indicador utilizado en este caso es "Potencial disminución capa de ozono (ODP)" y la unidad que se utiliza para cuantificar este impacto es el kg CFC-11 eq. que hace referencia al impacto que genera 1 kg de CFC-11.

DISMINUCIÓN DE RECURSOS:

- USO DEL SUELO

Esta categoría es una de las más importantes, ya que hay muchos estudios que muestran que la extinción de muchas especies es debida, precisamente, a la pérdida del hábitat.

Por todo ello, la mayoría de los indicadores de esta categoría guardan relación con la biodiversidad. En este caso, se utiliza el indicador "Uso del terreno (LU)" que se expresa en la unidad adimensional Pt.

- AGOTAMIENTO RECURSOS ABIÓTICOS

Esta categoría engloba todos los indicadores relacionados con la disminución de la disponibilidad de recursos en la naturaleza. En este caso, hace referencia a estos indicadores utilizados:

- Disminución de recursos fósiles (RU): se refiere a los recursos relacionados con la energía, por ello su unidad es el MJ.
- Disminución de recursos minerales (RDM): hace referencia al uso de recursos minerales y su unidad de referencia es el kg equivalente de antimonio (kg Sb eq.).
- Uso de agua (WU): hace referencia al agua utilizada y su unidad es el m³ world equiv.

3.3.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para poder evaluar mejor el origen de los impactos, se muestran los resultados de la actividad de NAITEC y, posteriormente, los resultados de cada sede.

En primer lugar, se muestra una tabla con los resultados obtenidos al realizar el Análisis del Ciclo de la actividad de NAITEC (Tabla 10). En esta, se pueden ver los posibles impactos de cada sede y de los desplazamientos. En cada indicador, se marca en negrita el proceso que más impacto ambiental tiene.

Además de esta tabla, se ha realizado una gráfica para tener una imagen más clara de qué sede influye más en cada indicador (Figura 59).

Se puede observar que hay una gran diferencia entre las sedes de Pamplona y Noáin y la sede de Estella. Las dos primeras son las que más contribuyen al posible impacto ambiental de NAITEC en la mayoría de los indicadores. Esto se debe, fundamentalmente, a que la actividad que se realiza en las sedes de Pamplona y Noáin es superior a la que se realiza en Estella, y esto se refleja en los impactos ambientales.

Hay un indicador que llama la atención sobre el resto: el ODP (Potencial disminución capa de ozono). Este indicador destaca debido a que, a diferencia del resto de los indicadores, en este son las sedes de Estella y Noáin las que más contribuyen. Viendo las gráficas de los posibles impactos de las sedes de Noáin y Estella (Figura 61 y Figura 62), se observa que el origen de la contribución de estas sedes al ODP es el proceso de incineración de los residuos plásticos.

Además de todo esto, se ve que la sede de Pamplona es la que más contribuye en la mayoría de los indicadores, exceptuando: el ECFW (Ecotoxicidad del agua), el EUF (Potencial de eutrofización de agua de ríos), el IR (Radiación iónica), el HTNC (Potencial de toxicidad humana no cancerígena) y el ODP (Potencial disminución capa de ozono) que ya se ha comentado anteriormente. En estas excepciones, la sede que más contribuye es la de Noáin.

El origen de estos posibles impactos de la sede de Pamplona es, en su mayoría, debido al consumo eléctrico (Tabla 3). Esto se ve en la gráfica que muestra los resultados del ACV de la sede de Pamplona (Figura 60). Además de esto, cabe destacar los posibles

impactos del consumo de gas natural, la fabricación de los trapos (en el uso del agua y en la eutrofización terrestre), el tratamiento de residuo de aguas (en la eutrofización del agua de los ríos) y el consumo de papel (en la radiación iónica). Llama la atención la contribución de la fabricación de los trapos en el uso del agua, esto es debido al proceso de obtención del algodón [23]. Se debe tener en cuenta que los trapos utilizados en NAITEC son de algodón reciclado. Por ello, posiblemente el impacto real en el uso de agua sea inferior.

Por otra parte, analizando los resultados del ACV de la sede de Noáin (Figura 61), se ve que la contribución a los posibles impactos está más repartida que en la sede de Pamplona. Destaca, al igual que en Pamplona, la contribución del consumo eléctrico (Tabla 2). Sin embargo, un consumo que también destaca en la mayoría de los indicadores es el del diésel (para el sistema de calefacción/climatización) que destaca, sobre todo, en la ecotoxicidad del agua (ECFW), la toxicidad humana no cancerígena (HTNC) y el uso de recursos fósiles (RU). Además de estos dos consumos, destacar la contribución del tratamiento de residuo de aguas (en la eutrofización del agua de los ríos), la incineración de residuos plásticos (en la disminución de la capa de ozono), el consumo de papel (en la radiación iónica) y el consumo de agua (en el uso de agua).

Analizando los resultados de Estella (Figura 62), destaca nuevamente la contribución del consumo de electricidad (Tabla 4). Además de este, destaca también el consumo de diésel en la ecotoxicidad del agua (ECFW), la radiación iónica (IR), la toxicidad humana no cancerígena (HTNC) y el uso de recursos fósiles (RU). Destacar también la contribución del reciclado de chatarra de acero, el tratamiento de aguas residuales (en la eutrofización del agua de los ríos), la incineración de residuos plásticos (en la disminución de la capa de ozono) y el consumo de agua (en el uso de agua).

IMPACTOS	TOTALES	Desplazamientos	NAITEC Estella	NAITEC Noain	NAITEC Pamplona	UNIDADES
HTC	2,12E-04	1,10E-06	3,14E-05	7,80E-05	1,01E-04	CTUh
HTNC	4,22E-03	5,66E-05	5,59E-04	2,07E-03	1,53E-03	CTUh
RI	6,20E-03	9,37E-05	8,31E-04	2,11E-03	3,17E-03	Disease incidences
IR	1,89E+03	1,33E+01	1,97E+02	9,15E+02	7,61E+02	kBq U235 eq.
ECFW	2,15E+06	5,23E+04	2,83E+05	1,43E+06	3,91E+05	CTUe
POF	6,86E+02	3,46E+01	7,60E+01	2,21E+02	3,54E+02	kg NMVOC eq.
AP	7,55E+02	3,55E+01	8,86E+01	2,67E+02	3,64E+02	Mole of H+ eq.
GWP	4,98E+05	5,58E+03	5,03E+04	1,44E+05	2,98E+05	kg CO2 eq.
EUT	2,90E+03	1,91E+02	2,63E+02	7,76E+02	1,67E+03	Mole of N eq.
EUF	3,39E+00	1,69E-02	3,94E-01	1,54E+00	1,45E+00	kg P eq.
EUM	2,39E+02	1,73E+01	2,50E+01	7,28E+01	1,24E+02	kg N eq.
ODP	1,47E-06	6,69E-13	5,92E-07	8,70E-07	7,59E-09	kg CFC-11 eq.
LU	5,14E+06	2,60E+04	5,28E+05	2,06E+06	2,53E+06	Pt
RDM	2,33E-01	4,01E-04	2,32E-02	7,93E-02	1,30E-01	kg Sb eq.
RU	9,06E+06	7,41E+04	9,17E+05	3,56E+06	4,52E+06	MJ
WU	1,00E+06	4,97E+01	6,86E+04	2,69E+05	6,65E+05	m ³ world equiv.

Tabla 9: Resultados ACV NAITEC

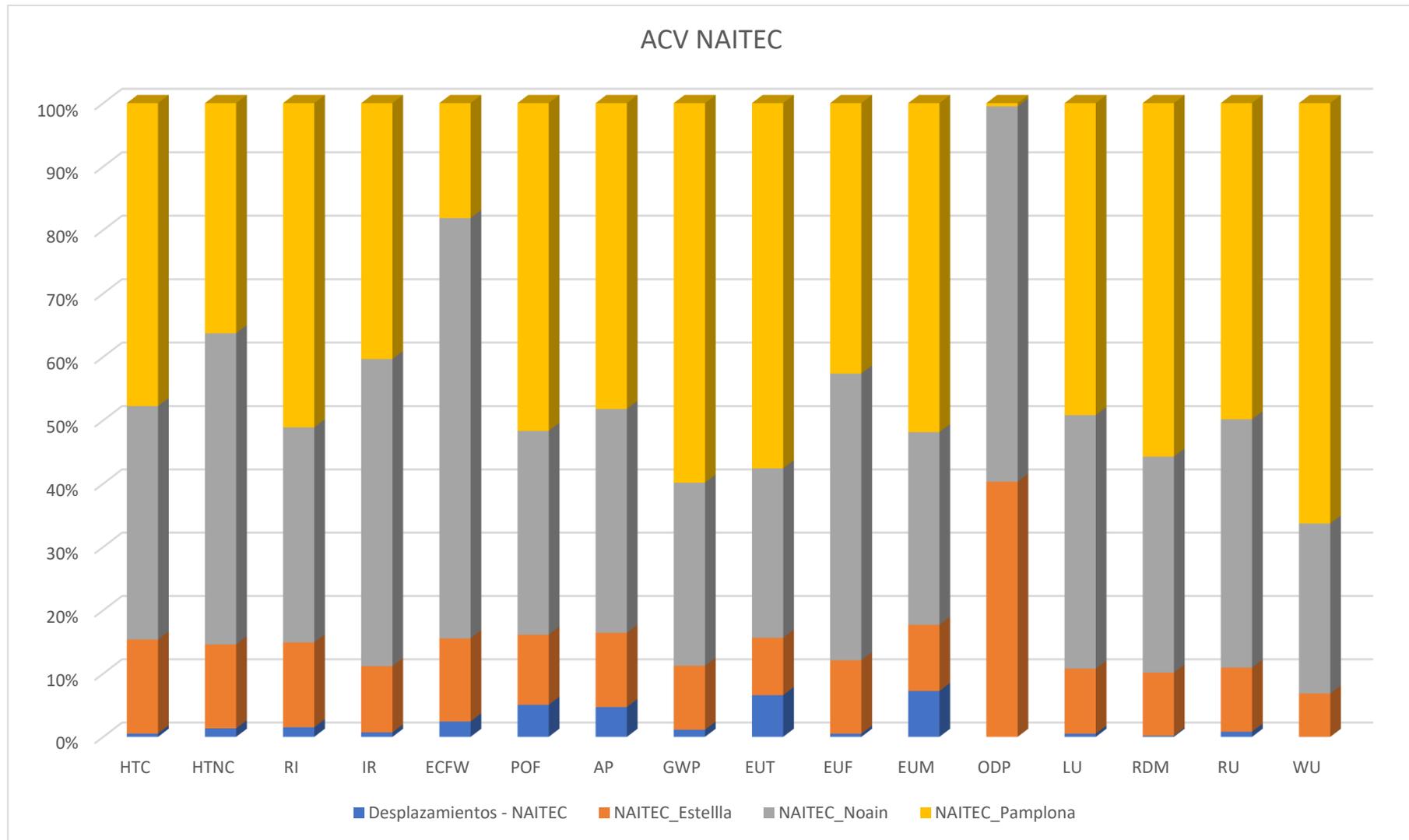


Figura 59: Gráfica resultados ACV NAITEC

IMPACTOS	TOTALES	Electricidad - Generación	Gas natural - Producción	Trapos - Producción	Residuo aguas - Tratamiento	Consumo de agua	Papel - Producción	Residuo aceites - Tratamiento	Chatarra de acero - Reciclado	Aceites lubricantes - Producción	Residuo trapos - Vertedero	Residuo papel - Incineración	UNIDADES
HTC	1,01E-04	9,28E-05	6,01E-06	3,10E-07	7,22E-07	1,57E-07	3,16E-07	1,87E-10	3,74E-07	3,18E-07	7,22E-09	1,85E-09	CTUh
HTNC	1,53E-03	1,33E-03	9,05E-05	4,45E-06	2,07E-05	1,43E-05	1,14E-05	2,68E-09	4,56E-05	1,38E-05	8,93E-07	7,97E-08	CTUh
RI	3,17E-03	2,45E-03	5,76E-04	8,20E-06	1,08E-05	6,84E-06	6,21E-05	4,95E-09	4,00E-05	1,03E-05	4,92E-07	3,63E-07	Disease incidences
IR	7,61E+02	3,88E+02	3,23E+01	7,75E+01	1,51E+01	1,20E+01	1,32E+02	4,89E+00	8,29E+01	1,56E+01	2,35E-01	6,01E-01	kBq U235 eq.
ECFW	3,91E+05	3,17E+05	1,20E+04	1,06E+03	2,23E+04	4,11E+03	1,33E+04	6,38E-01	4,61E+03	1,63E+04	2,02E+02	3,51E+01	CTUe
POF	3,54E+02	2,79E+02	6,64E+01	9,34E-01	1,01E+00	2,91E-01	2,12E+00	5,63E-04	2,81E+00	1,22E+00	9,93E-02	6,27E-02	kg NMVOC eq.
AP	3,64E+02	2,86E+02	6,12E+01	9,57E-01	1,19E+00	3,56E-01	9,34E+00	5,77E-04	3,20E+00	1,72E+00	4,90E-02	6,55E-02	Mole of H+ eq.
GWP	2,98E+05	2,17E+05	7,43E+04	2,20E+03	5,04E+02	1,90E+02	8,22E+02	9,90E+02	1,22E+03	5,11E+02	1,60E+02	5,89E+00	kg CO2 eq.
EUT	1,67E+03	9,96E+02	2,17E+02	4,39E+02	4,13E+00	1,08E+00	5,43E+00	2,01E-03	8,06E+00	2,77E+00	1,75E-01	2,95E-01	Mole of N eq.
EUF	1,45E+00	9,52E-01	1,44E-03	3,18E-03	4,54E-01	2,48E-02	1,85E-03	1,92E-06	3,71E-03	1,39E-03	3,63E-03	8,25E-06	kg P eq.
EUM	1,24E+02	9,61E+01	1,96E+01	4,18E+00	2,18E+00	1,92E-01	4,96E-01	1,94E-04	7,55E-01	2,48E-01	4,14E-02	2,37E-02	kg N eq.
ODP	7,59E-09	7,51E-09	2,74E-12	2,51E-11	4,86E-12	1,26E-12	1,09E-11	1,51E-14	2,68E-11	7,79E-13	2,17E-14	4,22E-14	kg CFC-11 eq.
LU	2,53E+06	2,47E+06	1,30E+03	1,02E+04	2,28E+03	3,94E+02	4,64E+04	4,97E+00	5,88E+03	2,14E+02	1,05E+01	1,96E+01	Pt
RDM	1,30E-01	1,27E-01	1,70E-03	4,25E-04	6,41E-05	2,06E-05	1,95E-04	2,56E-07	3,91E-04	5,91E-05	6,56E-07	6,67E-07	kg Sb eq.
RU	4,52E+06	3,27E+06	1,14E+06	3,17E+04	3,12E+03	2,63E+03	2,28E+04	1,18E+04	1,42E+04	2,40E+04	1,39E+02	7,39E+01	MJ
WU	6,65E+05	1,95E+05	1,75E+02	3,66E+05	-9,15E+02	9,26E+04	1,29E+03	1,12E+04	6,42E+00	1,11E+01	6,31E-01	2,90E+01	m ³ world equiv.

Tabla 10: Resultados ACV NAITEC Pamplona

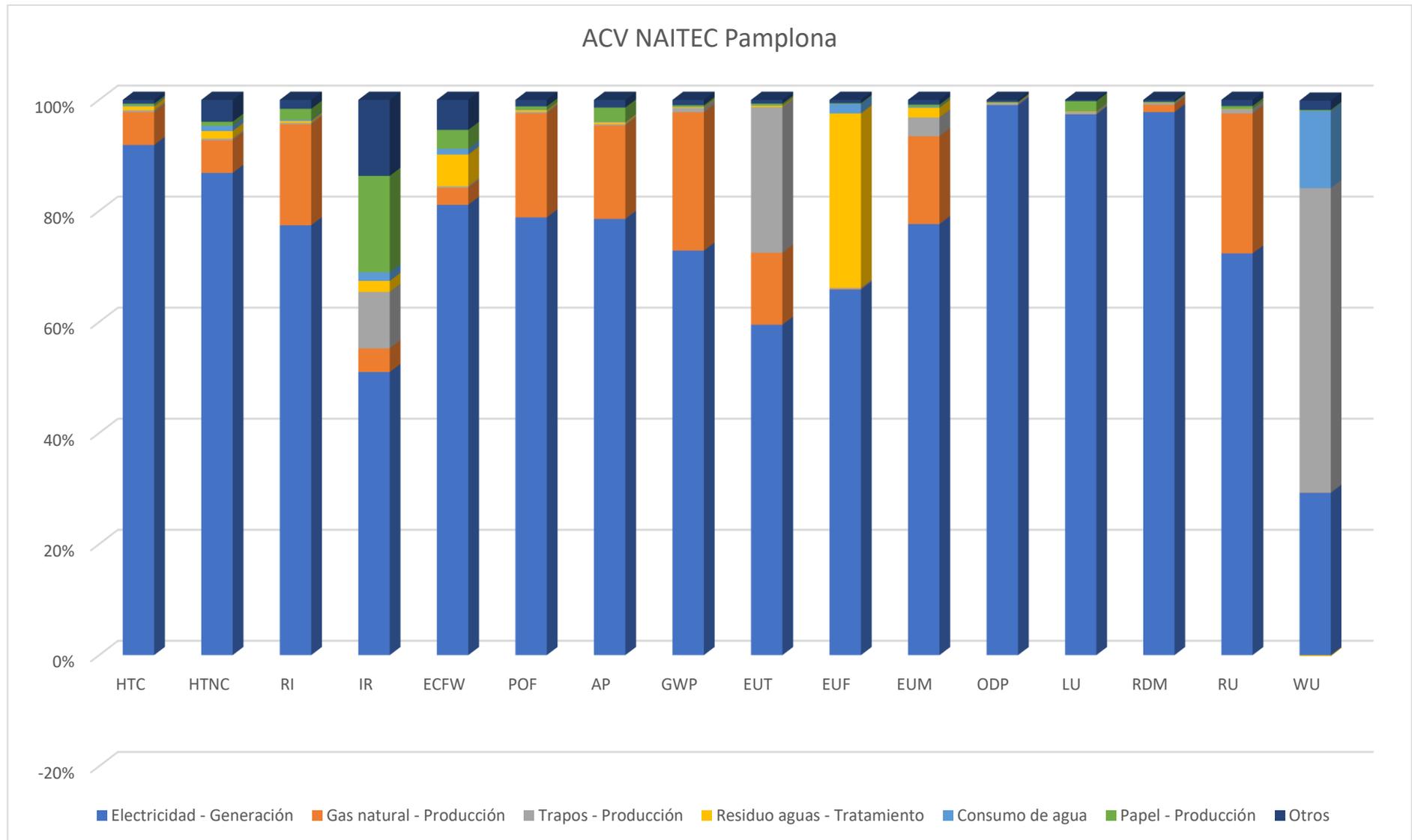


Figura 60: Gráfica resultados ACV NAITEC Pamplona

IMPACTOS	TOTALES	Electricidad - Generación	Diésel - Producción	Residuo aguas - Tratamiento	Residuo plásticos - Incineración	Papel - Producción	Consumo de agua	Gases - Mix	Residuo aceites - Tratamiento	Reactivos - Mix	Residuo aguas con barniz - Recup. de disolvente	Residuo soluciones no halogenados - Recup. de disolvente	Residuo soluciones acidas - Tratamiento	Residuo material contaminado - Incineración	Residuo papel - Incineración	UNIDADES
HTC	7,80E-05	5,12E-05	2,47E-05	9,26E-07	5,69E-09	7,03E-07	2,61E-07	1,10E-07	9,16E-11	8,49E-08	5,45E-10	1,14E-09	2,05E-09	1,03E-08	4,13E-09	CTUh
HTNC	2,07E-03	7,34E-04	1,25E-03	2,66E-05	3,66E-07	2,55E-05	2,36E-05	4,81E-06	1,31E-09	4,03E-06	2,10E-08	4,40E-08	3,69E-08	1,48E-06	1,78E-07	CTUh
RI	2,11E-03	1,35E-03	5,71E-04	1,38E-05	4,09E-07	1,38E-04	1,13E-05	8,27E-06	2,42E-09	7,09E-06	4,27E-08	8,93E-08	1,75E-07	1,65E-06	8,09E-07	Disease incidences
IR	9,15E+02	2,14E+02	2,99E+02	1,93E+01	2,00E-01	2,94E+02	1,99E+01	5,92E+01	2,39E+00	3,83E+00	1,23E-01	2,57E-01	5,02E-02	1,69E+00	1,34E+00	kBq U235 eq.
ECFW	1,43E+06	1,75E+05	1,18E+06	2,86E+04	2,16E+02	2,97E+04	6,81E+03	2,85E+03	3,12E-01	3,53E+03	1,00E+01	2,10E+01	8,82E+00	1,36E+02	7,82E+01	CTUe
POF	2,21E+02	1,54E+02	5,81E+01	1,30E+00	2,02E-01	4,71E+00	4,82E-01	7,66E-01	2,76E-04	6,92E-01	4,33E-03	9,05E-03	2,00E-02	2,32E-01	1,40E-01	kg NMVOC eq.
AP	2,67E+02	1,58E+02	8,36E+01	1,53E+00	2,19E-01	2,08E+01	5,90E-01	9,82E-01	2,82E-04	5,50E-01	4,32E-03	9,04E-03	1,87E-02	2,34E-01	1,46E-01	Mole of H+ eq.
GWP	1,44E+05	1,20E+05	1,90E+04	6,46E+02	9,12E+02	1,83E+03	3,14E+02	6,11E+02	4,84E+02	2,64E+02	4,29E+00	8,97E+00	2,19E+01	1,91E+02	1,31E+01	kg CO2 eq.
EUT	7,76E+02	5,49E+02	1,99E+02	5,30E+00	1,09E+00	1,21E+01	1,79E+00	3,04E+00	9,82E-04	2,15E+00	1,49E-02	3,12E-02	6,63E-02	1,12E+00	6,58E-01	Mole of N eq.
EUF	1,54E+00	5,25E-01	3,81E-01	5,82E-01	2,96E-06	4,12E-03	4,10E-02	2,24E-03	9,39E-07	4,18E-04	2,53E-05	5,28E-05	4,76E-05	4,61E-05	1,84E-05	kg P eq.
EUM	7,28E+01	5,30E+01	1,49E+01	2,79E+00	7,72E-02	1,11E+00	3,18E-01	2,90E-01	9,47E-05	2,01E-01	1,46E-03	3,06E-03	6,16E-03	8,94E-02	5,28E-02	kg N eq.
ODP	8,70E-07	4,14E-09	1,51E-11	6,23E-12	8,66E-07	2,42E-11	2,09E-12	1,66E-11	7,41E-15	1,29E-12	1,24E-14	2,59E-14	2,20E-14	1,34E-13	9,40E-14	kg CFC-11 eq.
LU	2,06E+06	1,36E+06	5,86E+05	2,93E+03	0,00E+00	1,03E+05	6,52E+02	3,46E+03	2,43E+00	3,55E+02	3,41E+00	7,13E+00	7,22E+00	6,07E+01	4,37E+01	Pt
RDM	7,93E-02	6,99E-02	9,04E-03	8,22E-05	-4,46E-04	4,34E-04	3,41E-05	2,20E-04	1,25E-07	2,92E-05	2,61E-07	5,46E-07	8,27E-07	2,06E-06	1,49E-06	kg Sb eq.
RU	3,56E+06	1,80E+06	1,67E+06	4,00E+03	2,30E+02	5,08E+04	4,35E+03	1,17E+04	5,75E+03	7,38E+03	6,60E+01	1,38E+02	3,31E+02	2,46E+02	1,65E+02	MJ
WU	2,69E+05	1,07E+05	1,12E+03	-1,17E+03	9,42E+01	2,88E+03	1,53E+05	3,96E+01	5,49E+03	5,76E+01	1,36E+01	2,84E+01	4,28E+00	6,98E+01	6,47E+01	m³ world equiv.

Tabla 11: Resultados ACV NAITEC Noáin

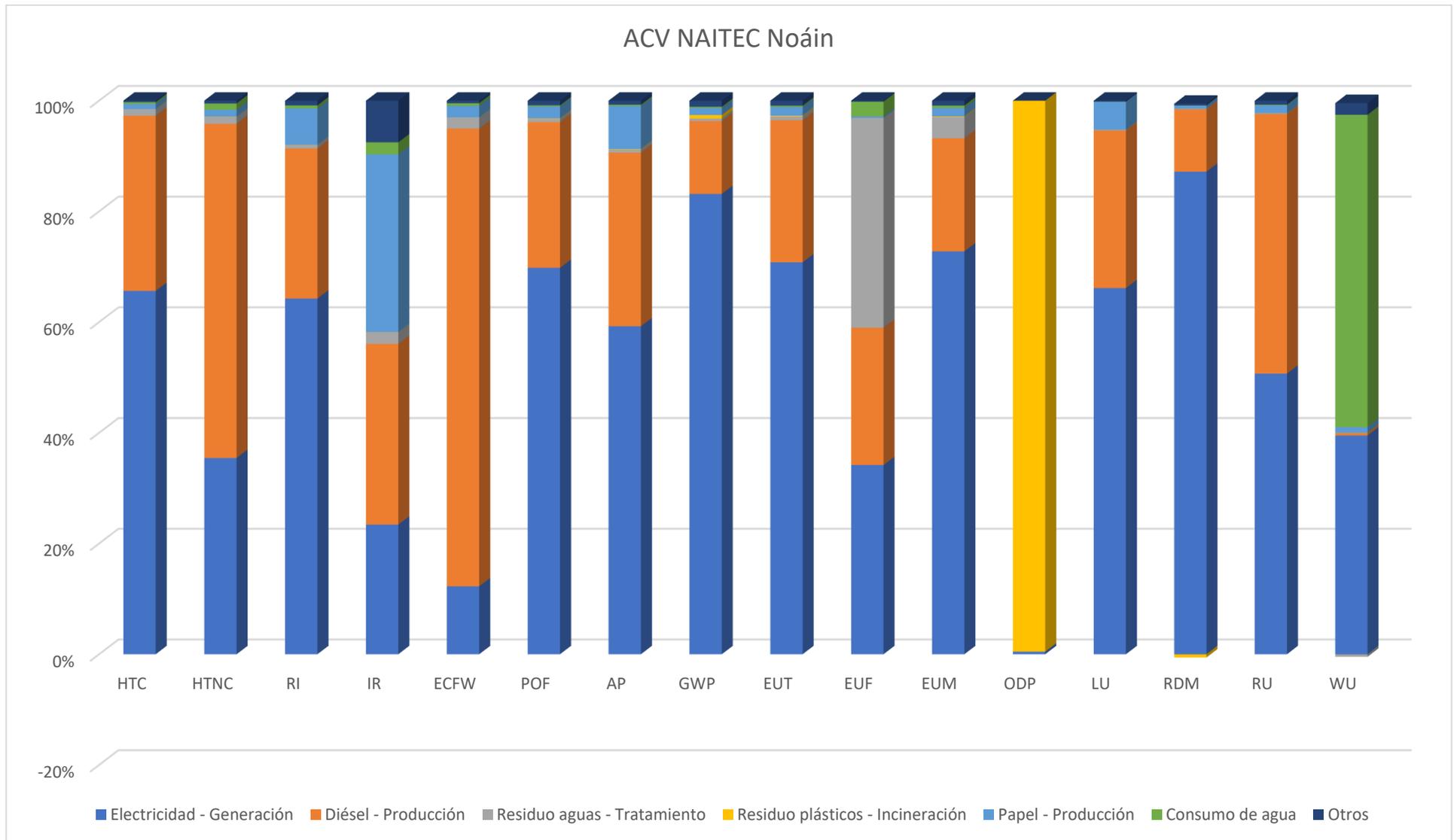


Figura 61: Gráfica resultados ACV NAITEC Noáin

IMPACTOS	TOTALES	Electricidad - Generación	Diésel - Producción	Chatarra de acero - Reciclado	Residuo aguas - Tratamiento	Residuo plásticos - Incineración	Consumo de agua	Papel - Producción	Tintas - Producción	Residuo pintura y barniz - Recup. de disolvente	Etanol - Producción	Isopropanol - Producción	Residuo basuras - Vertedero	Residuo material contaminado - Incineración	Residuo papel - Incineración	Residuo madera - Incineración	Acetona - Producción	UNIDADES
HTC	3,14E-05	1,58E-05	4,04E-06	1,10E-05	2,41E-07	3,89E-09	7,61E-08	5,74E-08	3,16E-08	4,95E-09	5,07E-08	4,83E-08	8,47E-09	1,63E-08	6,93E-09	3,39E-09	3,00E-08	CTUh
HTNC	5,59E-04	2,26E-04	2,04E-04	1,00E-04	6,93E-06	2,50E-07	7,23E-06	2,08E-06	2,50E-06	1,91E-07	2,36E-06	2,07E-06	1,03E-06	2,33E-06	2,98E-07	1,17E-07	1,23E-06	CTUh
RI	8,31E-04	4,17E-04	9,33E-05	2,91E-04	3,61E-06	2,79E-07	4,93E-06	1,13E-05	1,35E-06	3,88E-07	1,51E-06	1,28E-06	4,32E-07	2,61E-06	1,36E-06	3,94E-07	9,07E-07	Disease incidences
IR	1,97E+02	6,60E+01	4,89E+01	3,04E+01	5,03E+00	1,37E-01	1,16E+01	2,40E+01	1,02E+00	1,12E+00	1,07E+00	1,35E+00	1,87E-01	2,66E+00	2,25E+00	1,06E+00	6,36E-01	kBq U235 eq.
ECFW	2,83E+05	5,38E+04	1,93E+05	1,55E+04	7,45E+03	1,47E+02	4,04E+03	2,42E+03	8,26E+02	9,13E+01	1,80E+03	1,94E+03	1,38E+02	2,15E+02	1,31E+02	5,11E+01	1,35E+03	CTUe
POF	7,60E+01	4,74E+01	9,49E+00	1,64E+01	3,39E-01	1,38E-01	2,09E-01	3,85E-01	1,14E-01	3,94E-02	2,44E-01	3,46E-01	9,33E-02	3,66E-01	2,34E-01	6,91E-02	1,33E-01	kg NMVOC eq.
AP	8,86E+01	4,86E+01	1,37E+01	2,23E+01	3,98E-01	1,50E-01	3,22E-01	1,70E+00	9,94E-02	3,93E-02	2,22E-01	1,92E-01	4,13E-02	3,69E-01	2,45E-01	7,81E-02	1,32E-01	Mole of H+ eq.
GWP	5,03E+04	3,69E+04	3,11E+03	8,16E+03	1,68E+02	6,22E+02	1,22E+02	1,49E+02	6,85E+01	3,90E+01	1,79E+02	1,36E+02	1,71E+02	3,01E+02	2,20E+01	8,13E+00	8,69E+01	kg CO2 eq.
EUT	2,63E+02	1,69E+02	3,25E+01	5,19E+01	1,38E+00	7,46E-01	7,60E-01	9,88E-01	2,60E-01	1,36E-01	6,80E-01	5,52E-01	1,25E-01	1,77E+00	1,10E+00	3,69E-01	3,11E-01	Mole of N eq.
EUF	3,94E-01	1,62E-01	6,23E-02	6,01E-03	1,52E-01	2,02E-06	9,54E-03	3,36E-04	1,85E-04	2,30E-04	2,64E-04	1,25E-04	1,85E-03	7,27E-05	3,08E-05	9,87E-06	7,28E-05	kg P eq.
EUM	2,50E+01	1,63E+01	2,43E+00	4,80E+00	7,28E-01	5,27E-02	1,05E-01	9,02E-02	2,43E-02	1,33E-02	6,39E-02	5,18E-02	1,68E-02	1,41E-01	8,85E-02	2,54E-02	2,89E-02	kg N eq.
ODP	5,92E-07	1,28E-09	2,46E-12	6,46E-12	1,62E-12	5,91E-07	9,91E-13	1,98E-12	4,38E-13	1,13E-13	1,88E-13	2,69E-13	2,23E-14	2,12E-13	1,58E-13	6,64E-14	1,70E-13	kg CFC-11 eq.
LU	5,28E+05	4,19E+05	9,57E+04	3,79E+03	7,63E+02	0,00E+00	2,79E+02	8,44E+03	1,12E+02	3,10E+01	4,66E+01	6,09E+01	1,17E+01	9,57E+01	7,32E+01	3,26E+01	3,65E+01	Pt
RDM	2,32E-02	2,15E-02	1,48E-03	3,78E-04	2,14E-05	-3,05E-04	1,61E-05	3,54E-05	9,98E-06	2,37E-06	1,61E-05	1,42E-05	6,15E-07	3,24E-06	2,49E-06	1,06E-06	6,46E-06	kg Sb eq.
RU	9,17E+05	5,55E+05	2,73E+05	6,72E+04	1,04E+03	1,57E+02	2,00E+03	4,15E+03	1,64E+03	6,00E+02	4,92E+03	4,15E+03	1,18E+02	3,88E+02	2,76E+02	1,17E+02	2,32E+03	MJ
WU	6,86E+04	3,31E+04	1,83E+02	-1,17E+02	-3,06E+02	6,43E+01	3,51E+04	2,35E+02	7,17E+00	1,23E+02	7,76E+00	6,27E+00	3,91E-01	1,10E+02	1,08E+02	5,63E+01	1,34E+01	m³ world equiv.

Tabla 12: Resultados ACV NAITEC Estella

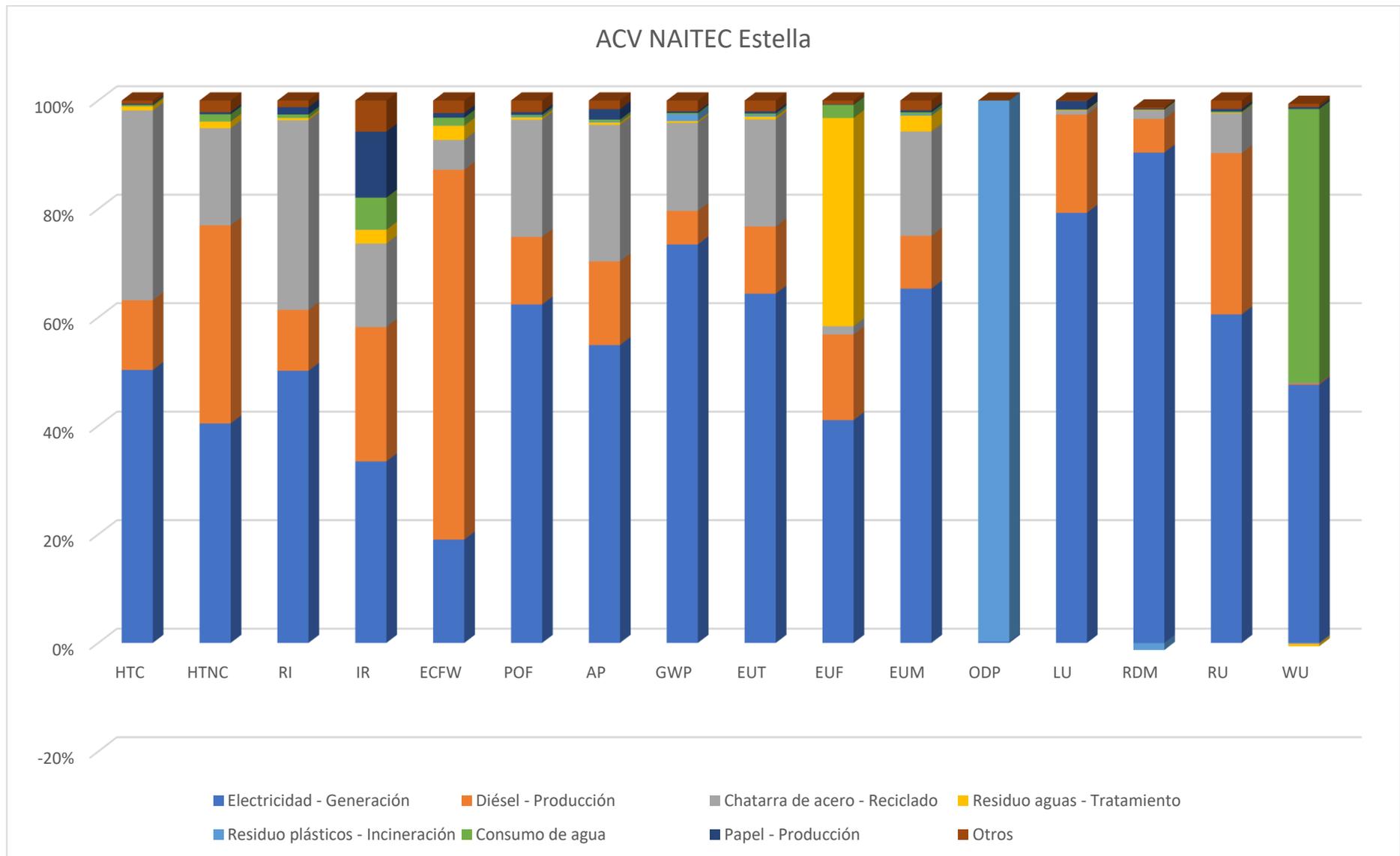


Figura 62: Gráfica resultados ACV NAITEC Estella

3.4. INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA

En esta última fase, el objetivo es analizar los resultados obtenidos para así, poder emitir una serie de recomendaciones de mejora. En este caso, se van a abordar los procesos que más contribuyan a los posibles impactos ambientales y que, a su vez, dispongan de algún margen de mejora.

3.4.1. CONSUMO ELÉCTRICO

Sin lugar a duda, el proceso que más contribuye a los posibles impactos de la actividad del Centro es el consumo de energía eléctrica. Este consumo se puede dividir en el consumo eléctrico de los equipos y el consumo eléctrico de las instalaciones.

En cuanto al consumo de los equipos, poco se puede hacer para intentar disminuirlo ya que es necesario para el desarrollo de la actividad del Centro. La única opción para disminuir el consumo de los equipos (además de tener un uso responsable) es que, en un futuro, cuando sea necesario sustituir un equipo, se analice si hay en el mercado equipos más eficientes y con menores consumos.

Por otra parte, el consumo eléctrico de las instalaciones sí que se puede intentar disminuir. Este consumo es el referido a las luminarias, enchufes, etc. En este caso sí que hay margen de mejora. Por ejemplo, una de las medidas que se puede adoptar es automatizar la iluminación de los baños y pasillos mediante sensores. Así se reduciría el consumo eléctrico en estas zonas. Además de esto, se puede concienciar a los empleados para tener un uso responsable de esta energía.

GENERACIÓN DE 1 kWh EN NAVARRA		
HTC	1,19E-10	CTUh
HTNC	1,71E-09	CTUh
RI	3,16E-09	Disease incidences
IR	5,00E-04	kBq U235 eq.
ECFW	4,07E-01	CTUe
POF	3,60E-04	kg NMVOC eq.
AP	3,69E-04	Mole of H+ eq.
GWP	2,80E-01	kg CO2 eq.
EUT	1,28E-03	Mole of N eq.
EUf	1,22E-06	kg P eq.
EUM	1,24E-04	kg N eq.
ODP	9,67E-15	kg CFC-11 eq.
LU	3,17E+00	Pt
RDM	1,63E-07	kg Sb eq.
RU	4,21E+00	MJ
WU	2,51E-01	m ³ world equiv.

Tabla 13: Impactos ambientales de la generación de 1 kWh de energía eléctrica en Navarra

En la Tabla 13 se pueden observar los posibles impactos ambientales de la generación de 1 kWh de energía eléctrica en Navarra. Por cada kWh de consumo eléctrico ahorrado, se dejan de emitir 0,28 kg de CO₂ equivalentes. Esto quiere decir que, únicamente reduciendo el consumo eléctrico anual un 0,5% en cada sede (3911,56 kWh en Pamplona, 2158,95 kWh en Noáin y 665,17 kWh en Estella), se dejarían de emitir 1,886 toneladas de CO₂ equivalentes al año.

Además de estas posibles medidas de reducción del consumo eléctrico, se puede realizar una instalación de paneles solares fotovoltaicos. Con esto se conseguiría generar una energía eléctrica con cero emisiones y se fomentaría el autoconsumo.

3.4.2. SISTEMA DE CALEFACCIÓN/CLIMATIZACIÓN

Otro de los procesos que más contribuye a los posibles impactos de NAITEC es el sistema de calefacción/climatización de los edificios (especialmente el diésel en las sedes de Noáin y Estella). Sí que es verdad que este consumo ha podido subir a causa del COVID-19, ya que una de las recomendaciones sanitarias para evitar contagios es disponer de áreas de trabajo ventiladas. Es por ello que, siempre que se puede, las ventanas de las oficinas están abiertas. Esto hace que aumente el uso de la calefacción/climatización tanto en invierno, como en verano.

Para reducir este consumo, se pueden limitar las temperaturas del termostato de la calefacción y del aire acondicionado. Esta es una medida que ha adoptado recientemente el Gobierno de Navarra en todos los edificios de la Administración Foral y sus organismos autónomos con el objetivo de reducir el consumo y ahorrar energía [24]. La temperatura máxima de la calefacción se ha limitado a 20 °C y la temperatura mínima del aire acondicionado a 24 °C. Con estas medidas se ha logrado un 9% de ahorro energético respecto al mismo periodo en el año anterior.

SISTEMA CALEFACCIÓN/CLIMATIZACIÓN		
HTC	3,47E-05	CTUh
HTNC	1,55E-03	CTUh
RI	1,24E-03	Disease incidences
IR	3,80E+02	kBq U235 eq.
ECFW	1,38E+06	CTUe
POF	1,34E+02	kg NMVOC eq.
AP	1,58E+02	Mole of H+ eq.
GWP	9,64E+04	kg CO ₂ eq.
EUT	4,49E+02	Mole of N eq.
EUf	4,45E-01	kg P eq.
EUM	3,69E+01	kg N eq.
ODP	2,03E-11	kg CFC-11 eq.
LU	6,83E+05	Pt
RDM	1,22E-02	kg Sb eq.
RU	3,08E+06	MJ
WU	1,48E+03	m ³ world equiv.

Tabla 14: Impactos anuales sistema de calefacción/climatización

Siguiendo esta iniciativa, en NAITEC se podrían limitar también las temperaturas de la calefacción y del aire acondicionado, produciendo así un ahorro energético.

En la Tabla 14 se pueden observar los posibles impactos que genera el uso de la calefacción/climatización en las tres sedes durante un año. Si mediante la limitación de las temperaturas se llegara a una disminución del 9% del consumo energético (como ya se ha conseguido en los edificios de la Administración Foral), se dejarían de emitir 8,676 toneladas de CO₂ equivalentes anualmente.

3.4.3. CONSUMO DE AGUA

Tanto el consumo del agua, como el tratamiento de las aguas residuales, son procesos que contribuyen a los impactos ambientales del Centro. Una de las medidas que se puede implantar para poder reducir este consumo es la instalación de grifos temporizados en zonas comunes. Esto permitiría reducir el consumo de agua en estas zonas.

Además de esta medida, se puede concienciar a los empleados para tener un uso responsable de este recurso.

4. CONCLUSIONES

Durante la realización de este trabajo de Análisis del Ciclo de Vida de la actividad de NAITEC se han obtenido varias conclusiones.

Los procesos que más contribuyen a los impactos generados por la actividad del Centro son claramente el consumo eléctrico y los sistemas de calefacción/climatización de las diferentes sedes. NAITEC, al no ser una empresa de producción, no cuenta con grandes flujos de entrada y salida de material.

Esto hace que, los posibles impactos de los flujos de entrada y salida de material que tiene el Centro queden eclipsados por los posibles impactos de los consumos energéticos de las sedes. Es por ello que todas las recomendaciones de mejora se han centrado en estos consumos.

Se ha visto que, reduciendo mínimamente estos consumos, se pueden disminuir los impactos ambientales generados. Por lo tanto, las líneas de actuación para la mejora de los impactos ambientales deberían ir enfocadas a la eficiencia energética del Centro.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] NAITEC, «NAITEC: Quiénes somos,» [En línea]. Available: <https://www.naitec.es/naitec-quiénes-somos/>.
- [2] EESC, «Desarrollo sostenible,» [En línea]. Available: <https://www.eesc.europa.eu/es/politicas/policy-areas/sustainable-development>.
- [3] AENOR, Gestión medioambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y Marco de referencia. Norma UNE-EN ISO 14040, 2006.
- [4] AENOR, Gestión medioambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Requisitos y directrices. Norma UNE-EN ISO 14044, 2006.
- [5] RSS, «Sostenibilidad: qué es, definición, concepto, tipos y ejemplos,» 2022. [En línea]. Available: <https://responsabilidadsocial.net/sostenibilidad-que-es-definicion-concepto-tipos-y-ejemplos/?amp>.
- [6] W. Klöpffer y B. Grahl, Life cycle assessment : (LCA) : a guide to best practice, 2014.
- [7] N. Torre, TFG: Análisis del Ciclo de Vida y estudio económico de una planta de incineración de residuos sólidos urbanos, UC, 2013.
- [8] P. Resano, TFG: REVISIÓN DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, UPNA, 2019.
- [9] INESEM, «El Análisis de Ciclo de vida y sus principales softwares como herramientas de cálculo,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-integrada/el-analisis-de-ciclo-de-vida-y-sus-principales-softwares-como-herramientas-de-calculo/>.
- [10] REE, «Las renovables producen más de la mitad de la electricidad en Navarra durante 2020,» 2021. [En línea]. Available: https://www.ree.es/sites/default/files/07_SALA_PRENSA/Documentos/2021/1203_NP_Avance_Navarra.pdf.
- [11] CECU, «Energía minihidráulica,» [En línea]. Available: <https://cecu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/4%20minihidraulica.htm>.
- [12] «Balance energético de Navarra 2020,» Gobierno de Navarra, 2021. [En línea]. Available: <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/58064B90-D979-4F3A-9E2B-1ABE4201E0CD/477025/BalancesenergeticosdeNavarra2020.pdf>.
- [13] SNE, «Tonelada Equivalente de Petróleo,» [En línea]. Available: <https://www.sne.es/diccionario-nuclear/tonelada-equivalente-de-petroleo/>.

- [14] REE, «Informe del Sistema Eléctrico Español,» 2021. [En línea]. Available: https://www.ree.es/sites/default/files/publication/2021/06/downloadable/inf_sis_elec_ree_2020_0.pdf.
- [15] A. I. M'hamdi, N. I. Kandri, A. Zerouale, D. Blumberga y J. Gusca, «Life cycle assessment of paper production from treated wood,» 2017.
- [16] H. Zhao, S. Ma, Y. Wang, J. Li, S. Chen y M. Wang, «Synthesis of diglycidyl ether of bisphenol A,» 2013.
- [17] NCBI, «Dichloroacetic acid,» [En línea]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK294278/#:~:text=Dichloroacetic%20acid%20was%20reported%20to,by%20the%20oxidation%20of%20trichloroethylene..>
- [18] K. Webber y T. Zak, Diisobutylene production, 2005.
- [19] A. Products, «Ficha de datos de seguridad,» 2015. [En línea]. Available: <https://microsites.airproducts.com/es/selector-gases-soldadura/pdf/SDS/PROTAR%20MP.pdf>.
- [20] C. Capello, S. Hellweg, B. Badertscher y K. Hungerbühler, «Life-Cycle Inventory of Waste Solvent Distillation: Statistical Analysis of Empirical Data,» 2005.
- [21] L. Dudak et al., «Life Cycle Assessment of Different Waste Lubrication Oil Management Options in Serbia,» 2021.
- [22] «Environmental Footprint (EF)/ILCD recommendation,» Sphera, [En línea]. Available: <https://gabi.sphera.com/international/support/gabi/gabi-lcia-documentation/environmental-footprint-efilcd-recommendation/>.
- [23] P. Molina, «¿Cuántos litros de agua llevamos puestos?,» iagua, 2019. [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/paz-molina-elias/cuantos-litros-agua-llevamos-puestos-0>.
- [24] «Navarra, primera comunidad que limita la calefacción y el aire acondicionado,» Climatización y confort, 2022. [En línea]. Available: <https://climatizacion-y-confort.cdecomunicacion.es/noticias/sectoriales/51768/navarra-primera-comunidad-que-limita-la-temperatura-de-la-calefaccion-y-el-aire-acondicionado>.