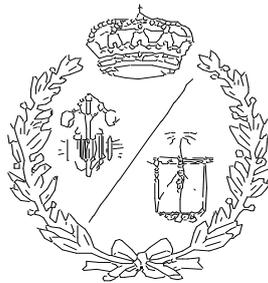


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR
MEDIANTE ANÁLISIS DE BASES DE DATOS
DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL EN ABIERTO**
(Contributing to circular economy through the
analysis of open industrial symbiosis databases)

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autor: Bruno Huidobro de la Fuente

Directora: M^a del Carmen Ruiz Puente

Septiembre - 2019

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	8
1.1	Antecedentes de sostenibilidad industrial.....	8
1.2	Modelo de economía circular mediante simbiosis industrial.....	9
1.3	Planteamiento del problema	11
1.4	Objetivos de este trabajo	12
1.5	Fuentes bibliográficas consultadas	13
2	METODOLOGÍA.....	15
2.1	Recopilación de casos	18
2.1.1	Estudio de las bases de datos existentes: Maestri e IS-Data.....	18
2.1.2	Propuesta de mejora de base de datos	24
2.2	Ordenación de intercambios.....	32
2.3	Proceso de validación de sinergias	34
2.4	Identificación, análisis y corrección de errores. Campos a completar	38
2.4.1	Procedimiento para la corrección de errores.....	39
2.4.2	Ausencia de datos. Campos a completar.....	41
3	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	47
3.1	Sectores industriales implicados en la red de Simbiosis Industrial	48
3.1.1	Análisis de la red de intercambios entre sectores industriales.....	48
3.1.2	Análisis de sectores industriales donantes	54
3.1.3	Análisis de sectores industriales receptores.....	60
3.1.4	Análisis conjunto y recomendaciones	65
3.2	Intercambios realizados en la red de Simbiosis Industrial.....	71
3.2.1	Análisis de la red de intercambios de recursos materiales	71
3.2.2	Análisis de residuos. Frecuencia y diversidad.....	77
3.2.3	Análisis del nuevo uso de los residuos como materias primas	86
3.2.4	Análisis conjunto y recomendaciones	92
3.3	Análisis de sinergias de Simbiosis Industrial	96
3.3.1	Sinergias entre sectores donantes-residuos y materias primas-sectores receptores.....	99
3.3.2	Sinergias entre residuos y materias primas.....	102
4	CONCLUSIONES.....	107

5	BIBLIOGRAFÍA	111
---	--------------------	-----

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Código NACE: Nomenclatura estadística de actividades económicas de la Comunidad Europea.
- Código CPA: Clasificación de Productos por Actividades.
- Código EWC: European Waste Code. Lista Europea de Residuos (LER).
- Código CAS: Chemical Abstracts Service.
- Código ANZSIC: Australian and New Zealand Standard Industrial Classification.
- PYME: Pequeñas y medianas empresas.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Circuito cerrado de economía circular (AIDIMME, 2017).....	10
Figura 2. Resumen de la metodología a desarrollar.	17
Figura 3. Encabezado de la base de datos de Maestri relativo a la información sobre las empresas.....	19
Figura 4. Encabezado de la base de datos de Maestri relativo a la información sobre el intercambio.....	20
Figura 5. Encabezado de la base de datos de Maestri relativo a la información sobre el uso final de los residuos.	20
Figura 6. Estructura de Maestri.	22
Figura 7. Estructura de IS-Data.	23
Figura 8. Estructura de la base de datos propuesta en relación con la red de Simbiosis Industrial.	26
Figura 9. Propuesta de base de datos definitiva.	31
Figura 10. Criterio de ordenación de datos.	33
Figura 11. Criterio de validación de sinergias.....	38
Figura 12. Tratamiento de datos conflictivos.	41
Figura 13. Procedimiento ante la ausencia de datos de las empresas.....	43
Figura 14. Procedimiento ante la ausencia del código EWC.	44
Figura 15. Procedimiento ante la ausencia del código CPA.....	45
Figura 16. Estructura de la tabla resumen.....	49
Figura 17. Explicación del código NACE.	49
Figura 18. Red entre sectores industriales según divisiones NACE de la base de datos (2 cifras).....	50
Figura 19. Red entre sectores industriales según clases NACE de la base de datos (4 cifras).52	
Figura 20. Distribución de los intercambios según la división NACE de los donantes (2 cifras).	54
Figura 21. Número de sectores NACE receptores distintos que reciben de cada sector NACE donante (2 cifras).....	56
Figura 22. Número de intercambios de cada sector NACE (4 cifras) como donante (I).....	57
Figura 23. Número de intercambios de cada sector NACE (4 cifras) como donante (II).....	58
Figura 24. Número de sectores NACE distintos que reciben de cada sector NACE donante (4 cifras).....	59

Figura 25. Distribución de los intercambios según la división NACE de los receptores (2 cifras).....	60
Figura 26. Número de sectores NACE donantes distintos que donan a cada sector NACE receptor (2 cifras).....	61
Figura 27. Número de intercambios de cada sector NACE (4 cifras) como receptor (I).	62
Figura 28. Número de intercambios de cada sector NACE (4 cifras) como receptor (II).	63
Figura 29. Número de sectores NACE distintos que donan a cada sector NACE receptor (4 cifras).....	64
Figura 30. Estudio de las donaciones del sector de la fabricación de azúcar.....	67
Figura 31. Estudio de las recepciones del sector de la fabricación de fertilizantes y compuestos nitrogenados.	68
Figura 32. Estudio de las recepciones del sector de la fabricación de cemento.	69
Figura 33. Divisiones del código EWC.	72
Figura 34. Divisiones del código CPA.	72
Figura 35. Red de residuos (código EWC, izquierda) y sus nuevos usos (código CPA, derecha) (2 cifras).	73
Figura 36. Red de residuos (código EWC, izquierda) y sus nuevos usos (código CPA, derecha) (6 cifras).	75
Figura 37. Distribución de los intercambios y sus residuos según la procedencia/capítulo del código EWC (2 cifras).	77
Figura 38. Número de sectores NACE distintos que generan/reciben cada tipo de residuo según código EWC general (2 cifras).....	79
Figura 39. Número de intercambios en los que aparece cada residuo, según código EWC específico (6 cifras).	81
Figura 40. Número de sectores NACE distintos (4 cifras) que producen cada residuo, según el código EWC específico (6 cifras).	82
Figura 41. Número de sectores NACE distintos (4 cifras) que reciben cada residuo, según el código EWC específico (6 cifras).	84
Figura 42. Distribución de los intercambios según el nuevo uso final, por código CPA (2 cifras).....	86
Figura 43. Número de sectores NACE receptores distintos que usan cada materia prima, según el código CPA (2 cifras).	87
Figura 44. Número de intercambios en los que aparece cada nueva materia prima, según el código CPA específico (6 cifras).	89
Figura 45. Número de sectores NACE distintos (4 cifras) que reciben cada materia prima, según el código CPA específico (6 cifras).	90

Figura 46. Criterio de simplificación de sinergias (I).....98

Figura 47. Criterio de simplificación de sinergias (II).....99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos sobre los sectores NACE más frecuentes (4 cifras).....	66
Tabla 2. Datos sobre los casos particulares destacados.....	67
Tabla 3. Repeticiones más destacadas en la simplificación total de sinergias (Sinergias totales diferentes).....	100
Tabla 4. Repeticiones más destacadas en la simplificación parcial de sinergias (Sinergias parciales diferentes).	103
Tabla 5. Repeticiones más destacadas de relaciones entre códigos EWC y códigos CPA.	105

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes de sostenibilidad industrial

Los conceptos que se van a mostrar a continuación están inspirados en “Ecología industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa. Manual para responsables medioambientales” (Seoanez Calvo, 1997, cap. 2 y 3).

La ecología es la ciencia que estudia los seres vivos como habitantes de un medio, y las relaciones que mantienen entre sí y con el propio medio, con el objetivo de conocer y proteger el medio ambiente. La industria es el conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales. El objetivo es la unión de estos dos conceptos en uno, desarrollando actividades industriales que permitan mejorar procesos a la vez que respetamos todo lo que nos rodea. Esta unión crea la ecología industrial.

Con el desarrollo industrial se mejoró la calidad de vida de la población, pero se descuidó el medio, lo que provocó perturbaciones que resultaron inesperadas en aquel momento. El objetivo de la Unión Europea fue corregir esto e incentivar a que los procesos realizados en las empresas fueran respetuosos con el medio, demostrando que de esta forma también se pueden obtener ventajas en todos los aspectos. Con el tiempo, se ha comprobado que las zonas con menos problemas y que están consiguiendo avanzar son aquellas en las que se ha tenido muy en cuenta la protección medioambiental.

La ecología moderna surge como consecuencia de una crisis medioambiental, reflejada en el deterioro de la capa de ozono, deforestación, calentamiento global, acumulación de residuos peligrosos, etc. El objetivo es poder avanzar evitando o reduciendo estos aspectos, o si es posible transformando los impactos negativos en positivos.

Las actividades industriales provocan la transformación de las materias primas en productos, generando siempre unos residuos, que si no son reutilizados se convertirán en contaminantes que dañarán la naturaleza. Muchas empresas, centradas en su lucha en el mercado, descuidan la gestión de estos residuos. Sin embargo, hay otras que desde un principio aplican medidas medioambientales, condicionando su desarrollo al cumplimiento de estas. En los últimos tiempos, este último grupo es el que está más extendido (CDP & ECODES, 2018).

Una de las medidas realizadas es la correcta gestión de los residuos, buscando una reutilización que evite que puedan acabar siendo productos contaminantes. De esta forma también se cumplirá otro de los objetivos, que es la disminución del consumo de materias primas. Estos aspectos abren nuevas posibilidades a las empresas, que incluso pueden obtener beneficios y ser más rentables.

La ingeniería medioambiental se encarga de solucionar los problemas creados por las actividades industriales en el medio ambiente. Una de las formas de controlar es mediante el balance ecológico de la empresa, por el que se conoce todo lo que entra y sale, además de la acumulación de residuos, emisiones o vertidos al final de la fabricación. Estos pueden ser drásticamente reducidos, aunque no llegarán a cero.

1.2 Modelo de economía circular mediante simbiosis industrial

Uno de los principales modelos a la hora de reducir la acumulación de residuos y el uso excesivo de materias primas es la economía circular. Este es un sistema de aprovechamiento de recursos donde se busca reducir los elementos de un proceso industrial, minimizando la producción y apostando por reutilizar los elementos que serían perjudiciales para el medio en caso de ser desechados, dándoles una nueva vida que los reincorpore al ciclo de producción. Como consecuencia de esto, los precios de producción se reducen, lo que reduce el precio de venta y el impacto al medio, saliendo beneficiadas las empresas, los consumidores y la naturaleza.

Una de las herramientas que existen para conseguir estos beneficios mencionados es la simbiosis industrial. La palabra “simbiosis” suele utilizarse en la naturaleza, para describir cómo dos o más especies intercambian materiales, energía o información de una forma en la que se benefician mutuamente. Al añadirse el término “industrial”, se está buscando este intercambio mutuamente beneficioso entre industrias y empresas.

Con la simbiosis industrial, se busca reunir a empresas para que colaboren, encontrando formas de usar los residuos de uno como materia prima para el otro. Este intercambio provocará una reducción del uso de materias primas vírgenes y del depósito de residuos, formando un circuito cerrado para el material, aspecto clave en la economía circular (FISSAC, 2019).

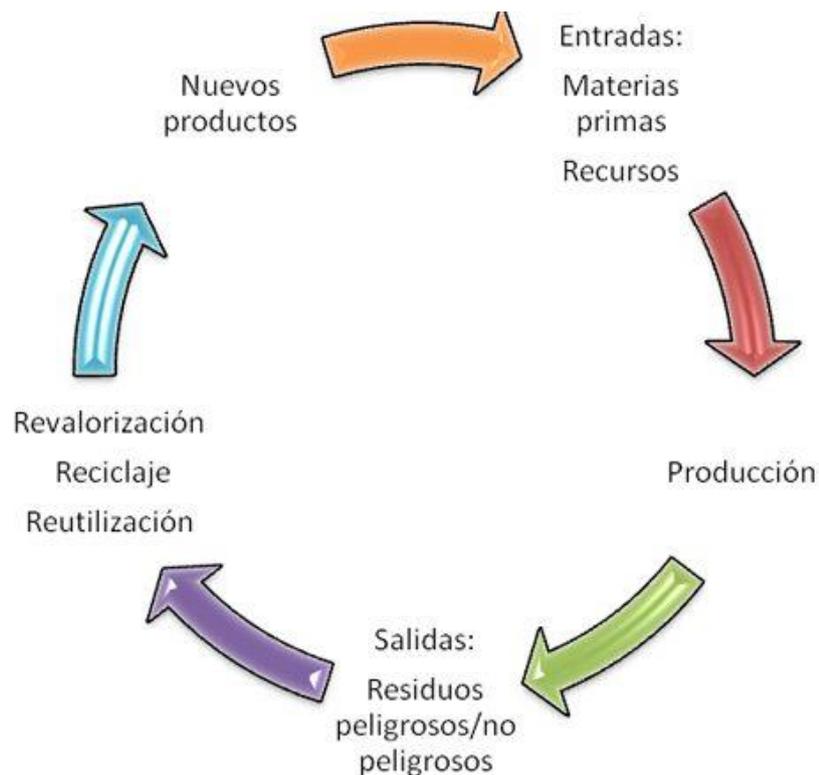


Figura 1. Circuito cerrado de economía circular (AIDIMME, 2017).

Normalmente, las empresas conocen las posibilidades que ofrece la simbiosis industrial, pero no saben cómo realizarlo ni con quién, o consideran que no tienen tiempo ni recursos para hacerlo. Por ello, los proyectos de simbiosis industrial muchas veces cuentan con la participación de unas empresas, llamadas facilitadoras, que identifican oportunidades para realizar intercambios y se ponen en contacto con empresas para ayudarlas durante el proceso, recomendando ciertos pasos a seguir durante el proceso del intercambio.

Para los proyectos de simbiosis industrial también es importante conocer la zona que rodea a las empresas. Es conveniente tener conocimiento de las actividades de las empresas cercanas por si se puede establecer alguna colaboración con ellas. Además, dependiendo de los procesos que se tengan que realizar, hay que tener en cuenta si puede haber ciertas actividades que provoquen un impacto social negativo a la población.

Los proyectos de simbiosis industrial deben ser duraderos y deben tener una continuidad garantizada, ya que la economía circular es transitoria y hay que aplicar sus conceptos en el tejido industrial (Kuchinow, 2018). En simbiosis industrial es clave la cooperación y la confianza. En muchas ocasiones, el recelo de algunas empresas a la hora de compartir información, debido a la confidencialidad, provoca que la información sea insuficiente para

poder crear un proyecto de intercambio en el que esas empresas puedan donar sus residuos o recibir otros que puedan usar como materias primas.

Como se podrá ver en el siguiente apartado (1.3), la era de la información en la que nos encontramos provoca que las cantidades de información disponibles al alcance de la mano crezcan exponencialmente cada año. Si las empresas quieren obtener información de esta forma, lo más probable es que la obtengan desestructurada e imprecisa, provocando que sus proyectos no acaben siendo exitosos. Para evitar eso, es importante que las empresas colaboren entre ellas y que utilicen sus experiencias para crear informaciones más estructuradas y precisas que puedan ser útiles para futuros usuarios.

1.3 Planteamiento del problema

La era de la información sufrió un gran avance a finales del siglo XX con la llegada de la revolución digital. En apenas 20 años, un cuarto de la población mundial pasó a tener internet, con todo lo que ello conlleva. Todo el que quisiera podía tener en su casa acceso a una gran fuente de información, que crecía exponencialmente cada día. Lo que antes provocaba gastar horas en búsquedas, ahora se podía conseguir en segundos. La llegada de internet provocó un cambio muy grande en la sociedad.

Internet trajo consigo grandes ventajas y comodidades para la sociedad, hasta tal punto que se puede afirmar que gran parte del mundo gira en torno a él. Cuesta encontrar defectos a una herramienta que facilita tanto la vida a las personas, pero al tratarse de una herramienta tan extendida y con tantos millones de usuarios, es inevitable que en ocasiones aporte cosas negativas.

Los datos presentes en internet se pueden catalogar como infinitos, pero es inevitable que entre ellos haya datos incompletos, erróneos o imprecisos. Cada vez que realizamos una búsqueda sobre un tema concreto, los datos resultantes se pueden contabilizar en millones, más de lo que podemos abarcar. Eso provoca que, en más de una ocasión, nos fiemos de lo primero que encontramos con sentido. Sin embargo, es conveniente contrastar lo máximo posible la información.

Todo lo dicho es aplicable a la información sobre la Simbiosis Industrial. Este concepto está en crecimiento desde hace años, y ocurre lo mismo con la información presente sobre él. A la vez que crece la información, también crece su desestructuración, provocando en muchas ocasiones que no se muestre claramente lo que el usuario necesita encontrar.

La información necesita ser estructurada para ser útil, tiene que facilitar al usuario la comprensión de los conceptos en los que está interesado. Para ello, se han ido creando bases de datos de Simbiosis Industrial que recopilan casos prácticos en los que participan empresas en busca de dar un nuevo uso a los residuos generados por ellas. Como suele ocurrir en la búsqueda de información, hay bases de datos mejor organizadas y otras en las que cuesta más entender la información, pero en todas ellas destaca el desorden.

Para la Simbiosis Industrial es clave que la información esté bien estructurada, ya que tiene que ser una fuente de inspiración para que cada vez haya más empresas interesadas en participar en la reutilización de sus residuos y en el aprovechamiento de los de otros. Si la información que necesitan no está clara, es muy probable que pierdan interés.

Se ha detectado que la información relativa a la Simbiosis Industrial está desestructurada y en muchos casos incompleta, por lo que es necesario un planteamiento sistemático que ayude a mejorarlo. Además, cuando la cantidad de datos presente es grande, como en una base de datos, hay información que puede resultar reiterativa. La información reiterativa puede provocar que el usuario se desvíe de las ideas clave presentes en un documento, por lo que conviene simplificarla.

1.4 Objetivos de este trabajo

La Simbiosis Industrial será la base de este trabajo. De toda la información presente sobre ella, se han seleccionado dos bases de datos, Maestri e IS-Data, para realizar un análisis en busca de mejoras necesarias para la comprensión correcta de la información. Los objetivos de la realización del trabajo son:

- Realización de un estudio de las bases de datos disponibles en abierto, con el objetivo de encontrar sus partes más útiles y la mejor forma para completarlas y complementarlas.

- Recopilación de un gran número de casos prácticos reales, con los correspondientes intercambios realizados en cada uno de ellos, que nos permitan ver varias experiencias relativas a la Simbiosis Industrial.
- Ante la desestructuración de los datos presentes, se buscará asignar un orden adecuado para la correcta interpretación de la información que llevan los datos.
- Se estudiará cada uno de los intercambios en busca de un pleno entendimiento de cada uno de los campos de la base de datos que aparecen, en los que se describen las distintas fases de los intercambios.
- Ante la incorrección de algunos datos y la ausencia de otros en la base de datos, se aprovechará la información obtenida previamente para completar todos los campos que se consideren decisivos para la correcta comprensión de la información.
- Con toda la información completa, se realizará un análisis desde varios puntos de vista diferentes, con el objetivo de encontrar datos relevantes sobre los intercambios, los sectores empresariales que participan en ellos, los residuos generados y los nuevos usos que se les asigna como materias primas.
- Como consecuencia del análisis, ante el hallazgo de información reiterativa, se realizará una simplificación de los intercambios presentes, en busca de que la información final sea lo más clara y concisa posible.

1.5 Fuentes bibliográficas consultadas

Este documento es de realización propia. Para la construcción del documento Excel que contiene la base de datos mejorada de 496 casos de intercambio de Simbiosis Industrial entre empresas se han consultado y analizado un amplio abanico de fuentes bibliográficas:

- En torno a 800 páginas web de información sobre materiales, compuestos y elementos químicos, experiencias reales reflejadas en revistas y periódicos, blogs especializados en diversas materias, etc.
- 46 casos prácticos de Maestri que describen experiencias reales de Simbiosis Industrial en diversas partes del mundo. Los 46 casos prácticos se basan en un total de 56 artículos científicos publicados. Los 16 casos de los que provienen las sinergias en las

que se han detectado más repeticiones están representados en la bibliografía (*capítulo 5*), con el objetivo de mostrar los más representativos.

- Aproximadamente 100 artículos científicos.
- 10 informes técnicos sobre las propiedades de materiales y elementos químicos.

Ante tal cantidad de consultas, en la bibliografía se mostrarán las fuentes relativas a 20 artículos científicos en donde se han reportado las experiencias de los intercambios de Simbiosis Industrial que han dado lugar a 165 sinergias distintas entre residuos y materias primas. Además, se han incluido varias páginas web con las que se han comprobado la validez de numerosos datos incluidos en la base de datos de Excel.

2 METODOLOGÍA

El tratamiento de la información es clave a la hora de obtener datos interesantes de ella. La Simbiosis Industrial cada vez está más extendida, y eso provoca que la información existente vaya creciendo exponencialmente. En este trabajo se busca encontrar información útil, partiendo de datos inicialmente desestructurados, realizando recopilaciones, ordenaciones, validaciones, correcciones, propuestas y análisis variados. Todo ello en busca de simplificar las ideas presentes en una información extensa y desestructurada.

Antes de comenzar, se detallarán algunos términos que se van a usar a lo largo del trabajo, con el objetivo de explicarlos para que su comprensión sea directa al encontrarlos en futuros apartados:

- **Caso práctico:** son todas las situaciones reales en las que se han generado relaciones entre empresas de mismos o distintos negocios en busca de un beneficio común, reutilizando residuos y disminuyendo el uso de materias primas. De ellos parten todos los datos incluidos en la base de datos; los datos de Maestri proceden de 46 casos prácticos distintos, pero en el caso de los de IS-Data no se conoce. Cada uno de los vínculos añadidos en distintas fases del trabajo dirigen a los casos prácticos de Maestri en los que se basan, en los cuales consta una referencia a su fuente original.
- **Intercambio/Caso de intercambio:** estas palabras se usan indistintamente para referirse a cada una de las líneas de la base de datos, que describen el desplazamiento del residuo desde el que lo crea hasta el que lo recibe.
- **Caso de estudio:** cada uno de los 137 intercambios seleccionados para el proceso de validación de sinergias.
- **Empresa:** cada organización presente en los intercambios.
- **Donante:** cada una de las empresas que generan un residuo.
- **Receptor:** cada una de las empresas que reciben un residuo generado por el donante, al que le dan un nuevo uso.
- **Sector/Negocio/Área:** cada una de las partes en las que se divide la actividad empresarial según los productos que generan.
- **Códigos NACE/EWC/CPA/CAS/ANZSIC:** explicados en sus propias secciones.

- Residuo: cada uno de los desechos producidos por las empresas.
- Sustancia: en el contexto de los residuos, componentes de los residuos que pueden ser aprovechados individualmente.
- Material secundario: todos aquellos materiales que, aparte del residuo principal, forman parte del intercambio.
- Tratamiento: descripción global de todos los procesos necesarios para transformar o trasladar el residuo para obtener el resultado final buscado por la empresa receptora.
- Proceso intermedio: técnicas o pasos concretos dentro del tratamiento.
- Producto: resultado final del intercambio, aprovechado por la empresa receptora, después de haber gestionado el residuo. Es todo aquello que genera la empresa receptora como consecuencia del intercambio realizado.
- Subproducto: productos secundarios generados durante el tratamiento de los residuos que, sin ser lo que buscan los receptores, pueden ser aprovechados.
- Materia prima: sustancia que se transforma para obtener un producto. Normalmente, se aplica en el caso de los nuevos usos de los residuos después de ser tratados.
- Dato conflictivo/Incoherencia/Dato dudoso: se llama así a todos los datos encontrados en los que, inicialmente, se ha detectado una contradicción.
- Sinergia: fenómeno en el que actúan varios factores, observándose un efecto. Aplicado a este caso, es todo aquel intercambio o conjunto de intercambios en los que un residuo procedente del donante pasa a ser una materia prima para el receptor.

En la próxima página, se mostrará un esquema que servirá como base para todo el desarrollo de la metodología. En él se muestran cuatro grandes fases secuenciales, conectadas entre sí, que muestran los cuatro grandes pasos a seguir para desarrollar la metodología practicada para llegar a la base de datos definitiva. La recopilación, la ordenación, la validación y la corrección y completitud de los datos marcan cada una de las fases a realizar, que serán detalladas en los próximos apartados.

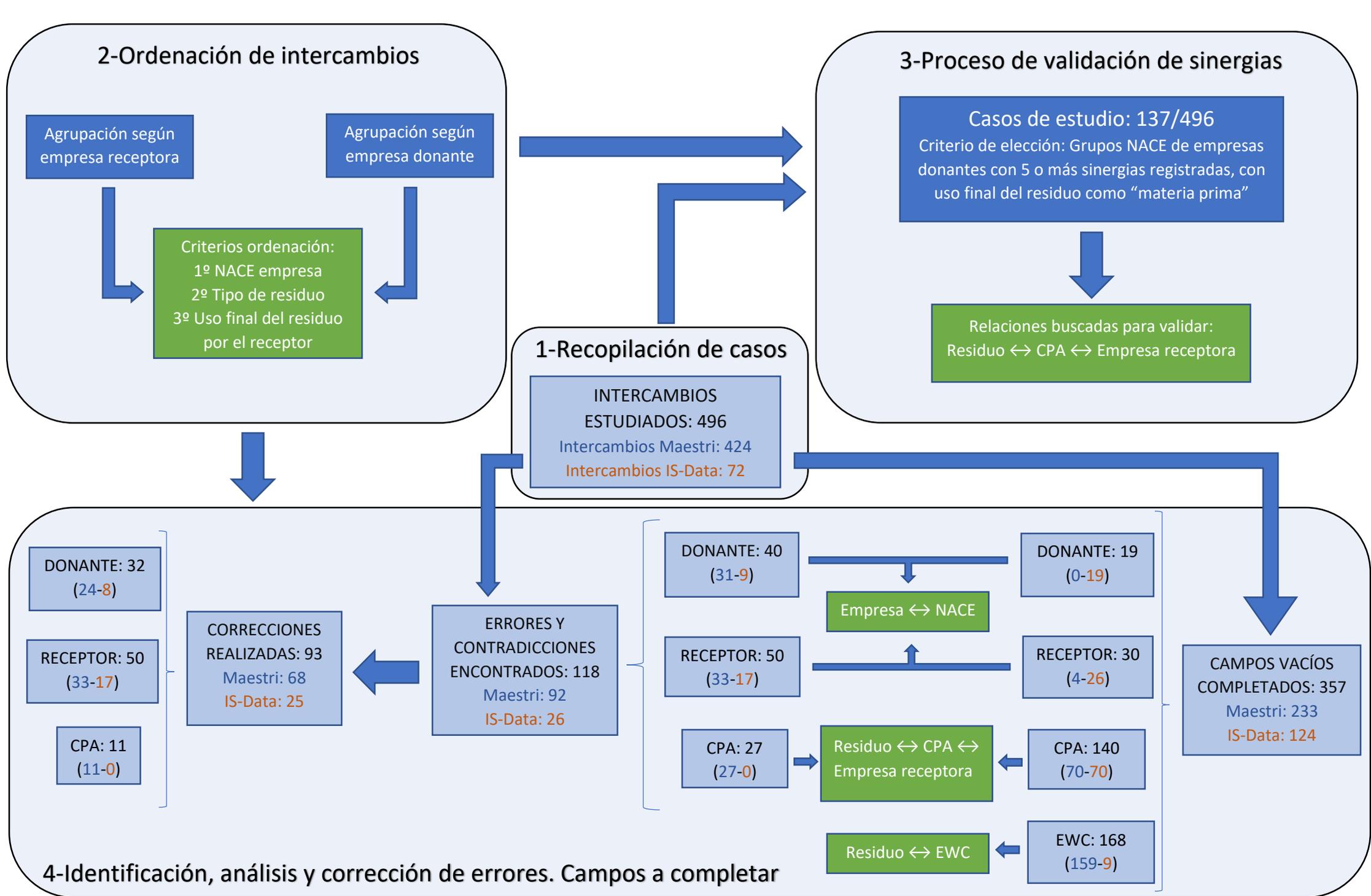


Figura 2. Resumen de la metodología a desarrollar.

2.1 Recopilación de casos

2.1.1 Estudio de las bases de datos existentes: Maestri e IS-Data

Maestri¹

Se trata de una base de datos que recoge experiencias de Simbiosis Industrial a lo largo del mundo con el objetivo de servir de inspiración para nuevos procesos e intercambios simbióticos. Los datos recogidos forman parte de documentos públicos, como publicaciones científicas. Contiene 424 intercambios, procedentes de 46 casos prácticos distintos. A diferencia de otras herramientas existentes que requieren registro, esta es de libre acceso, tanto para usuarios individuales como para empresas que busquen ideas para intercambios (Benedetti, Holgado, & Evans, Maestri, 2017)

La herramienta pone a disposición un sistema de filtrado diferenciado inicialmente en dos partes. Una de ellas está destinada a encontrar un determinado grupo de empresas, pertenecientes a un tipo concreto de negocio, mientras que la otra sirve para mostrar al usuario información sobre los materiales que participan en los intercambios.

En el primer caso se usa el código NACE, el cual es la clasificación estadística de las actividades económicas en la Comunidad Europea. Introduciendo el código correspondiente a un área, también muestra los resultados coincidentes para intercambios con otras empresas con los mismos códigos. La posibilidad de ver los intercambios realizados o planteados por empresas de la misma actividad que la que realiza la búsqueda, puede servir como idea base para nuevos intercambios, o para intentar participar en los existentes. Se puede dar otro caso, y es que se busque un residuo que surja frecuentemente de un tipo concreto de empresas, o que se busque un grupo de empresas que sepamos que necesitan nuestros residuos. Sabiendo su código, el filtrado llevará a ellas.

El proceso de filtrado de datos mediante el código NACE se realiza usando tres tablas; una de ellas muestra las empresas donantes y otra las receptoras con ese código, mientras que en la tercera se pueden ver las empresas involucradas en la fase de tratamiento.

En el segundo caso se pueden utilizar tres códigos diferentes, EWC, CPA y CAS:

¹ Maestri. (24 de septiembre de 2018). *Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/>

- El EWC es el que en castellano conocemos como LER (Lista Europea de Residuos), lo que nos llevará a un filtrado según el tipo de residuo concreto que queramos encontrar y podremos ver como se ha reutilizado.
- El código CPA es una clasificación estadística de los productos por actividad en la Comunidad Europea. De esta forma, se pueden filtrar los productos y subproductos por su proceso industrial, ya que los agrupa según la actividad económica en la que se utilizan.
- El CAS es un registro numérico usado alrededor del mundo para identificar sustancias químicas, metales y otros tipos de sustancias. Hay muchos casos en los que los residuos están compuestos por varias sustancias. Puede ocurrir que otra empresa no necesite el residuo completo, pero sí una de las sustancias que contiene. Mediante el filtrado del CAS se puede llegar a ellas, y de esa forma no se desaprovecha el residuo completo, sino que otra empresa puede aprovechar otra de las sustancias que no hayan sido utilizadas.

En resumen, todos estos códigos permiten encontrar de forma rápida en la base de datos aquellos intercambios en los que el entrante es un residuo o sustancia concreta fijada por su código, además de productos según su actividad económica.

IDENTIFICACIÓN DE INTERCAMBIO	COMPAÑÍAS INVOLUCRADAS					
	Donante			Receptor		
Identificador del intercambio	Nombre de la compañía	Negocio principal	Sector (NACE)	Nombre de la compañía	Negocio principal	Sector (NACE)

Figura 3. Encabezado de la base de datos de Maestri relativo a la información sobre las empresas.

El primer sector presente en la base de datos, dispuesto tal y como se ve en la imagen anterior, contiene:

- Empresas involucradas en el intercambio, donante y receptora, indicando dentro de ellas:
 - Nombre de empresa
 - Negocio principal de la empresa
 - Código NACE correspondiente a la actividad de la empresa

- Código identificativo del intercambio que lo relaciona con la librería de casos prácticos, formado por:
 - Número de caso
 - Identificador de la fuente
 - Secuencia de número de intercambios pertenecientes al mismo caso

DESCRIPCIÓN DEL INTERCAMBIO									
Entrada al intercambio					Tratamiento (si fuera necesario)				
Descripción del residuo	Código EWC	Código CPA	Código CAS	EWC indicado como peligroso	Dueño del tratamiento (donante/receptor/tercera parte)	Breve descripción del tratamiento	Compañía (si el dueño es una tercera parte)	Negocio (si el dueño es una tercera parte)	NACE (si el dueño es una tercera parte)

Figura 4. Encabezado de la base de datos de Maestri relativo a la información sobre el intercambio.

En el segundo sector (*imagen anterior*) diferenciado de la base de datos, donde se explica el intercambio, se incluye:

- Descripción del residuo que va a ser tratado.
- Códigos EWC, CPA y CAS vinculados al residuo.
- Residuo peligroso/no peligroso.
- Tratamiento del residuo:
 - Descripción del tratamiento.
 - Responsable del tratamiento.
 - Negocio de la empresa responsable.
 - Código NACE de la empresa responsable.

Detalles del intercambio			Estado del intercambio (en estudio/planeado/implementado)
Uso final del residuo por la empresa receptora	Materiales intercambiados disponibles	Pago a realizar por el intercambio (por qué parte)	

Figura 5. Encabezado de la base de datos de Maestri relativo a la información sobre el uso final de los residuos.

El último sector (*imagen anterior*), aunque está incluido en el segundo sector comentado, conviene diferenciarlo por su importancia. Incluye los detalles del intercambio:

- Uso final del residuo por medio de la empresa receptora.
- Indica si alguno de los materiales que han sido intercambiados sigue estando disponible para nuevos intercambios.

- Realización/No realización de pagos por la operación.
- Estado del intercambio:
 - Implementado
 - Planeado
 - En fase de estudio

El CPA asociado al residuo nos muestra su nuevo uso, pero el nuevo uso del residuo no es necesariamente el producto final, sino que simplemente puede ser una parte de él. Por ello, no hay un código, ni filtro, que identifique al producto final. De esa forma, si una empresa quiere encontrarlo fácilmente no es posible, aunque podría aproximarlos buscando los intercambios de empresas de su misma área. Resultaría interesante incorporar un código que permitiera filtrar el producto final utilizado por la empresa receptora para que las empresas interesadas sepan qué tipo de residuo serviría para comenzar el intercambio y acabar obteniendo lo que necesiten. Ese código podría ser el CPA, que extendiera su uso para los productos finales, no solo para los nuevos usos de los residuos entrantes.

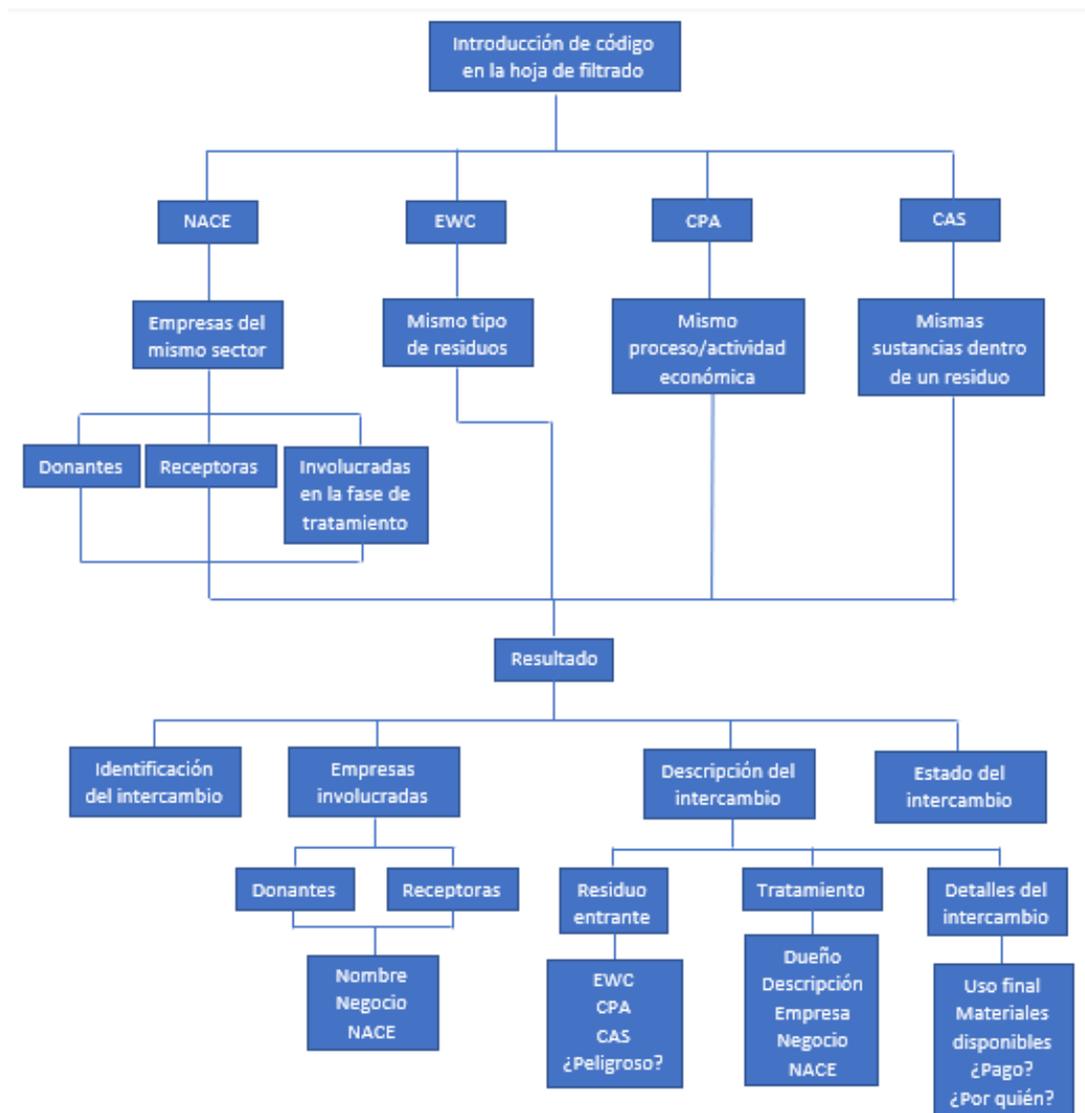


Figura 6. Estructura de Maestri.

IS-Data²

Al igual que Maestri, recoge experiencias de Simbiosis Industrial a lo largo del mundo. Contiene 74 intercambios, pero el número de casos prácticos de los que proceden es desconocido, ya que su estructura es diferente a la de Maestri y es un dato que no se puede extraer. Tiene una disposición diferente, ya que consta de tres hojas principales. En la primera está recogida la información que sirve como identificación del caso de intercambio, códigos de identificación de publicaciones y objetos digitales, título, autor, organización, país, región, web, resumen y año de publicación.

² IS-DATA. (26 de septiembre de 2018). IS-DATA. Obtenido de <http://isdata.org/>

En la segunda se centra la referencia de los intercambios. En ella, además del NACE y EWC, en este caso propone el uso del ANZSIC, que es un código australiano con la misma utilidad que el NACE. Tiene una sección en la que se muestran de forma resumida los procesos intermedios que tienen lugar en el intercambio, indicando previamente el nombre de residuo o subproducto presente en el proceso. También tiene un lugar para poner los materiales secundarios que participan, pudiendo indicar sus códigos EWC y CPA, y otro para indicar si el intercambio está en desarrollo, si es un piloto o si está ya implementado.

La tercera hoja incluye información adicional, donde se detalla el país y las coordenadas de las partes involucradas, además de informar de si hay PYMEs involucradas. También se incluyen una serie de preguntas rápidas relativas a las cantidades de material intercambiado, si hay alguna sensibilidad en el intercambio, información económica, efectos medioambientales, efectos sociales o información sobre el hábitat. Finalmente, aparece información sobre el tipo y el estado de la energía transmitida.

Para poder ver de forma más clara su contenido, se puede consultar el siguiente esquema:

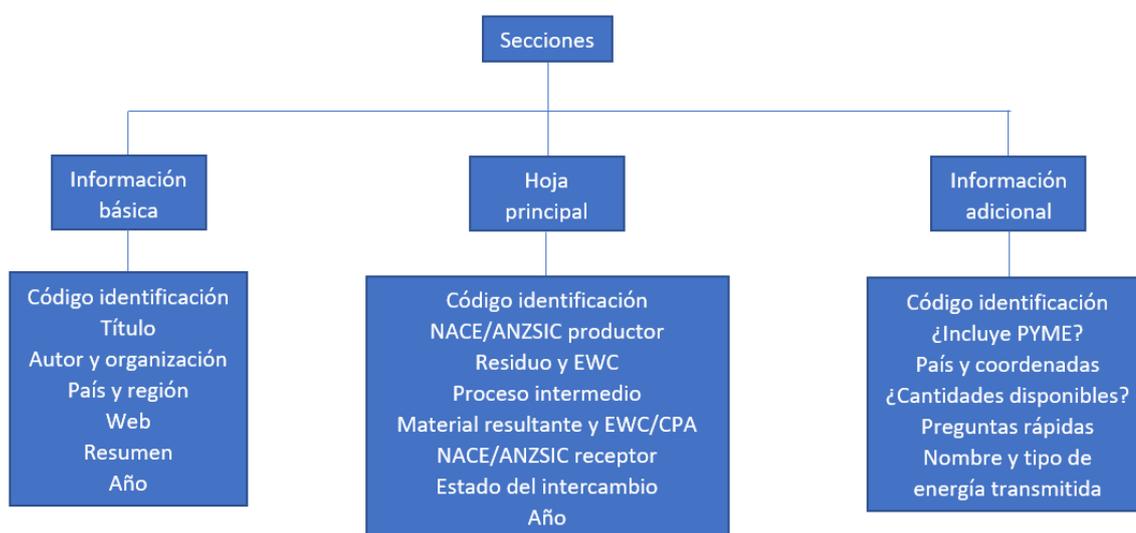


Figura 7. Estructura de IS-Data.

Una vez estudiadas las dos bases de datos, se concluye que Maestri es más clara visualmente y más concisa y directa respecto al contenido. Aun así, hay aspectos de IS-Data que pueden ser utilizados en Maestri para completar la información respecto a los intercambios:

- Incorporación del código ANZSIC.
- Dentro de la zona de tratamiento, añadir descripciones de los procesos intermedios realizados. El tratamiento podría ser una descripción global de todos los pasos que se siguen, mientras que los procesos intermedios pueden detallar ciertas técnicas concretas de tratamiento de materiales dentro del intercambio total.
- Añadir los materiales secundarios que participan en los casos de intercambio, ya que a partir de ellos se pueden encontrar nuevas relaciones.
- Se puede incorporar un resumen global del intercambio, de forma que se pueda ver rápidamente en qué consiste, sin necesidad de estudiar todos los datos presentes del intercambio.
- Agregar el país, región, lugar concreto de las empresas y el año del intercambio puede ser muy ventajoso para encontrar posibles relaciones con empresas cercanas, o de un lugar que interese. El año permite saber qué tipos de intercambio realizaban las empresas en distintas épocas, así como la evolución que han seguido a lo largo del tiempo. Disponiendo de esa información, la creación de redes de intercambio y colaboración es más cómoda.
- La incorporación de preguntas rápidas sobre materiales, aspectos económicos, sociales o medioambientales es una buena idea para ver el efecto de los intercambios de forma rápida. De esa manera, con un simple vistazo, se puede concluir si un intercambio, o un grupo de ellos, tienen algún tipo de riesgo o repercusión negativa para la gente.

Tomando como referencia estas dos herramientas y sus características, puede proponerse la creación de una base de datos más grande y completa que facilite a los interesados la localización de los aspectos que los lleven a encontrar nuevas oportunidades de intercambio, tanto si buscan una materia prima como si buscan una forma de deshacerse de sus residuos.

2.1.2 Propuesta de mejora de base de datos

La base de datos que se va a proponer a continuación tiene una organización y unos campos que representan a una red de Simbiosis Industrial. Los campos que aparecen, y la

forma en la que están organizados, representan a los distintos participantes y materiales que interactúan en un intercambio en el que se busca el aprovechamiento de un residuo. Para mostrar la relación presente entre los distintos campos de la base de datos y el lugar que ocupan en la red de intercambios de Simbiosis Industrial, se ha realizado un diagrama explicativo, que se puede ver en la siguiente página (*Figura 8*).

A continuación del diagrama, se explicarán tanto el origen de la base de datos propuesta como cada uno de los campos que se han considerado para ella.

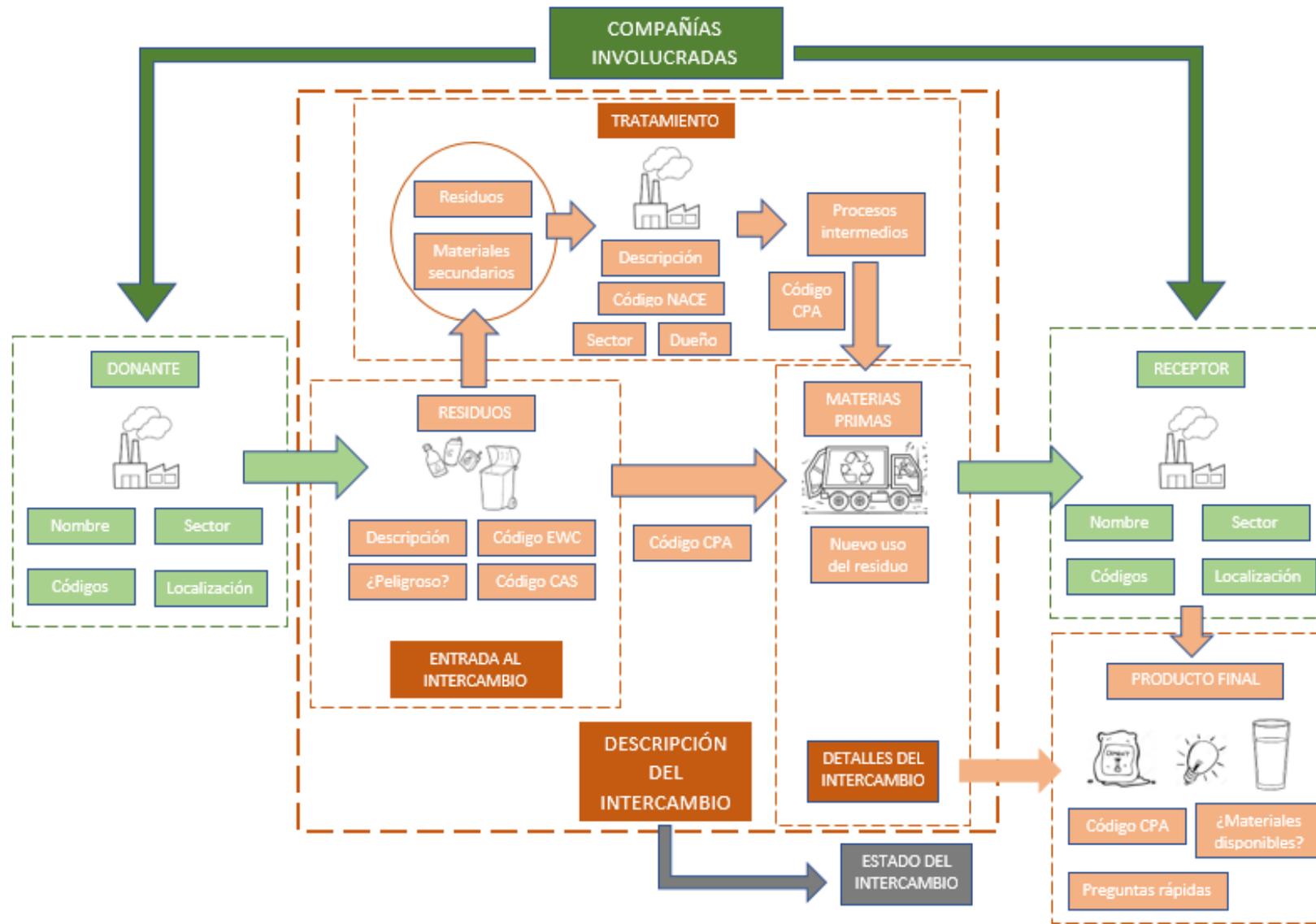


Figura 8. Estructura de la base de datos propuesta en relación con la red de Simbiosis Industrial.

La base de esta herramienta estaría inspirada en el modelo de Maestri, con alguna mejora interesante y con la incorporación de aspectos de IS-Data. La idea de que exista un filtro directo, visual y fácil es muy útil, ya que basta con introducir los códigos pertenecientes a una empresa o material para llevarnos a ellos. Además, el hecho de que los resultados aparezcan en hojas distintas a la base de datos central es una ventaja para acceder de forma más directa y sin la necesidad de perder de vista toda la información disponible en la hoja principal.

Como se dijo anteriormente, en la base de datos original, a pesar de que hay una identificación del nuevo uso de los residuos, no hay una forma de localizar directamente los productos finales en caso de que no coincidan. Por ello, se pueden incorporar sus códigos CPA al final de la hoja principal, además de introducir un nuevo filtrado en la hoja de filtros para ello.

Esa hoja principal comenzaría con el **identificador del intercambio**. El método utilizado en Maestri es muy interesante si la información que se va a describir está basada en algún caso práctico redactado. Esa referencia permite buscar con facilidad ese caso si se quiere ampliar la información sobre las circunstancias que llevaron a ese intercambio, cómo surgió todo y las partes que se implicaron en él. Posteriormente iría la **identificación de las empresas** donantes y receptoras, con su nombre, negocio principal, códigos de actividad NACE y ANZSIC, país, región y coordenadas en las que están situadas. Algo tan simple como las coordenadas de la zona permite, en estos tiempos de grandes avances tecnológicos, encontrar de forma muy fácil la localización de la empresa, de forma que se pueda conocer su entorno geográfico con una sola imagen.

Antes de empezar a incorporar los detalles del intercambio se puede añadir una descripción muy resumida de él, para que se pueda adquirir una idea de lo que tratará de una forma muy rápida, y el año en el que se realizó. Después se incluye todo lo relativo a la **descripción del intercambio**. Dentro de la información de la entrada se incluyen la descripción del residuo, sus códigos EWC, CPA y CAS y si es indicado como peligroso. Posteriormente se entra en la zona del **tratamiento del residuo**, donde se hace una breve descripción, además de indicar si el encargado es el donante, el receptor o una tercera parte. En este último caso, se añade información sobre esa empresa, su negocio y su código NACE.

Sin salir del apartado de tratamiento, se podrían añadir dos nuevos conceptos que completen la información del proceso:

- Descripción de los procesos intermedios que tienen lugar en la realización del tratamiento.
- Incorporación de los materiales secundarios que participan.

Estos dos conceptos aportan una información extra sobre el intercambio que, conocida por otras empresas, puede resultar útil. En uno de esos procesos intermedios se puede necesitar algún tipo concreto de materiales o sustancias que puedan ser aportadas por otras empresas y así establecer una nueva colaboración. Lo mismo ocurre con los materiales secundarios presentes en el intercambio, los cuales pueden ser aportados por otras empresas o utilizados por ellas una vez ha finalizado el tratamiento. Para que su identificación sea más fácil y rápida, también pueden ser identificados por su código EWC y CPA. En resumen, dar a conocer esta información extra puede llamar la atención de otras empresas y posibilita la creación de nuevas redes de intercambio.

El siguiente apartado está formado por los **detalles del intercambio**. En él se muestra el producto final, es decir, lo que obtiene la empresa receptora como consecuencia del intercambio realizado, ya sea utilizando el residuo de forma directa o como componente de un total. Junto al producto final, se añade el CPA que lo describa. Además, hay posibilidad de informar de si hay materiales intercambiados todavía disponibles en la fuente. Este es un aspecto que hace que, en el caso de las empresas que se hayan informado del intercambio y estén interesadas en él o en alguno de los materiales, sepan si hay disponibilidad para aprovechar alguno de ellos o para realizar un nuevo intercambio. También se aporta información sobre el aspecto económico, si es necesario hacer algún pago por el intercambio y, si es así, cuál de las partes interesadas lo tendría que hacer.

Para hacer más completa la información de todo el intercambio, en este mismo apartado se podrían añadir las **preguntas rápidas** comentadas anteriormente, que de forma muy resumida aportan información que puede resultar muy interesante:

- Problemas en el transporte de residuos: detallar si hay alguna circunstancia en el transporte que necesite especial atención, por ser peligroso o delicado.
- Indicar si alguna PYME participa en el intercambio, ya que una empresa pequeña o mediana puede tener problemas para participar en proyectos muy grandes por falta de recursos.

- Indicar si al final de todo el intercambio ha habido un beneficio económico. Las empresas casi siempre tienen como principal objetivo su propio beneficio, y muchas de ellas se guían por temas económicos. Si además de tener interés por un caso de intercambio se muestra que ha acabado conllevando una ventaja económica, se interesarán más en ejecutarlo.
- Decir si ha habido algún beneficio medioambiental. Muchas empresas se preocupan cada vez más por la conservación del medio, bien por haber adquirido conocimiento sobre ello, o bien por el interés de dar una buena imagen pública y situarse como una compañía ejemplar en todos los sentidos. Si en la base de datos viene reflejado que el intercambio ha tenido un impacto positivo y en qué aspecto, las empresas preocupadas por ello aumentarán su interés por participar.
- Indicar si ha habido algún beneficio social. Alguno de los intercambios ha podido contribuir a la creación de nuevos empleos, empresas o zonas industriales. Este es un aspecto muy valorado por la población, una forma de ganar buena imagen social, por lo que es interesante ver a simple vista si un intercambio lo ha provocado.
- También puede ser interesante conocer si durante todo el caso de intercambio se ha producido alguna alteración en el hábitat. Esto no entra dentro de los aspectos sociales, que se dirigen más a la parte laboral, sino que entra a valorar si debido al intercambio se puede haber alterado la forma de vida de la población. Si se muestra que gracias al intercambio realizado se ha aportado algo positivo a la gente y se han rodeado de un entorno mejor, será una forma de redondear más los beneficios en el aspecto social.

Fuera de este apartado de preguntas rápidas, y como forma de completar la información de todo el intercambio, se pueden incorporar aspectos relativos a la **energía**. Es decir, si ha habido una transferencia de energía durante el intercambio o como consecuencia de él, indicar su nombre y en qué estado. Por ejemplo, puede darse el caso de que una empresa necesite calor, pero no pueda obtenerlo de una forma sostenible o barata. Si puede ver a simple vista que un proceso de tratamiento de un residuo ha acabado proporcionando grandes cantidades de calor, se interesará en él como una forma de evitar problemas medioambientales o de reducir gastos.

Para acabar, se dejaría un último apartado para indicar el **estado del proceso del intercambio**, si está siendo estudiada su factibilidad, si está planeado para ejecutarse, si está siendo ejecutado actualmente o si ya ha acabado. El hecho de saber en qué momento se encuentra el intercambio es importante. Si todavía no ha comenzado y hay una empresa interesada y que puede aportar algo positivo, está a tiempo de ponerse en contacto y ofrecerse a participar. Lo mismo ocurre si el intercambio ya ha comenzado y la empresa puede participar en fases posteriores. Si ya ha acabado y el resultado ha sido positivo e interesante, puede contactar con las empresas involucradas para obtener información de la experiencia, proponer nuevas colaboraciones o crear un nuevo intercambio igual de beneficioso.

Esta base de datos proporciona a simple vista la información de todo un proceso de intercambio. De forma muy resumida y concisa, se puede obtener información sobre las empresas participantes, su negocio, localización, procesos y tratamientos realizados, materiales involucrados, energías o repercusiones en varios aspectos.

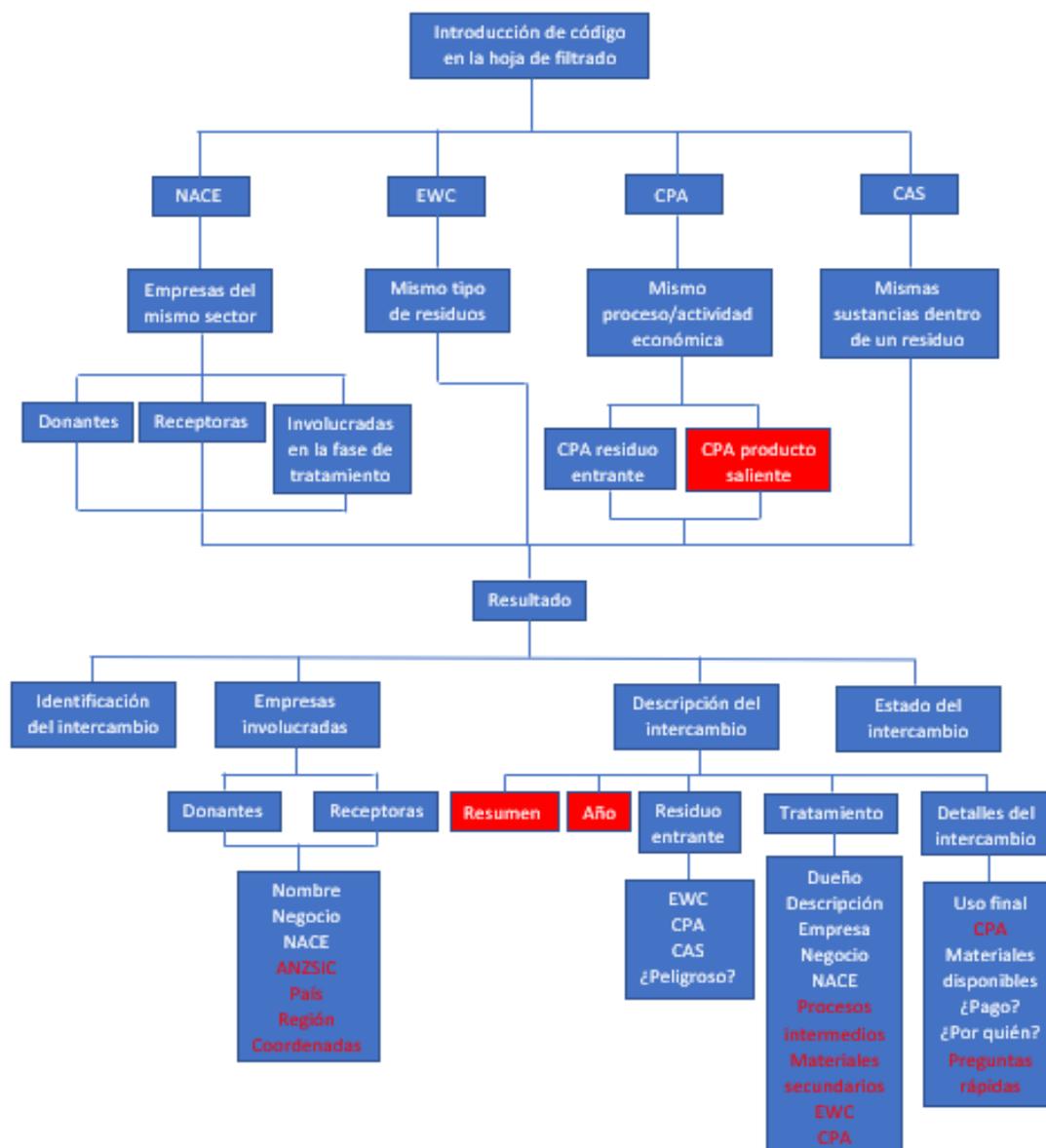


Figura 9. Propuesta de base de datos definitiva.

Todos los aspectos descritos anteriormente han sido añadidos en la base de datos con el objetivo de dar ideas para hacerla más completa y útil, de forma que contenga la mayor información posible en beneficio de las empresas participantes en las sinergias.

Sin embargo, de aquí en adelante, se va a realizar un tratamiento progresivo de los datos. Se partirá de la base de datos actual, y poco a poco se irá reduciendo el contenido visible

hasta llegar a los campos clave de los intercambios, para captar su esencia y poder realizar análisis que lleven a información útil sobre ellos. El procedimiento se irá explicando progresivamente.

En una base de datos no solo es importante el contenido, sino también su disposición. La facilidad a la hora de buscar y encontrar lo que queremos nos permite optimizar el tiempo, además de darnos la comodidad necesaria.

Para comenzar se han volcado y traducido, en la primera hoja del documento, **496 intercambios** que aparecen en las bases de datos públicas estudiadas previamente, 424 de Maestri y 72 de IS-Data. Esa hoja, denominada *BD-V0*, tiene el objetivo de mostrar el origen de todo, el punto del que parte este tratamiento de datos. En primer lugar, se han hecho dos sombreados distintos para distinguir la procedencia de los intercambios. Los datos, originalmente, están ordenados según el caso práctico de Maestri (IS-Data sigue un orden secuencial) al que pertenecen, pero esa ordenación no nos permite llegar a la esencia de los intercambios, de la información presente en ellos. Para solucionar este problema, es necesario avanzar al segundo paso.

2.2 Ordenación de intercambios

Unos datos sin orden difícilmente pueden ser una buena fuente de información. Sin embargo, si se ordenan de una forma adecuada, se pueden localizar en ellos aspectos que no se podrían haber visto de otra forma. Por ello, los datos han sido ordenados de una forma adecuada para que sean útiles. Se ha hecho una ordenación por niveles, de más grande a más pequeño, consiguiendo reunir casos similares para estudiar fácilmente su frecuencia.

La primera ordenación realizada ha sido por el **código NACE de la empresa donante**, siguiendo un orden de menor a mayor usando las cuatro cifras que especifican la clasificación concreta del área de actividad de la empresa. Dentro de esa ordenación, se ha pasado a ordenar los residuos que generan. En ese caso, se han ordenado por **tipo de residuos** y se ha buscado colocarlos de una forma en la que se diferencien materiales, energía y agua. Por último, dentro de los mismos tipos de residuos generados, se ha hecho una ordenación según el **uso final del residuo por la empresa receptora**, siguiendo también unos patrones de ordenación según lo que se usa como materiales, energía o agua. Finalizadas estas

ordenaciones, se ha hecho una última y general, agrupando los casos según las **dos primeras cifras del código NACE de las empresas donantes**, las cuales nos permiten ver, a primera vista, sus sectores de una forma más general. Posteriormente, se ha repetido el proceso desde el punto de vista de la empresa receptora.

Esta serie de ordenaciones permite ver fácilmente cuáles son las empresas que generan más residuos con posibilidad de intercambio, su área de operación, qué residuo generan en mayor cantidad y cuál tiene más posibilidades de ser utilizado por otra empresa, además de ver cuál es su uso final más frecuente.

Para facilitar el estudio de los casos de intercambio, si se quiere profundizar o aclarar algo de ellos, también se ha incluido una columna para indicar de dónde proceden. Además, posteriormente se añadirá un vínculo para acceder directamente a los casos prácticos de donde proceden los intercambios, para todos aquellos que lo tienen. Este aspecto es útil si se quiere ampliar la información sobre un caso de intercambio concreto, como su origen o más detalles sobre él y el uso final del producto.

Durante este primer paso en el tratamiento de datos se ha pasado de la hoja *BD-V0* a dos nuevas hojas, *BD-V1-Mejoras (NACE Donante)* y *BD-V1-Mejoras (NACE Receptor)*, que pasan a ser las hojas centrales para tratar los datos.

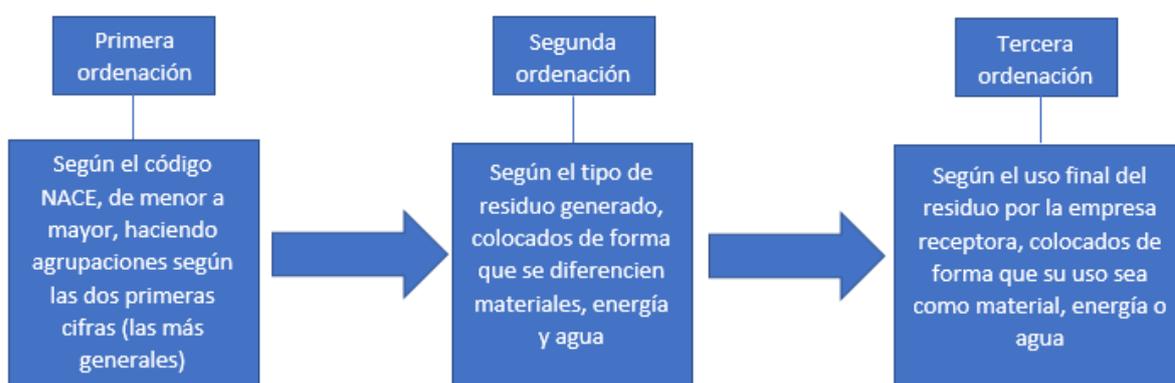


Figura 10. Criterio de ordenación de datos.

Con la ordenación realizada, hay que seguir tratando los datos disponibles. Lo primero que hay que analizar, para verificar que la ordenación es correcta, es el caso de los residuos cuyo uso final es “materia prima”. Para ello se valoran tres alternativas, teniendo en cuenta el código CPA que viene asociado al residuo:

- En el caso de los residuos que tienen un código CPA asociado, el objetivo es comprobar que se corresponden, lo que justificaría que el receptor lo use como materia prima directa para sus productos.
- Si el residuo no tiene un código CPA asociado, pero se comprueba que el receptor lo usa como materia prima tal cual, hay que encontrar el CPA que le corresponde.
- Si el residuo no tiene un código CPA asociado y se ve que no se usa como materia prima directa, hay que buscar cuál es su papel en el intercambio.

2.3 Proceso de validación de sinergias

Para resolver el primero de los aspectos comentados anteriormente, es decir, la comprobación de la correspondencia entre los residuos y su CPA asociado, se ha seguido un método concreto.

Se han tenido en cuenta todos aquellos grupos de empresas donantes de residuos pertenecientes al mismo NACE en los que hubiera cinco o más sinergias registradas, ya que ante la gran cantidad de datos es una forma de encontrar información más representativa. Dentro de cada grupo, se han descartado para este estudio todos aquellos casos de intercambio en los que el uso final del residuo esté definido, ya que lo que se busca es resolver los intercambios en los que consta “materia prima” en su lugar. Todos los casos de estudio, **137 en total**, han sido sombreados en otro color para facilitar su identificación entre el resto de intercambios no estudiados.

Teniendo en cuenta que el código CPA es una clasificación de los productos según su actividad, el objetivo es confirmar la correspondencia de los residuos generados con el CPA que consta asociado a ellos, el cual nos muestre su nuevo uso. Para ello, se ha creado una nueva columna en la base de datos, al lado del CPA, en la que se ha añadido la **descripción del código CPA** presente en cada caso. De esa forma, estudiando los casos de estudio uno a uno, se puede ver a simple vista el residuo generado y la descripción del CPA que tiene asociado.

Para validar cada una de las sinergias, se ha buscado una doble relación. Por un lado, una relación “residuo-CPA” y por otro, “CPA-empresa receptora”.

Residuo ↔ Código CPA ↔ Sector de empresa receptora

Mediante la observación y análisis de los casos de estudio, se comprueba que el CPA asociado a los residuos generados está indicando sus nuevos usos. Se llega a esta conclusión observando los residuos generados por el donante y los productos finales creados por el receptor. En esta relación, el CPA nos está indicando la función de los residuos en el receptor de cada uno de los intercambios, ya sea:

- Residuo utilizado completamente: el CPA representará a ese mismo residuo por ser utilizado directamente como materia prima. Por ejemplo, esto ocurre cuando el residuo generado es madera, que posteriormente se utiliza para obtener calor en diversos sectores empresariales. La propia madera es utilizada como materia prima, siendo quemada posteriormente, por lo que el CPA será el correspondiente a la madera.
- Residuo utilizado parcialmente: hay intercambios en los que el residuo no es aprovechado en su totalidad, sino que solo se aprovecha una parte de él. Por ejemplo, esto puede ocurrir con algunos lodos residuales. Algunos de ellos contienen escorias que se pueden utilizar como materia prima en el proceso de fabricación de materiales para la construcción. En ese caso, no se utilizaría el residuo completo (lodos), sino una parte de él (escorias). De esa forma, el CPA, para ser más preciso, representaría a la parte del residuo que se ha utilizado como materia prima.

En los intercambios en los que no hay un código adecuado para representar el nuevo uso de esos residuos, o de las partes que se reutilicen de ellos, se ha observado que se ha añadido un CPA que representa al producto final, con el objetivo de indicar que los residuos forman parte de su obtención. Por ejemplo, esto ocurre cuando el residuo son lodos y su nuevo uso es como fertilizante. Los lodos ejercen como fertilizantes, pero no tienen un CPA adecuado, por lo que se añade el CPA de “fertilizantes animales o vegetales” para relacionarlo con un código que muestra su nuevo uso.

Por otro lado, también se ha hecho la comprobación de que la actividad que asigna el CPA se corresponda con el sector de la empresa que recibe el residuo. El hecho de que la nueva función que tiene asignada el residuo tenga una relación clara con el tipo de empresa a la que va, confirma que los receptores lo pueden usar para sus procesos.

Para entender de forma más clara el procedimiento de validación, se van a mostrar tres ejemplos en los que se usa el residuo completo, de todos los que han sido estudiados:

- Empresa de producción de aluminio (*caso 30,31,9, Maestri*)
 - Código NACE: 2442
 - Residuo generado: Escorias
 - Código CPA asociado al residuo: 08.12.13
 - Descripción del código CPA: Mezclas de escoria y otros residuos industriales semejantes, con o sin guijarros, grava y pedernal, destinadas a la construcción.
 - Uso final: Materia prima para una empresa de fabricación de cemento.

En este caso, la primera comprobación se hace viendo que el residuo y la descripción del CPA tienen una relación clara, siendo escorias en los dos casos. La segunda comprobación se hace viendo que el nuevo uso que da la descripción del CPA es útil para la empresa receptora, ya que las escorias llevan mucho tiempo usándose en la producción de cemento, ayudando mucho a su durabilidad. Con este ejemplo, se ha validado que las escorias residuales de la producción de aluminio se usan como materia prima en la producción de cemento.

- Empresa de fabricación de azúcar (*caso 46,10,2, Maestri*)
 - Código NACE: 1081
 - Residuo generado: Tierra separada durante el lavado de remolacha azucarera.
 - Código CPA asociado al residuo: 08.12.11
 - Descripción del código CPA: Arenas naturales.
 - Uso final: Materia prima para una empresa de jardinería.

En el proceso de fabricación de azúcar, se separa la tierra que está mezclada. Esa tierra residual tiene asociada un CPA que la considera como arenas naturales, que son utilizadas como materia prima en jardinería para la mejora del terreno.

- Empresa de procesado de pescado (*caso 5,25,13, Maestri*)
 - Código NACE: 1020
 - Residuo generado: Residuos orgánicos.
 - Código CPA asociado al residuo: 20.15.80
 - Descripción del código CPA: Fertilizantes animales o vegetales n.c.o.p.
 - Uso final: Materia prima para granjas de la zona.

Los residuos orgánicos son residuos biodegradables de origen animal o vegetal, por lo que el procesado de pescado genera gran cantidad de ellos. El código CPA asociado los considera como fertilizantes para su nueva función, mejorar la calidad del terreno de las granjas de la zona.

Por otra parte, se mostrará un ejemplo de un intercambio en el que se usa el residuo parcialmente:

- Destilería (*caso 10,39,7, Maestri*)
 - Código NACE: 1101
 - Residuo generado: Residuos de alcohol.
 - Código CPA asociado al residuo: 08.91.19
 - Descripción del código CPA: Otros minerales para productos químicos y fertilizantes.
 - Uso final: Materia prima para la fabricación de fertilizante compuesto.

Los residuos de todo el proceso de destilación de alcohol son variados, como pieles, semillas, restos vegetales y diversas sustancias. En este intercambio, estos residuos son utilizados por una empresa encargada de fabricar fertilizante compuesto, pero no los necesitan en su totalidad. Sin embargo, alguna de esas sustancias presentes en los residuos son aprovechables para incorporar a los procesos químicos de fabricación de fertilizantes. Es por eso que, en este intercambio, los residuos se utilizan de forma parcial, dando un nuevo uso a una parte de ellos, representada por el código CPA asociado.

Por último, se mostrará un ejemplo de un intercambio en el que no hay un código adecuado para representar el nuevo uso del residuo:

- Empresa de fabricación de azúcar (*caso 13,14,3, Maestri*)
 - Código NACE: 1081
 - Residuo generado: Lodo de filtración.
 - Código CPA asociado al residuo: 20.15.80
 - Descripción del código CPA: Fertilizantes animales o vegetales n.c.o.p.
 - Uso final: Materia prima para la fabricación de fertilizante compuesto.

La sinergia está validada, viendo que se cumple la relación entre el residuo y el CPA asociado, y entre este código y el nuevo uso por la empresa receptora. En este intercambio,

el lodo de filtración se utiliza directamente como materia prima, ya que sus componentes sirven para formar parte de un fertilizante compuesto. Sin embargo, no hay un código CPA que represente adecuadamente a los lodos. Por ello, se le ha sido asignado el código CPA correspondiente a los fertilizantes, representando al producto final desarrollado por la empresa receptora, con el objetivo de indicar que los lodos forman parte de su obtención.

Mediante este proceso de validación, estudiando 137 casos representativos, se ha confirmado la relación presente entre el residuo, el CPA asociado y el uso final por la empresa receptora.

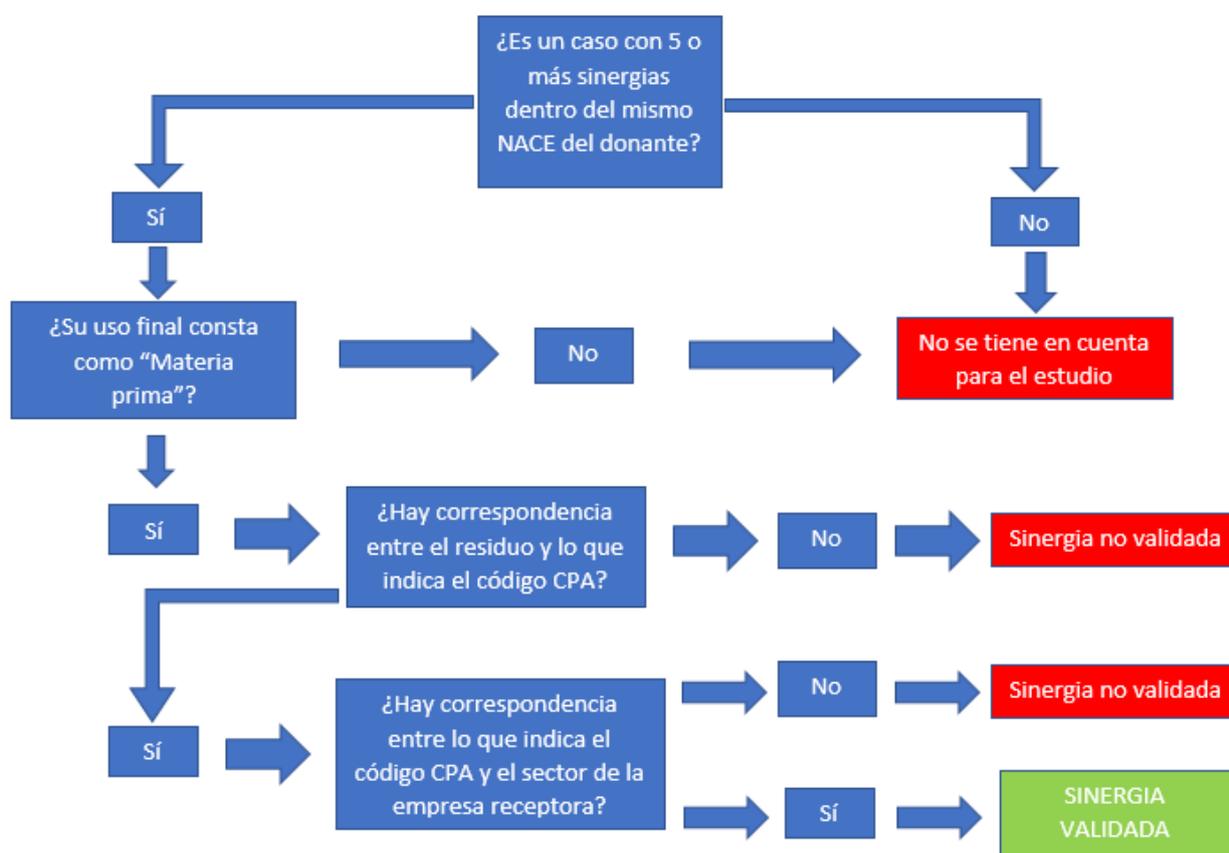


Figura 11. Criterio de validación de sinergias.

2.4 Identificación, análisis y corrección de errores. Campos a completar

En una base de datos con gran número de intercambios y de información, hay muchas posibilidades de que alguno de los datos sea erróneo o esté expresado de forma confusa. Al realizar el proceso de validación de sinergias, como se ha explicado anteriormente, se presta especial atención a los códigos CPA y a las empresas receptoras de los residuos.

2.4.1 Procedimiento para la corrección de errores

Extendiendo la atención necesaria al resto de casos de intercambio, se han encontrado una serie de datos conflictivos que, dependiendo de cómo se consideren, pueden ser interpretados como erróneos. Por ello, dentro de la base de datos, se ha abierto una nueva hoja para tratarlos (*BD-V1-Errores y contradicciones*). En la hoja de las ordenaciones según donante o receptor, se han ido señalizando todas aquellas celdas en las que haya un dato conflictivo a tratar, siendo posteriormente trasladado a la nueva hoja para ser analizado.

En esa nueva hoja constan dos tipos de casos de intercambio:

- Incoherencias entre la descripción de la empresa y su código NACE: son aquellos intercambios en los que la descripción de la empresa no se corresponde con el código NACE que consta, o los casos en los que se ha encontrado un NACE más adecuado para ella.
- Incoherencias entre el residuo, el código CPA y la empresa receptora: son los intercambios en los que no se encuentra una relación clara entre estos tres aspectos, bien porque el CPA asociado al residuo muestra un nuevo uso improbable para él, o bien porque el nuevo uso de ese residuo no tiene ninguna relación con el tipo de empresa receptora.

Antes de analizar estos datos, se han creado **tres agrupaciones** distintas para mejorar su distribución y para diferenciar entre los que conciernen a empresas donantes, empresas receptoras o al CPA. Además, dentro de cada una de ellas, se han creado cuatro nuevas columnas con distintas funciones:

- Errores y contradicciones en NACE/CPA: en ella se añaden las claves que provocan el conflicto a la hora de tratar los datos.
- Explicación del caso: en ella están añadidos los argumentos seguidos en la toma de decisiones, ya sea en un caso que ha sido corregido o en uno que se haya aceptado tal y como viene.
- Negocio principal/Descripción CPA - corregido: para todos aquellos intercambios en los que se haya realizado algún cambio, aquí consta la descripción de la empresa o del código CPA definitivos.

- Sector NACE/Código CPA – corregido: para todos los intercambios en los que se haya realizado algún cambio, aquí consta el código NACE o CPA definitivos.

En total, se han encontrado 118 datos contradictorios, 92 de Maestri y 26 de IS-Data. Teniendo como base los 496 casos, supondrían un 24% del total. Su distribución precisa se puede ver en el esquema resumen del inicio de la metodología.

Para el tratamiento de **las incoherencias entre la descripción de la empresa y su código NACE asociado**, se han hecho dos tipos de razonamientos:

- El dato dudoso se ha tomado como correcto, ya que se ha encontrado una explicación que puede argumentar su uso.
- El dato dudoso se ha tomado como incorrecto, ya que no se ha encontrado ninguna relación. En este caso, se ha propuesto un código distinto que se ajusta más a la descripción de la empresa.

Para el tratamiento de las **incoherencias entre el residuo, el código CPA y la empresa receptora**, principalmente se ha tratado de encontrar una explicación a los datos que constan, mediante la búsqueda de información. Estudiando los residuos, sus posibles nuevos usos y las empresas receptoras, se han encontrado explicaciones a algunas de las contradicciones presentes en la base de datos. Por ejemplo, esto ha pasado con el lodo procedente de una planta de papel, al que se asignaba un nuevo uso como combustible en una central eléctrica. De primeras, este dato resulta contradictorio, pero mediante la búsqueda de información se han encontrado estudios que dicen que el lodo de papel puede ser usado como combustible, en este caso para una central eléctrica. En otros intercambios se han hecho razonamientos considerando que el código CPA presente en la base de datos nos está indicando el nuevo uso del residuo por la empresa receptora, ya sea como una materia prima directa o como un componente de un producto final más grande.

Para analizar estas relaciones, han sido de gran utilidad los intercambios en los que están incluidos datos sobre el tratamiento realizado al residuo, ya que lleva de una forma más directa a encontrar la relación del residuo con su uso final. Finalmente, de los 118 casos conflictivos, se han corregido 93, un 79% sobre los dudosos y un 19% sobre el total. Para verlo más en detalle se puede consultar el esquema del principio.

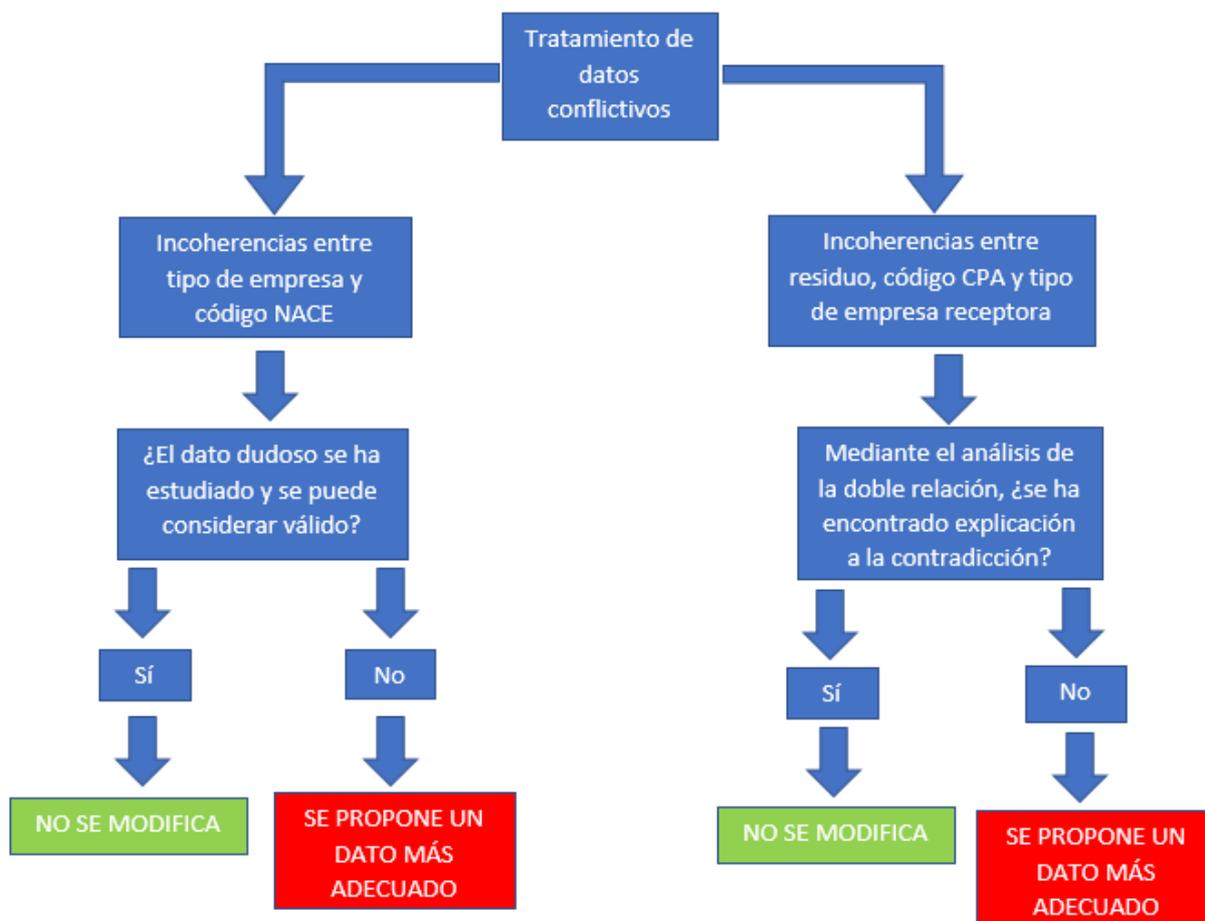


Figura 12. Tratamiento de datos conflictivos.

2.4.2 Ausencia de datos. Campos a completar

Por otra parte, se ha valorado otra situación; la ausencia de datos. En una parte considerable de los casos de intercambio estudiados destaca la ausencia de información, celdas vacías que imposibilitan o dificultan el entendimiento del intercambio. Este hecho, para todo aquel usuario que quiera usar la base de datos para su beneficio, está provocando que la información que reciban esté incompleta. Hay zonas en las que la ausencia de datos es comprensible, ya que son aspectos secundarios, con menos importancia, y que quizás ni siquiera han tenido presencia en los intercambios.

El problema viene de los intercambios en los que la información que falta es importante, decisiva para su comprensión. Dentro de los apartados con más importancia, se han encontrado ausencias en:

- Descripción de empresa donante/receptora.

- Código EWC.
- Código CPA.
- Código NACE.

Para tratar todas estas ausencias, se ha creado una nueva hoja en la base de datos (*BD-V1-Completar campos vacíos*). En ella se han hecho **cuatro agrupaciones** distintas, siguiendo el mismo patrón presente en la hoja de los errores: propuestas para el donante, para el receptor, para el CPA y, como novedad, para el EWC. Esta última agrupación no había sido añadida en la hoja de los errores porque todos los datos que estaban presentes han sido considerados aceptables. Se ha creado una nueva columna común a todas las agrupaciones, llamada “**explicación de la propuesta**”, donde se explica por qué ha sido propuesto cada uno de los datos a completar. También se ha resaltado cada una de las celdas claves en las que se ha añadido algún dato.

Se han realizado búsquedas específicas para cada uno de ellos. La presencia de información no es igual para todos ellos, ya que alguno ha sido compartido de forma pública y en otros ha sido ocultada buena parte de la información, debido al recelo de algunas empresas a publicar datos sobre ellas.

El campo más difícil de completar es el de la **descripción de las empresas**, ya que en los intercambios en los que esta información no aparece, no hay una referencia clara para encontrar información sobre ellos. Por lo tanto, el caso en el que se ha podido completar es por comparación, después de haber encontrado datos sobre el proyecto realizado en la zona y sobre los intercambios realizados en él. Es el caso de Nanjangud (*caso 14,15,2, Maestri*), donde teníamos unos datos que explicaban que el residuo era dióxido de carbono, pero no sabíamos cuál era la empresa receptora. Mediante la investigación del caso de intercambio, se vio que la empresa receptora era una fábrica de embotellado. Otra forma de rellenar estos campos es en el caso de que sí esté presente el código NACE. Se puede buscar a qué tipo de empresa representa ese código, y se puede confirmar comprobando que el residuo producido tiene coherencia con la empresa que lo produce.

En el otro lado de esta relación están los intercambios en los que no aparece el **código NACE**. Pueden darse dos situaciones:

- Aparece la descripción de la empresa: en primer lugar, se comprueba que la descripción tenga sentido dentro de todo el intercambio, que el residuo que aparece pueda haber sido producido en ella. Si es correcto, se ha buscado en el código NACE el más coincidente con la descripción. Si no lo es o si es impreciso, no se ha podido encontrar un NACE que dé garantías de ser correcto.
- No aparece la descripción de la empresa: no se puede completar el campo, salvo si es encontrada información concreta sobre el caso de intercambio.

Entre las descripciones de empresas y los códigos NACE, se han completado 49 campos.

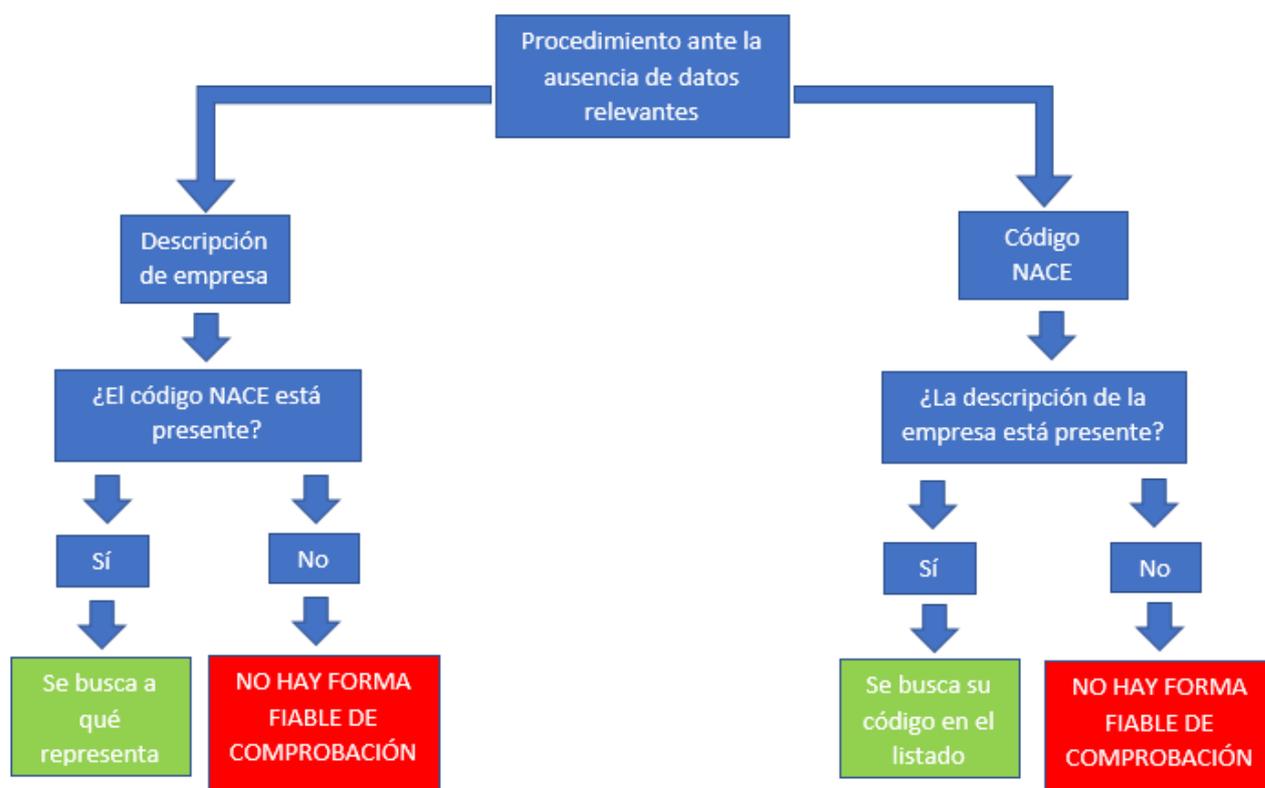


Figura 13. Procedimiento ante la ausencia de datos de las empresas.

Para los intercambios en los que falta el **código EWC**, el procedimiento ha sido acudir a la lista de residuos y hacer búsquedas según la descripción del residuo presente en la base de datos. Se han seleccionado y propuesto todos aquellos códigos que se ajustan en mayor medida a la descripción para facilitar un posterior análisis de los datos y poder agruparlos a residuos semejantes. El EWC no solo representa a los residuos, también lo hace con su procedencia. Por ejemplo, un mismo residuo no tendrá el mismo código si procede de la agricultura que si lo hace del refino del petróleo. Este aspecto ha sido importante a la hora de

proponer nuevos códigos para los campos en blanco. Como es lógico, en las pocas sinergias en las que no aparece la descripción del residuo, este campo no ha podido ser completado.

En IS-Data, el EWC aparece en la mayor parte de los intercambios, y de forma correcta; solo ha habido que completarlo en un 12% de los casos. Sin embargo, en Maestri ha habido que añadirlo en más de una tercera parte (37,5%). En total se han completado 168 campos correspondientes al EWC, un 34% del total.



Figura 14. Procedimiento ante la ausencia del código EWC.

El caso de los **códigos CPA** añadidos es más complejo, ya que depende de dos relaciones, las explicadas anteriormente (residuo-CPA y CPA-empresa receptora). Para todos aquellos CPA añadidos se ha hecho un estudio de cada intercambio. Se han analizado las empresas participantes, si constan, para saber los materiales que suelen manejar. También se han analizado los residuos, para saber los nuevos usos que tienen frecuentemente. De esa forma, mediante comparación, se ha buscado el CPA que mejor se ajusta, teniendo en cuenta los nuevos usos de un residuo, la empresa de la que procede y el tipo de empresa al que va destinado en la base de datos. También se han obtenido códigos mediante comparación con intercambios presentes en la base de datos muy similares al dato que se quería completar.

Hay intercambios en los que la relación entre el residuo y la empresa receptora es obvia, por lo que la obtención del CPA es directa. Sin embargo, hay otros en los que no queda claro,

por lo que se han hecho propuestas después de haber encontrado una conexión entre las características del residuo y las de las materias primas que se suelen usar en la empresa receptora. Así se consigue un CPA que originalmente no consta, pero que ayuda a hacerse una idea de la nueva función del residuo como materia prima, además de observar en algunos casos a qué material está sustituyendo en la empresa receptora.

El CPA no aparece en la mayor parte de los casos de IS-Data, pero en Maestri es más frecuente y de forma más acertada; en el primero se ha añadido en un 97% de los casos, en el segundo en un 16,5%. En total se han completado 140 campos correspondientes al CPA, un 28% del total.

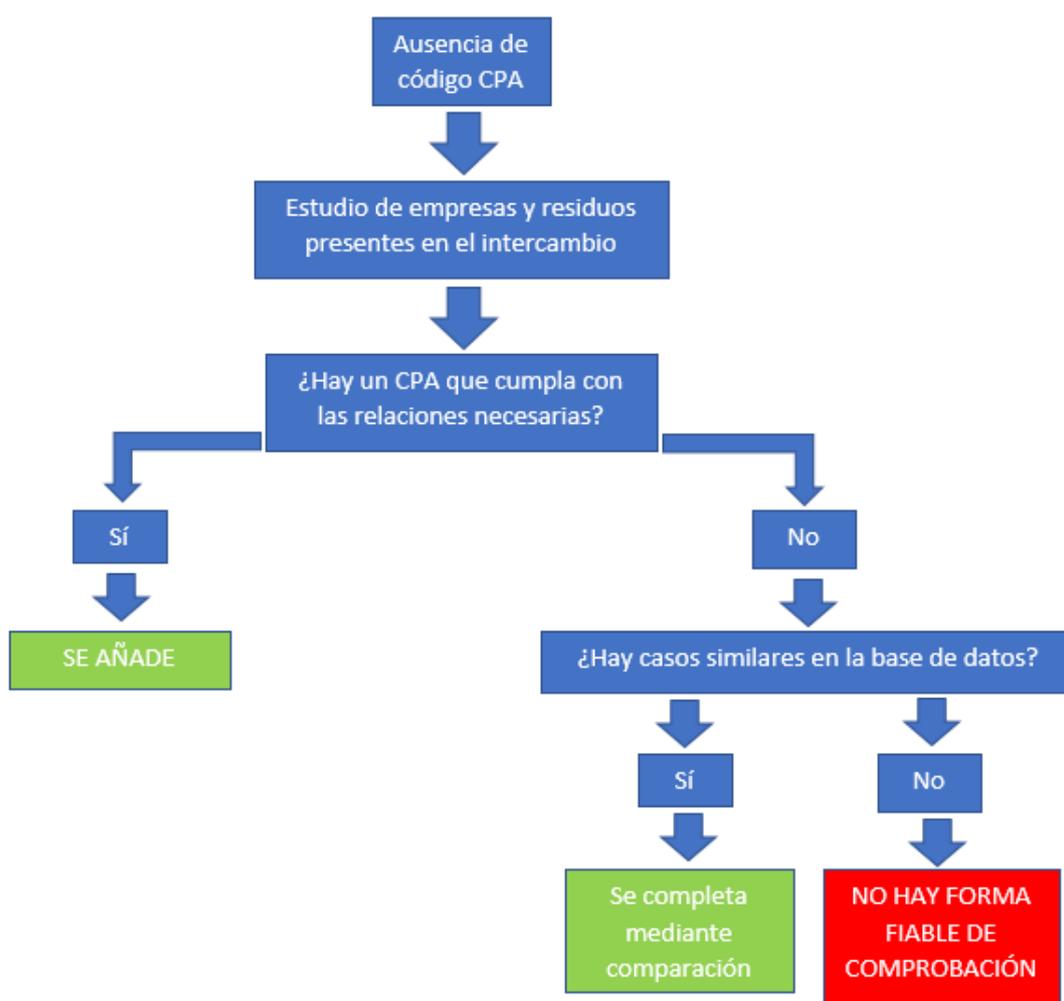


Figura 15. Procedimiento ante la ausencia del código CPA.

En este punto acabaría la primera parte del tratamiento de datos. En la base de datos, todo este procedimiento se ve plasmado en cinco hojas:

- BD-V0: es la base de datos en bruto, todos los datos obtenidos en IS-Data y Maestri volcados sin tratar.
- BD-V1-Mejoras (NACE Donante): en esta hoja es en la que está realizada la ordenación según el NACE del donante, tal y como ha sido explicado anteriormente. La leyenda en la zona inferior explica los distintos sombreados que tienen los intercambios presentes en ella.
- BD-V1-Mejoras (NACE Receptor): en esta hoja se ha realizado la ordenación según el NACE del receptor, siguiendo el mismo procedimiento que con la ordenación según el NACE del donante. El criterio de sombreado es el mismo que en la hoja anterior.
- BD-V1-Errores y contradicciones: hoja creada para tratar todos los datos conflictivos encontrados. Su estructuración está explicada en el apartado correspondiente.
- BD-V1-Completar campos vacíos: hoja creada para añadir todos los datos propuestos para completar los campos vacíos existentes en las bases de datos originales, en los apartados más decisivos de las sinergias. Su estructuración está explicada en el apartado correspondiente.

Antes de comenzar la siguiente fase, es necesario incorporar todos los cambios y datos nuevos a la base de datos. Para ello se han creado dos nuevas hojas con las agrupaciones según el NACE del donante y del receptor, réplicas de las anteriores y siguiendo los mismos procedimientos. En ellas, se han añadido las 93 correcciones realizadas y los 357 campos completados presentes en sus respectivas hojas, con el objetivo de reunir los datos definitivos.

Todos aquellos intercambios en los que se ha añadido un nuevo código NACE, bien por haberlo corregido o por haberlo incorporado, han sido revisados y recolocados siguiendo los criterios comentados anteriormente. Por lo tanto, estas dos nuevas hojas nombradas “*BD-V2-Final (NACE Donante/Receptor)*”, muestran las ordenaciones definitivas de los 496 intercambios según su NACE, el residuo y su uso final en la empresa receptora. Además, en ellas ya se han añadido los vínculos que llevan a los casos prácticos en los que se basan (en el caso de Maestri). Se puede acceder pinchando en las celdas de los identificadores del intercambio de cada caso.

3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos se han reunido, se han organizado, se han estudiado uno a uno para poder ser verificados, se han corregido los errores presentes, se han completado y, finalmente, se han vuelto a organizar. Unos datos desorganizados pueden dar información, pero unos datos organizados pueden revelar un nuevo conocimiento que ayuda a tomar decisiones en diferentes niveles.

En el tratamiento de datos se ha hecho un análisis minucioso, desde distintos puntos de vista y tomando distintas referencias, para obtener una nueva información y unas conclusiones a las que no se podría llegar de otra forma.

La Simbiosis Industrial genera redes y su tratamiento es una ciencia que permite reconocer, evaluar, definir y representar estructuras en base a relaciones establecidas. Los intercambios incluidos en la base de datos forman una gran red, donde cada uno de los sectores sería un nodo y cada flujo, cada residuo, sería una línea entre ellos.

Para la comprensión de las redes creadas es necesario conocer ciertos términos tomando como referencia “Análisis de redes, 27 de abril de 2019, <https://www.versvs.net/pedia/analisis-de-redes/>”.

En este punto entraría el concepto de **centralidad**, que es la importancia relativa de un nodo en cada red, en este caso se trataría de la importancia de cada uno de los sectores. Este concepto está estrechamente relacionado con la **conectividad**, término utilizado en próximos apartados para referirnos a las conexiones que tienen los sectores con otros mediante la realización de intercambios. La importancia de cada sector, su centralidad, viene marcada por el número de intercambios en los que participa, su conectividad.

También se puede aplicar el concepto de **grado nodal**, que indicaría el número de nodos de una red a los que un nodo está conectado directamente. Este concepto se relaciona directamente con la **diversidad**, término utilizado en próximos apartados para referirnos a la variedad de sectores distintos con los que se conecta un sector mediante la realización de intercambios. El grado nodal de un sector viene marcado por el número de sectores distintos con los que se conecta un sector, su diversidad.

Una red, de forma general, se puede clasificar de tres formas:

- Centralizada: hay un solo nodo central con el que se relacionan todos los demás.
- Descentralizada: se forma mediante la unión de varias redes centralizadas. En ella habrá grandes nodos, procedentes cada uno de su propia red, que también podrán tener relación con otros nodos dentro de la red general.
- Distribuida: no hay nodos centrales con los que se relacionen todos los demás ni que sean la vía de conexión con nodos externos.

A lo largo del análisis se verán varios mapas de puntos con flechas relacionándolos entre ellos, que representarán los sectores empresariales y los flujos de residuos intercambiados respectivamente. La centralidad se podrá comprobar viendo el tamaño de los nodos, que representarán su frecuencia y, por lo tanto, su mayor o menor presencia en los intercambios. El grado nodal se podrá comprobar en el análisis de sectores, donde se verá con cuántos sectores distintos se relaciona un sector, ya sea como donante o como receptor.

Lo que sí se puede introducir desde el inicio, después de haber realizado el tratamiento de datos, es que las redes son distribuidas. A pesar de la mayor importancia de alguno de los nodos, ninguno de ellos centraliza todos los intercambios, ni siquiera uniéndolos con otros nodos destacados. En el próximo apartado se podrá comprobar gráficamente la gran diversidad de la red, con todos sus flujos interconectados.

3.1 Sectores industriales implicados en la red de Simbiosis Industrial

3.1.1 Análisis de la red de intercambios entre sectores industriales

Para analizar los sectores industriales se ha creado una nueva hoja en el documento llamada "Tabla resumen". En ella están recogidas las nueve columnas clave de las hojas anteriores, que representan el intercambio completo. Cada columna tiene la posibilidad de ordenarse o filtrarse según criterio, con el objetivo de mostrar en cada momento el contenido que se quiera analizar.

Las nueve columnas resumen de forma clara cada uno de los intercambios realizados y dan información clave sobre cada uno de ellos. Están organizadas en tres grupos, como se puede ver en la *Figura 16*.

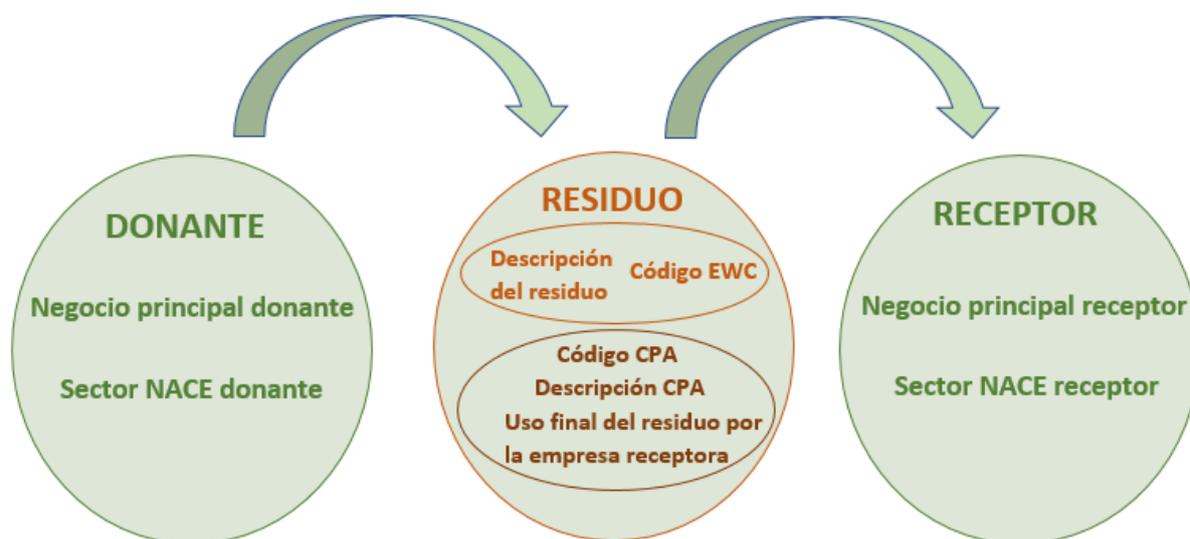


Figura 16. Estructura de la tabla resumen.

Antes de comenzar el análisis es necesario conocer en detalle el código NACE, que es el código que se va a tratar con detalle en esta fase del análisis. El código NACE (INE, 2017) tiene tres niveles que se mostrarán a continuación:

XX.XX
 []
 []
 []

xx ➡ División (01-99): Agrupa a las empresas por grandes sectores industriales.

xx.x ➡ Grupo (1-9): Agrupa a las empresas pertenecientes a una misma división según el campo al que se dedican.

xx.xx ➡ Clase (1-9): Agrupa a las empresas pertenecientes a un mismo grupo según la actividad concreta a la que se dedican.

Figura 17. Explicación del código NACE.

A lo largo de las distintas fases del análisis, se trabajará con el primer y el tercer nivel, tomando el código con dos y cuatro cifras. El objetivo es poder hacer el análisis tomando un punto de vista general en el comienzo, para aplicar un punto de vista concreto en el final.

En esta tabla están recogidas las claves de los 496 intercambios recopilados, los datos imprescindibles para entender la base de cada uno de ellos. Teniendo en cuenta que cada dato analizado es un intercambio y, por lo tanto, una línea de la tabla, se ha procedido a representar gráficamente cada uno de ellos. Aparecen 49/99 sectores NACE diferentes. Siendo cada nodo un sector NACE general, tomando sus dos primeras cifras, y cada línea un intercambio, la red creada queda así:

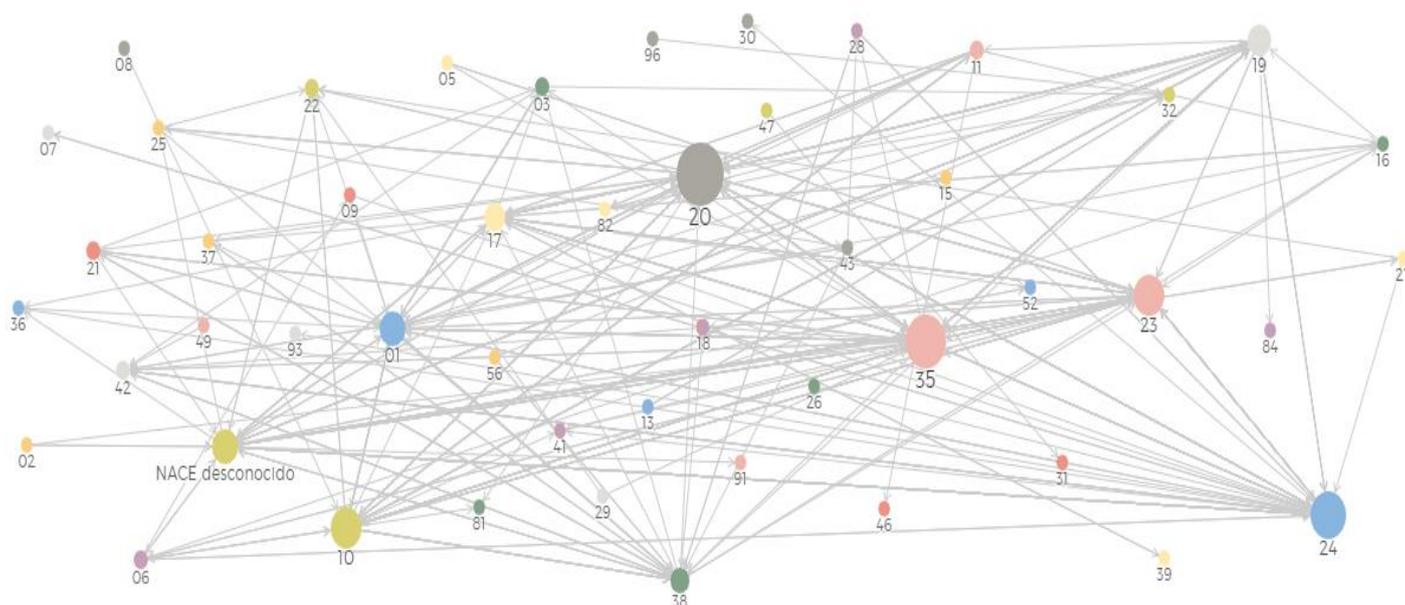


Figura 18. Red entre sectores industriales según divisiones NACE de la base de datos (2 cifras).

Los nodos que tienen más grosor son aquellos que representan a los grupos NACE que participan en más intercambios, ya sea como donante y/o receptor. Las flechas están colocadas de tal forma que se pueda ver cuál de los sectores es el donante y cuál el que recibe.

Mediante esta red, ya podemos ver la centralidad de algunos nodos. Hay cinco grandes sectores que participan en una buena parte de los intercambios:

- 20: Industria química (128/496 intercambios, 26%).
- 35: Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado (112/496 intercambios, 23%).
- 24: Metalurgia; fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones (97/496 intercambios, 20%).
- 10: Industria de la alimentación (78/496 intercambios, 16%).
- 23: Fabricación de otros productos minerales no metálicos (75/496 intercambios, 15%).

Como se puede ver en la red y se ha mencionado anteriormente, aparecen 49 divisiones diferentes del NACE, que representan a 49 grandes sectores empresariales que participan en los intercambios registrados en la base de datos. Entre todos ellos, destacan los cinco sectores mencionados. Si solo tenemos en cuenta los intercambios que han realizado entre ellos, ignorando todos aquellos en los que participe cualquier otro sector, podemos observar que congregan el 33% de los intercambios registrados. Es decir, esos cinco nodos centralizan una tercera parte de los intercambios. Además, observando la red de la base de datos al completo, vemos que estos cinco sectores juntos tienen presencia en tres cuartas partes de los intercambios, solo hay una cuarta parte de ellos en los que no participa ninguno de estos sectores. El hecho de que, de 49 sectores, solo cinco de ellos aparezcan en casi un 75% de los intercambios nos muestra su gran importancia.

Se trata de una red distribuida, ya que no hay un nodo que centralice las relaciones con los demás. Sin embargo, gracias al análisis hemos visto la importancia de estos cinco sectores. Por lo tanto, se puede afirmar que una buena parte de la red gira en torno a los cinco sectores mencionados, gracias al tipo de residuos que generan y al alto aprovechamiento de los residuos generados por otros.

Esta red (*Figura 18*) puede ser más desmenuzada. Si se considera cada uno de los nodos como un sector NACE concreto, con sus cuatro cifras representativas, la complejidad de la red aumenta (*Página siguiente*).

Red de intercambios entre sectores

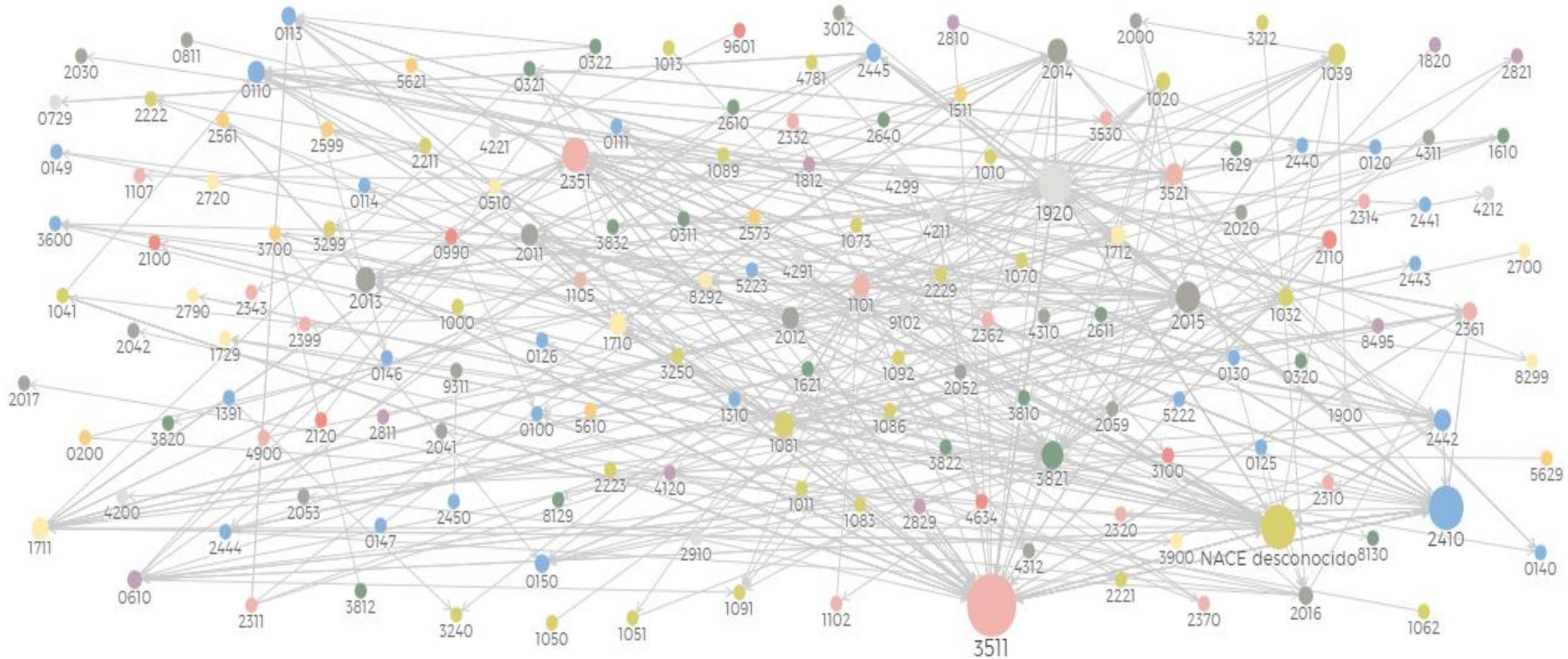


Figura 19. Red entre sectores industriales según clases NACE de la base de datos (4 cifras).

Debido a que esta red es derivada de la primera que ha sido mostrada (*Figura 18*), se ve que los sectores más destacados son:

- 3511: Producción de energía eléctrica (99/496 intercambios, 20%).
- 2410: Fabricación de productos básicos de acero, hierro y ferroaleaciones (61/496 intercambios, 12%).
- 1920: Refino de petróleo (56/496 intercambios, 11%).
- 2351: Fabricación de cemento (46/496 intercambios, 9%).

Como se puede observar en la Figura 19, en el caso de la industria química hay varios códigos importantes como el 2011, 2012, 2013, 2014 ó 2015, pero no tan destacados como los anteriores. La industria química es la que aparece en más intercambios, pero está disgregada en varios subsectores, lo que hace que individualmente no destaque ninguno. Como se puede ver anteriormente, sí destaca el sector de la producción de energía eléctrica (clase NACE 3511), que participa en 99 de los 496 intercambios registrados, una quinta parte del total.

Llama la atención la presencia del código 1920 entre los destacados, ya que su código general no estaba entre los cinco más importantes. El código corresponde al sector del refino de petróleo, y congrega tantos casos de forma individual porque es una de las dos divisiones que tiene el código 19.

Ambas redes (*Figuras 18 y 19*), sobre todo esta última, muestran la complejidad de las relaciones mostradas en la base de datos, la conectividad existente. La **conectividad** es la capacidad de establecer una conexión, una comunicación, un vínculo. Aplicado el concepto a este caso, la conectividad es la capacidad que tienen las empresas de mismos o distintos sectores para comunicarse con otras, poniendo información en común, estableciendo una relación en busca de un beneficio mutuo con intención de que perdure en el tiempo. La conectividad está estrechamente relacionada con la centralidad, introducida en el comienzo del capítulo, ya que los dos términos nos indican la importancia de un sector en la red, las conexiones que reúne.

El objetivo es realizar un análisis de las relaciones para poder clarificar estas redes, conseguir sacar de ellas una información más clara y directa. La información no procede

necesariamente de los casos más destacados, sino que hay una serie de datos interesantes que pueden verse en pequeños detalles que no saltan a la vista fácilmente.

Conviene recordar que no todos los campos incluidos en la base de datos se han podido completar por falta de información, hay intercambios en los que no está presente el código NACE de algunas empresas. Hay 42 datos desconocidos de los donantes (8%) y 23 de los receptores (5%), lo que implica que en un 13% de los intercambios registrados falta algún dato sobre las empresas participantes. Se ha creado un sector exclusivamente para agruparlos, de forma que la base del estudio siga siendo los 496 intercambios iniciales.

3.1.2 Análisis de sectores industriales donantes

Antes de realizar el análisis de sectores, conviene aclarar que todos los datos numéricos dados sobre los sectores incluyen al propio sector del que se está hablando, en el caso de que se hayan realizado intercambios entre empresas pertenecientes al mismo sector. Este criterio ha sido aplicado en todos los datos dados sobre sectores de aquí en adelante.

Análisis por división NACE (2 dígitos NACE)

En primer lugar, se han analizado todos los datos representados en la red, vistos desde la perspectiva del donante. Tomando como referencia los sectores NACE generales de las empresas que actúan como donantes, la distribución de los intercambios es la siguiente:

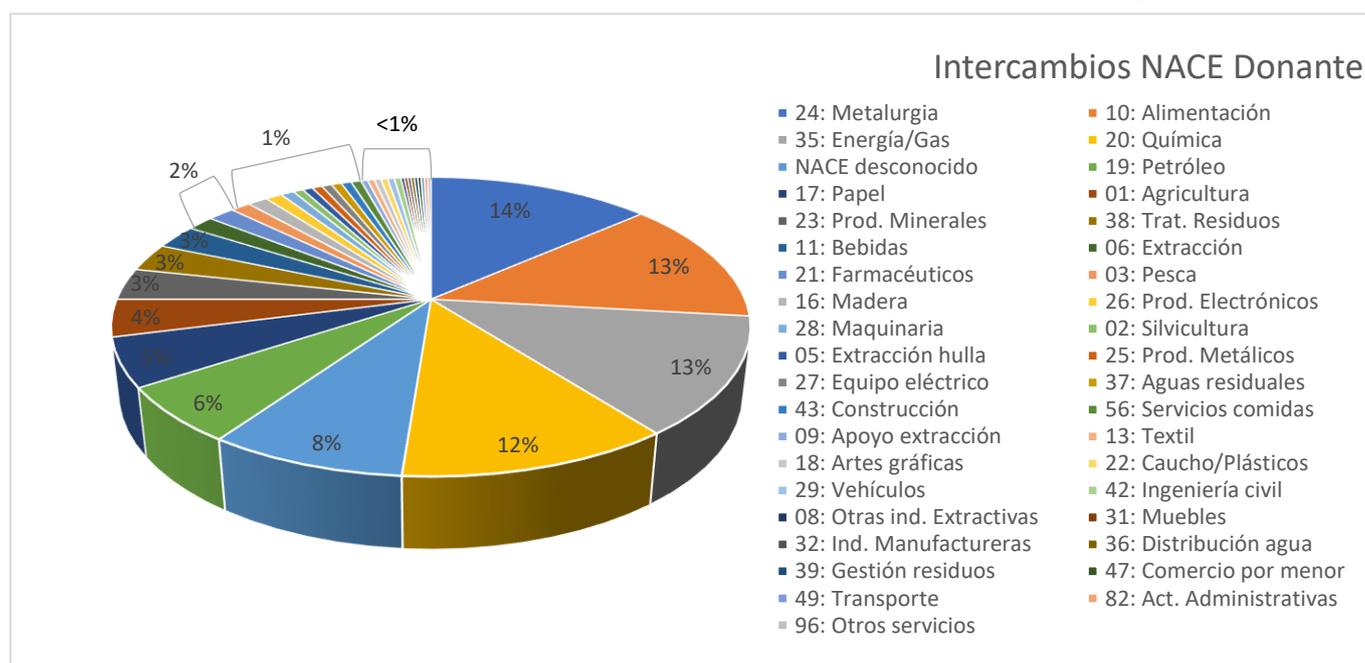


Figura 20. Distribución de los intercambios según la división NACE de los donantes (2 cifras).

El sector NACE está indicado en la leyenda, que sigue un orden descendente de izquierda a derecha según su frecuencia, y el porcentaje de intercambios en los que ejercen como donantes está en cada sector del gráfico.

Como se puede ver en la Figura 20, los sectores que donan en más intercambios coinciden con los más destacados en la red inicial (*Figura 18*), salvo uno de ellos que se encuentra en novena posición, la división NACE 23. Esto demuestra que el sector de la producción de minerales es poco donante (un 3% de los intercambios), pero se comprobará más adelante que es un gran receptor. La división NACE 24 relativa a la metalurgia destaca como donante (14% de los intercambios registrados) gracias a los residuos obtenidos en los procesos térmicos, que al ser variados y abundantes pueden ser bien aprovechados por otros sectores.

Hasta ahora, el análisis estaba más centrado en la conectividad entre los sectores, las redes que se crean entre ellos considerando todos los intercambios. Sin embargo, el hecho de participar en muchos intercambios no tiene por qué implicar que sean variados, pueden realizarse entre los mismos sectores. Es necesario que el análisis se detalle un poco más en el siguiente paso, y para ello se procederá a analizar la **diversidad** de sectores. De esta forma, después de ver en cuántos intercambios participa cada sector, pasaremos a ver con cuántos sectores distintos interactúa cada uno de ellos, como donantes y como receptores. Este aspecto es clave para hacernos ver la importancia de un sector, en caso de que done residuos o los reciba de muchos sectores distintos. Este concepto está estrechamente relacionado con el de grado nodal introducido en el comienzo del apartado, ya que nos hablan de la variedad presente entre los sectores que realizan los intercambios.

En este análisis se ha seguido el mismo procedimiento que en el del número de intercambios con el objetivo de obtener unos resultados con la misma base comparativa. Por ello, en primer lugar, se ha obtenido un gráfico en el que aparecen todas las divisiones NACE

que ejercen como donantes, tomando solo las dos primeras cifras. En él aparece el número de sectores, también tomando dos cifras, que reciben algún residuo de cada uno de ellos:

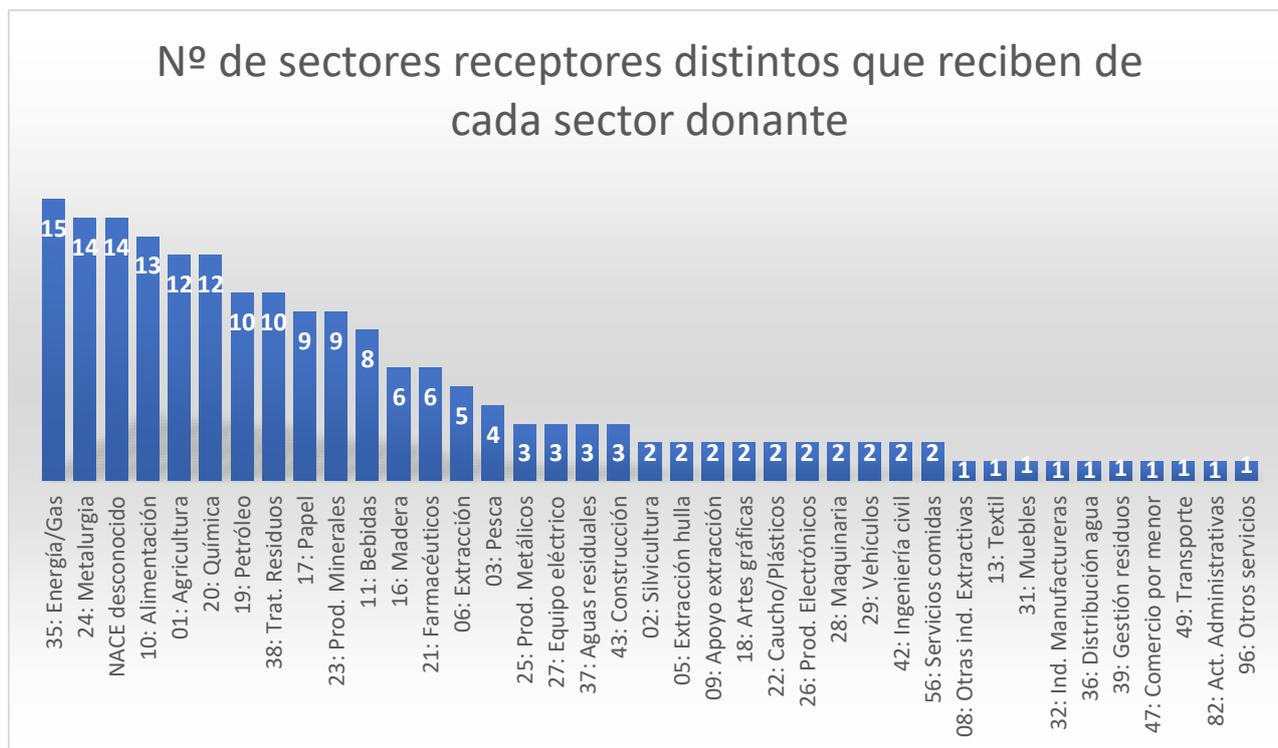


Figura 21. Número de sectores NACE receptores distintos que reciben de cada sector NACE donante (2 cifras).

En este caso, en lugar de poner el porcentaje, se ha puesto el número de sectores distintos a los que dona cada sector. El porcentaje en este estudio no nos daría ninguna información útil, mientras que la interacción entre sectores es clave para comparar. Esta interacción puede pasar a llamarse frecuencia intersectorial, ya que se nos indica el número de relaciones establecidas con sectores diferentes.

Como se puede ver en la Figura 21, no hay grandes variaciones en el orden de los sectores respecto al observado en el gráfico del número de intercambios (Figura 20), generalmente son mínimas. Sin embargo, en los sectores destacados en ambos gráficos, llama la atención el descenso del número de sectores a los que se dona respecto al número de intercambios registrados. Esto se debe a que en ellos se realizan varias donaciones a los mismos sectores. Por ejemplo, la división NACE 24 correspondiente a la metalurgia, dona 67 veces, pero a 14 sectores distintos. Al tener un mayor número de donaciones tiene más posibilidad de tener mayor diversidad. Sin embargo, observando que 67 donaciones van a 14 sectores distintos, con alguno de ellos tiene un gran número de relaciones, como ocurre con las 21 que tiene con la división NACE 23 correspondiente a la fabricación de productos minerales no metálicos.

Esto ocurre con todos los casos destacados, pero si observamos los sectores que aparecen en menos ocasiones, vemos que tienen un mayor porcentaje de diversidad, ya que no suelen interactuar repetidamente con un mismo sector. La división NACE 16 de la industria de la madera realiza el 1% de las donaciones registradas. Sin embargo, tiene un 100% de diversidad, ya que sus 6 donaciones son realizadas a sectores distintos. De esto se puede extraer que, aunque sea un sector que no destaca por el número de veces que dona, sí destaca por el hecho de que todas las veces que lo hace ha sido a sectores distintos, como los del petróleo, del papel o la fabricación de productos minerales. La división NACE 01 de la agricultura también destaca por la diversidad de sus 20 donaciones, a 12 sectores diferentes.

Análisis por clase NACE (4 dígitos NACE)

Si tomamos como referencia los donantes con su código NACE completo (4 cifras), se obtiene el siguiente gráfico:

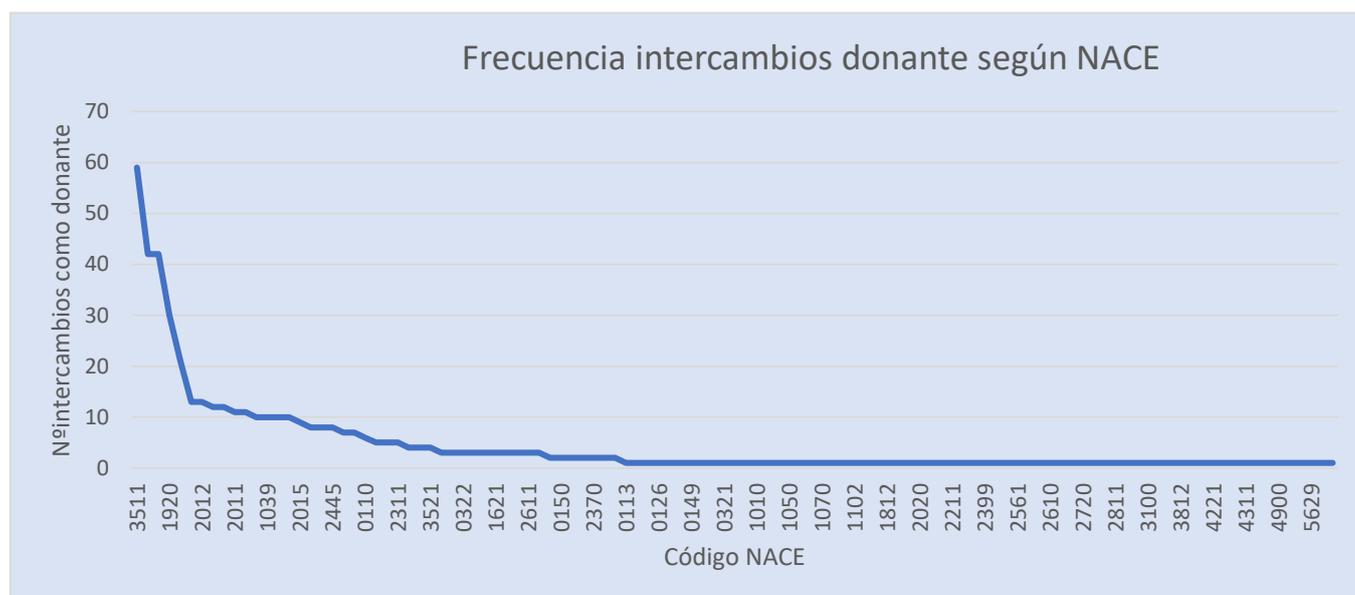


Figura 22. Número de intercambios de cada sector NACE (4 cifras) como donante (I).

En él están representados, de mayor a menor, el número de intercambios en el que cada uno de los sectores NACE ejerce como donante. Todos ellos están representados en el gráfico, aunque no consten en el eje horizontal, ya que son 110 grupos y no hay espacio para todos. Hay cuatro grupos NACE que aglutinan una buena parte de los intercambios como donante:

- 3511: Producción de energía eléctrica (59/496 intercambios, 12%)
- 2410: Fabricación de productos básicos de hierro, acero y ferroaleaciones (42/496 intercambios, 8%)

- 1920: Refino de petróleo (30/496 intercambios, 6%)
- 1081: Fabricación de azúcar (21/496 intercambios, 4%)

De ahí poco a poco va descendiendo hasta llegar a la clase 0113, a partir del cual hay 66 sectores que sólo aparecen en un intercambio como donantes.

Para poder visualizar todos los sectores con mayor claridad, se ha hecho un mapa en el que aparecen todos ellos representados. Cada círculo representa a un sector, y su diámetro es directamente proporcional a las veces que ejerce como donante en los intercambios registrados. También se sigue un código de colores, cuya leyenda aparece en la izquierda (Figura 23), que agrupa los sectores según el intervalo de donaciones que hayan hecho:

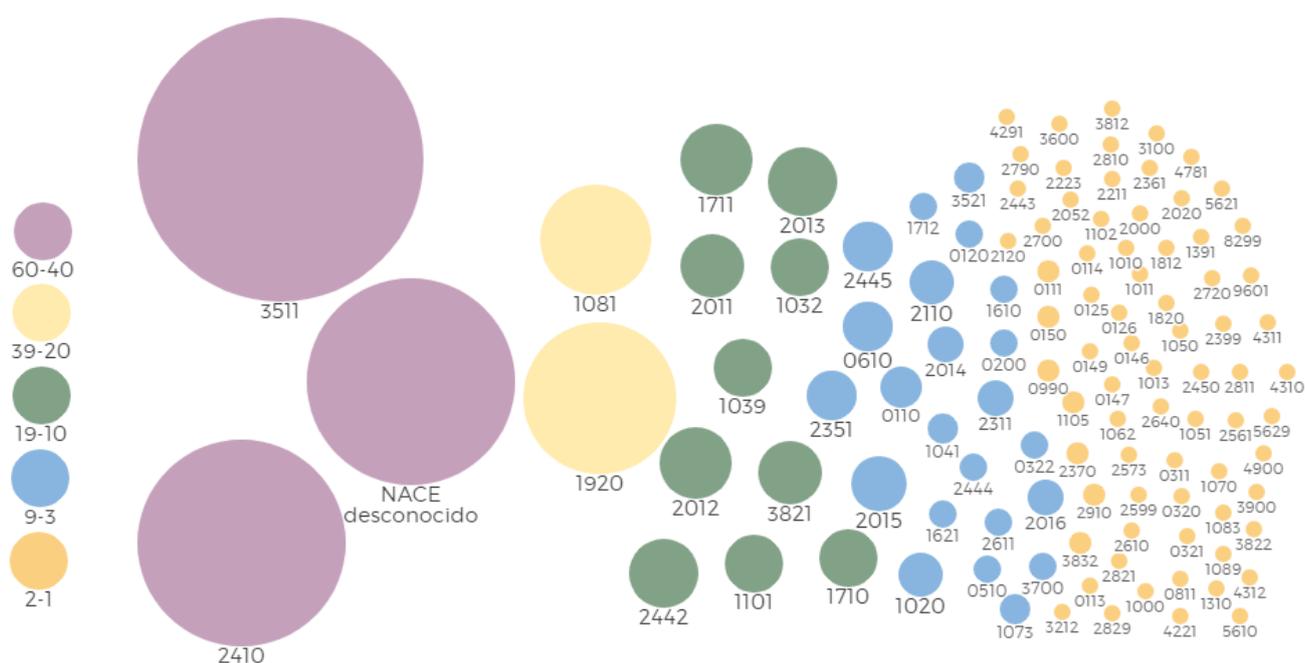


Figura 23. Número de intercambios de cada sector NACE (4 cifras) como donante (II).

Comparando este mapa con el gráfico que muestra los intercambios en los que participa cada sector general como donante (Figura 20), podemos ver algunas coincidencias y diferencias entre los sectores más destacados. Siendo las divisiones NACE 24, 10, 35 y 20 las más destacadas como donantes, vemos un claro representante de cada una de ellas en este mapa (3511, 2410 y 1081), salvo para la 20. Como se comentó anteriormente, la industria química tiene varias subdivisiones que reúnen el 12% de intercambios en los que ejercen como donantes (un 3% el 2012, un 2% el 2011, 2013 y 2015, un 1% el 2014 y 2016), aunque no tiene ningún código destacado en este mapa. Sí destaca el 1920 del refino de petróleo a

pesar de ser donante en un 6% de los intercambios, debido a las pocas subdivisiones que tiene la división NACE 19.

Los tres sectores más destacados como donantes (3511, 2410 y 1920), excluyendo el NACE que reúne los datos desconocidos, se corresponden con tres de los cuatro más destacados en la red inicial (*Figura 19*) por su participación como donantes y receptores. Sin embargo, en este mapa, vemos a la clase NACE 1081 entre las destacadas, correspondiente a la fabricación de azúcar, ejerciendo como donante en 21 intercambios.

A continuación, se mostrará un mapa en el que, tomando el código NACE completo como base, se puede ver el número de sectores distintos a los que dona cada sector, representado con rangos y tamaños proporcionales:

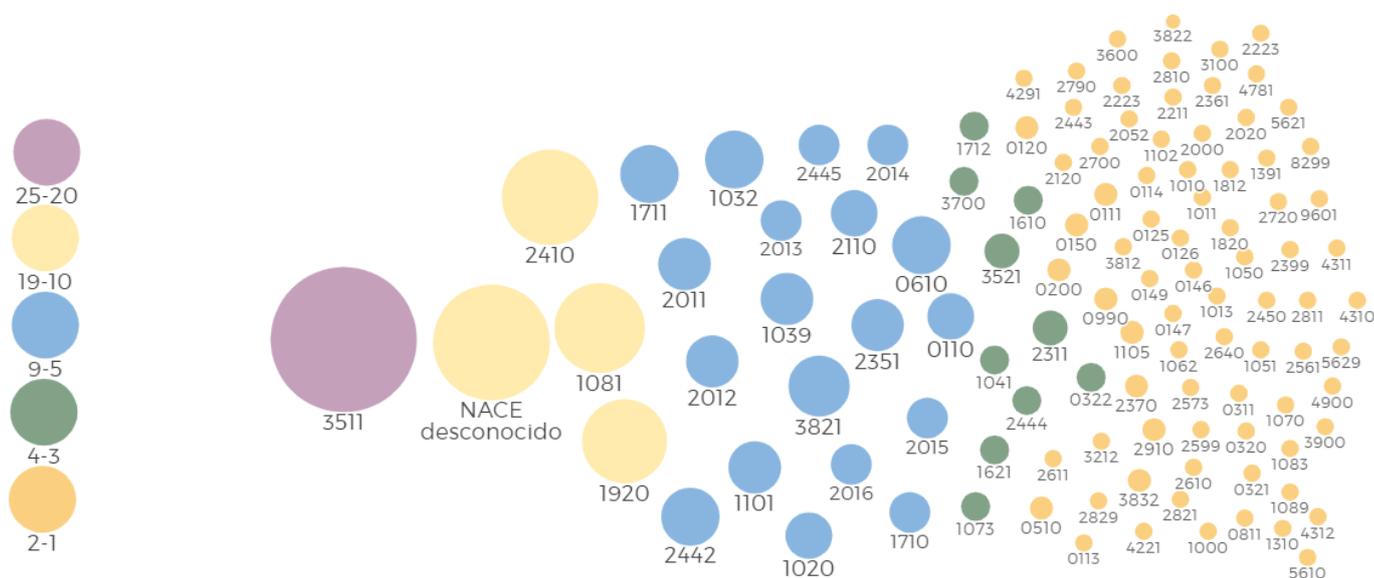


Figura 24. Número de sectores NACE distintos que reciben de cada sector NACE donante (4 cifras).

El 3511 sigue siendo el sector más destacado, cuyas 59 donaciones se producen a 24 sectores distintos, incluyendo empresas de su mismo sector. Además de ser un sector con mucha centralidad, también tiene una buena diversidad.

En el mapa vemos la pequeña pérdida de importancia de la clase NACE 2410 de la fabricación de hierro y acero debido a sus repetidas relaciones con los mismos sectores, como las 12 donaciones realizadas a la fabricación de cemento. Entre los primeros destaca por su diversidad la clase NACE 1081 de la fabricación de azúcar; de sus 21 donaciones, 14 van a sectores distintos.

3.1.3 Análisis de sectores industriales receptores

Análisis por división NACE (2 dígitos NACE)

Para los datos relativos al NACE de las empresas receptoras, la base del estudio sigue siendo los 496 intercambios. Teniendo eso en cuenta y siguiendo el mismo criterio que el aplicado para los donantes, se obtiene el siguiente gráfico:

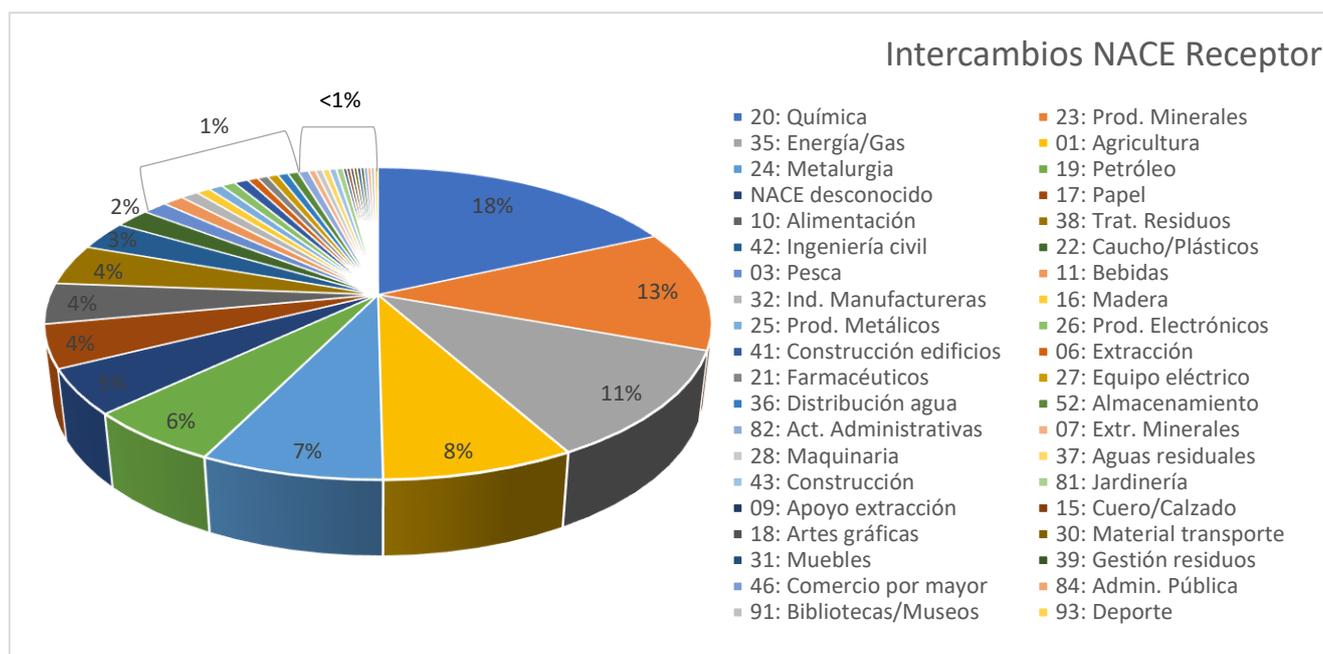


Figura 25. Distribución de los intercambios según la división NACE de los receptores (2 cifras).

El sector NACE está indicado en la leyenda, que sigue un orden descendente de izquierda a derecha según su frecuencia, y el porcentaje de intercambios en los que ejercen como receptores está en cada sector del gráfico.

Analizando este gráfico, podemos ver que hay más diferencias respecto a la red inicial (Figura 18) que las encontradas en el gráfico de donantes. Los datos destacados del gráfico de donantes (Figura 20) eran similares a los datos destacados de la red inicial. Sin embargo, para este gráfico de receptores, se puede ver que los datos más destacados tienen más diferencias respecto a los anteriores gráficos mencionados. La industria química (división NACE 20), que es el sector que más aparece en la red, aunque no destacaba tanto como donante, vemos que es el sector que más recibe en los intercambios, un 18% de todos los registrados. Como se dijo al ver que la división NACE 23 de la producción de minerales no era un donante destacado, se puede comprobar que sí es un buen receptor, reuniendo un 13% de las recepciones registradas.

La división NACE 24 de metalurgia, sector donante más destacado con un 14%, pasa a ser el quinto receptor más destacado, con un 7%. Cuando se analicen los residuos, se podrá comprobar la razón por la que es un buen donante y no tan buen receptor. Destaca la presencia de la división NACE 01 de la agricultura como cuarto receptor, lo que también se podrá comprobar más adelante, ya que puede utilizar muchos residuos como fertilizantes.

Al igual que se hizo en el apartado relativo a los donantes, se van a introducir los datos relativos a la diversidad de sectores desde el punto de vista del receptor, con el objetivo de poder comparar la frecuencia y la diversidad de los sectores como receptores. Este gráfico nos dará información sobre el número de sectores distintos de los que un sector puede aprovechar un residuo:

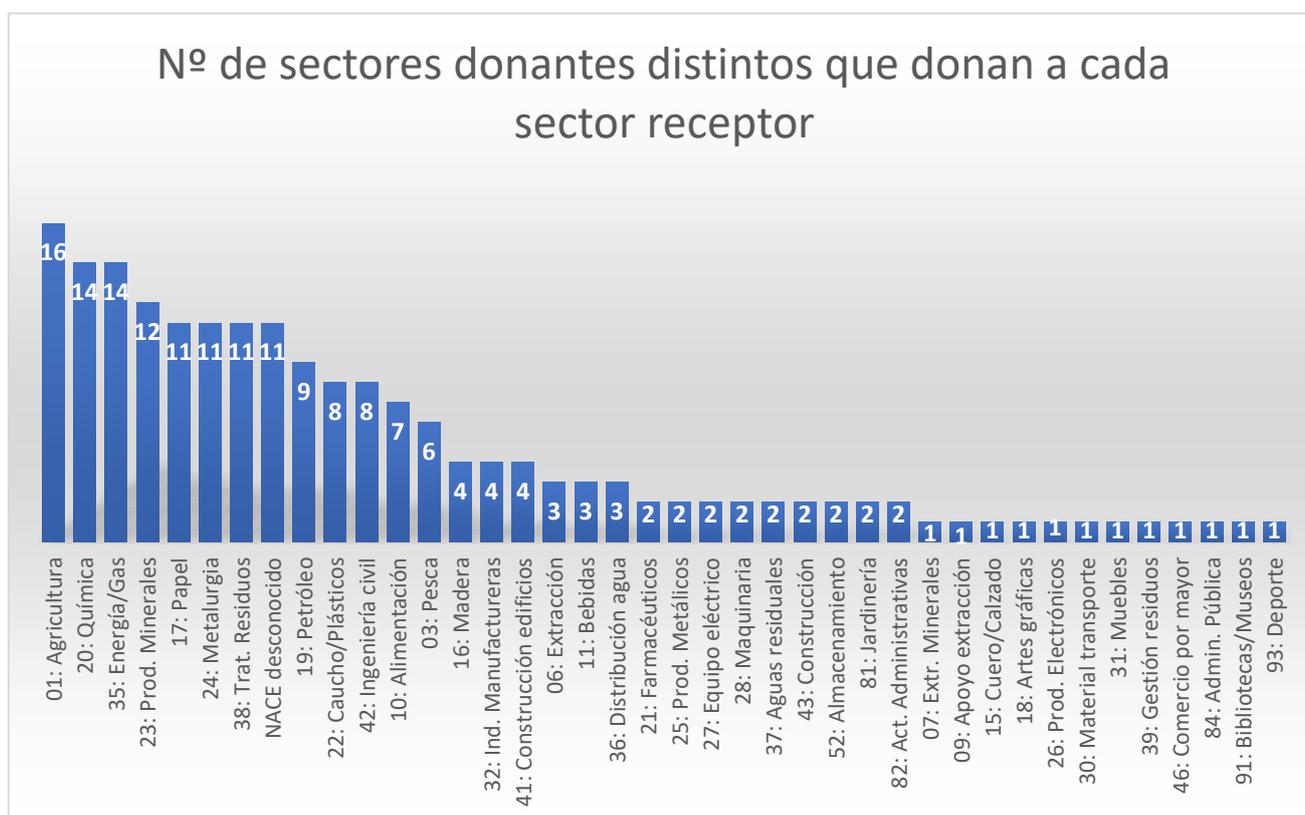


Figura 26. Número de sectores NACE donantes distintos que donan a cada sector NACE receptor (2 cifras).

Aquí destaca el caso de la división NACE 20 de la industria química. Es receptor en 90 ocasiones, casi un 20% de los intercambios registrados en la base de datos. Sin embargo, esas 90 recepciones proceden de solo 14 sectores distintos. Sigue estando entre los destacados, pero llama la atención el hecho de que haya tantas recepciones procedentes de tan pocos sectores en comparación. Esto está provocado por los 20 intercambios en los que recibe residuos de su mismo sector, es decir, del sector 20, que suponen un 4% de los 496

intercambios. Además, hay una serie de sectores de los que recibe residuos en 10 ó más casos, tales como:

- 24: Metalurgia (14/496 intercambios, 3%).
- 35: Suministro de energía eléctrica (11/496 intercambios, 2%).
- 19: Petróleo (10/496 intercambios, 2%)

El 9% restante lo aportan 10 sectores distintos.

También llama la atención el 01, código de la agricultura, al ser el sector que más recibe de otros distintos, pero que no está entre los tres primeros que participan en más intercambios como receptor (*Figura 25*). Esto tiene una explicación, y es el gran número de residuos procedentes de distintas industrias que pueden ser utilizados para fertilizar o enriquecer el suelo.

Análisis por clase NACE (4 dígitos NACE)

Si tomamos como referencia los receptores con su código NACE completo, obtenemos el siguiente gráfico:

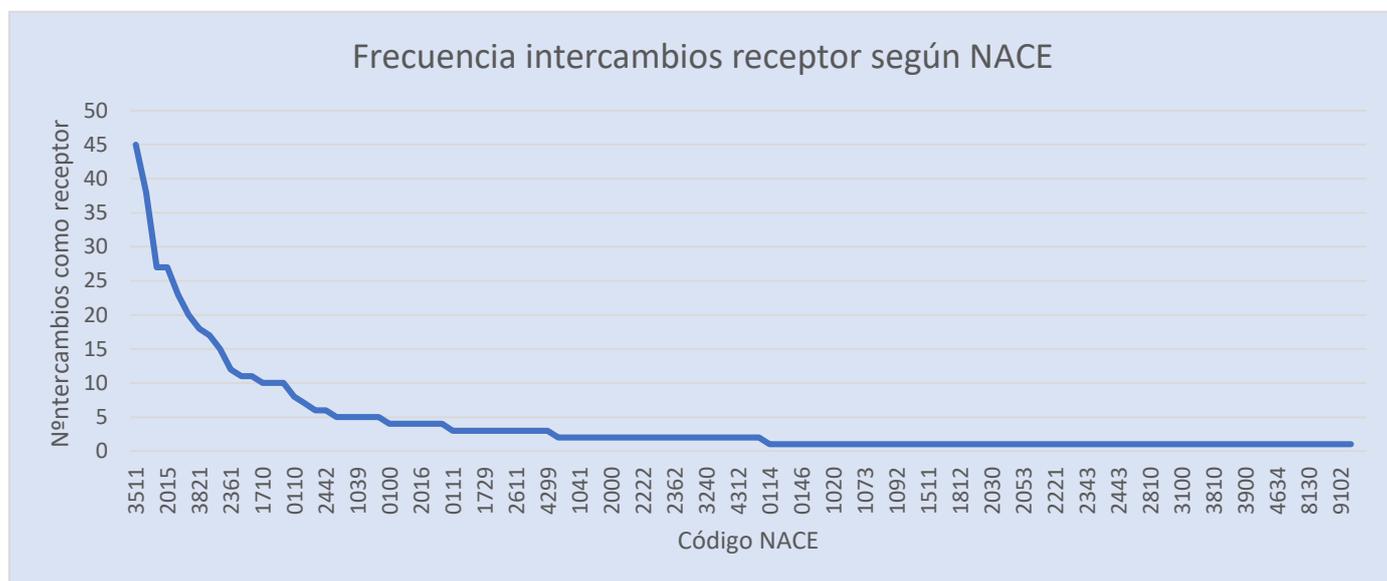


Figura 27. Número de intercambios de cada sector NACE (4 cifras) como receptor (I).

En este último, debido a que hay 115 códigos distintos, vuelve a provocar que no aparezcan todos en el eje horizontal, aunque sí estén considerados en la línea representativa. En este caso la línea desciende más progresivamente que en el caso del donante, debido a que los sectores receptores están un poco más repartidos. Entre ellos destacan:

- 3511: Producción de energía eléctrica (45/496 intercambios, 9%)

- 2351: Fabricación de cemento (38/496 intercambios, 8%)
- 1920: Refino de petróleo (27/496 intercambios, 5%)
- 2015: Fabricación de fertilizantes y compuestos nitrogenados (27/496 intercambios, 5%)
- 2410: Fabricación de productos básicos de hierro, acero y ferroaleaciones (20/496 intercambios, 4%)
- 3821: Tratamiento y eliminación de residuos no peligrosos (18/496 intercambios, 4%)

También hay que tener en cuenta que se desconoce el NACE en 23 intercambios, un 5% del total. Igual que para los donantes, también se ha hecho un mapa que representa todos los sectores receptores, siguiendo los mismos criterios:

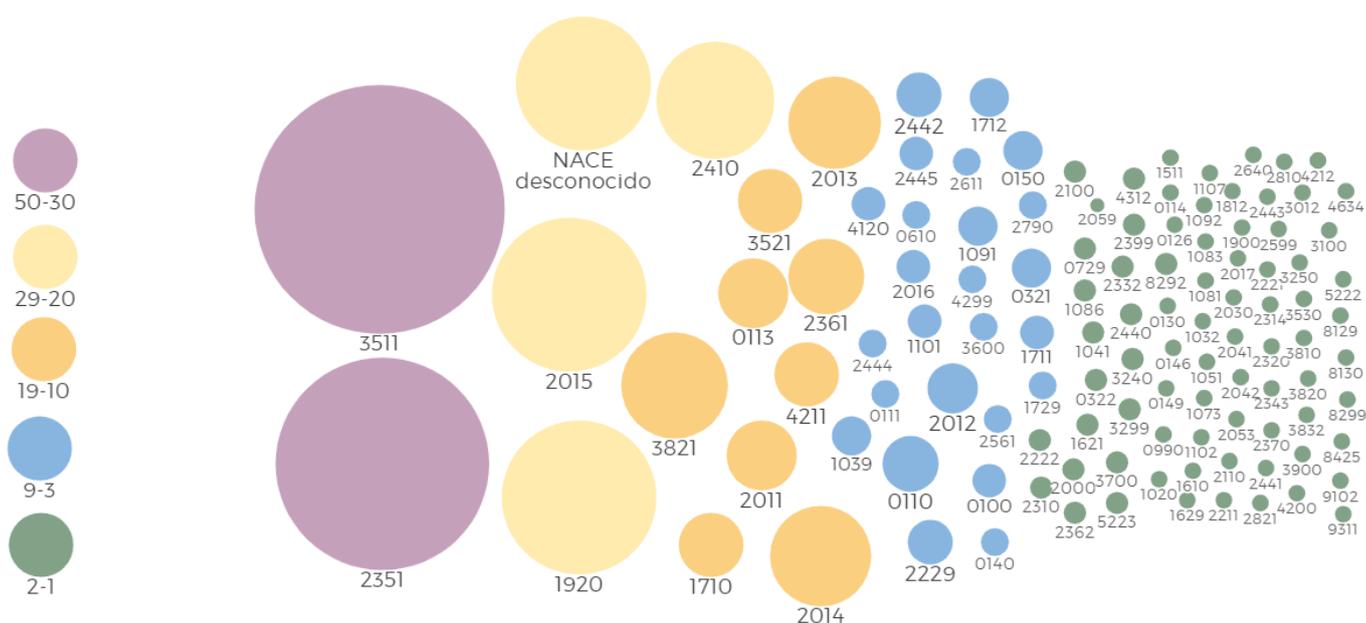


Figura 28. Número de intercambios de cada sector NACE (4 cifras) como receptor (II).

Como en mapas anteriores, los colores de los círculos marcan el rango al que pertenece cada sector, según la leyenda de la izquierda. En este caso, se indica el número de intercambios en los que cada sector ejerce como receptor. El diámetro de cada nodo es directamente proporcional a las veces que cada sector ejerce como receptor.

La clase NACE 3511 correspondiente a la producción de energía eléctrica sigue siendo la más destacada, al igual que en la red inicial (Figura 19) y en el mapa de los donantes (Figura 23). En líneas generales, se ve una correspondencia entre este mapa (Figura 28) y el gráfico que muestra las recepciones según el código general (Figura 25). Estos son los códigos más representativos para cada uno de ellos:

- 20 → 2015 (Fabricación de fertilizantes y compuestos nitrogenados).
- 23 → 2351 (Fabricación de cemento).
- 35 → 3511 (Producción de energía eléctrica).
- 24 → 2410 (Fabricación de productos básicos de acero, hierro y ferroaleaciones).
- 19 → 1920 (Refino de petróleo).

La división NACE 01 de la agricultura, que es la cuarta que más participa como receptor (*Figura 25*), no tiene ningún código entre los más destacados en este mapa. Eso se debe a que la agricultura tiene varias ramas, y todas las recepciones registradas de forma general, al particularizar quedan disgregadas en varios códigos, como el 0113, 0110, 0150, 0100 ó 0111.

Considerando el código completo, se ha realizado otro mapa que representa el número de sectores distintos que donan residuos a cada sector receptor:

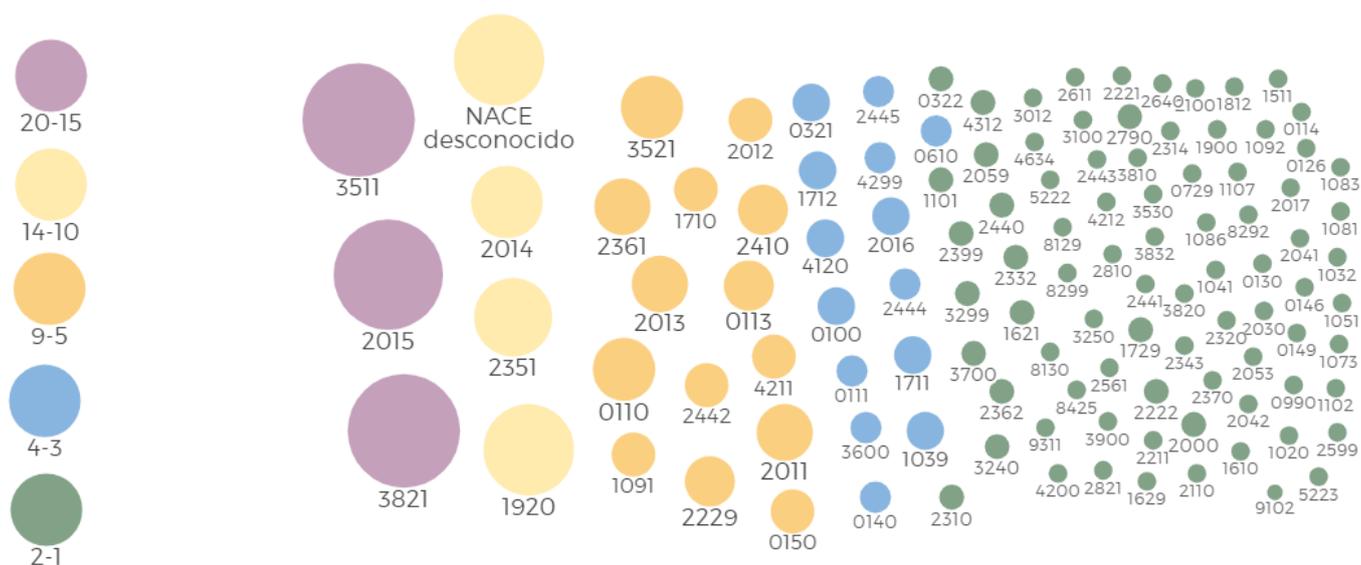


Figura 29. Número de sectores NACE distintos que donan a cada sector NACE receptor (4 cifras).

Los diámetros de los círculos, que representan a cada sector receptor, son proporcionales al número de sectores distintos de los que reciben residuos.

Aquí vemos uno de los casos más llamativos de esta fase del análisis. La clase NACE 3821, del tratamiento y eliminación de residuos no peligrosos, es la sexta que más número de recepciones tiene registradas, con 18. Resulta llamativo el hecho de que sea el sector con más frecuencia intersectorial, tiene casi un 100% de diversidad, algo muy difícil teniendo en cuenta la cifra de intercambios en los que recibe. De 18 registrados, en 17 ocasiones recibe residuos de sectores distintos. Esto se debe a que es un sector donde van a parar residuos orgánicos y otros residuos no peligrosos. Las empresas que lo constituyen se encargan de tratarlos, en

varios casos para poder ser puestos en disposición de nuevas empresas que quieran reutilizarlos. Es un sector importante para facilitar la reutilización de residuos.

También destaca por su diversidad la clase NACE 0110 de cultivos no perennes. Sus ocho recepciones registradas proceden de ocho sectores distintos, todas ellas en forma de fertilizante o saneamiento del suelo, como se comentó anteriormente. Casos como este nos muestran que hay sectores que son fácilmente relacionables con otros. Si de ocho intercambios, los ocho son con sectores distintos, es fácil llegar a la conclusión de que no habrá problemas para que establezca relaciones con más sectores aparte de los que están registrados. Tienen una tendencia clara a aprovechar los residuos de los demás. Además, en este caso perteneciente a la agricultura se producen residuos variados, por lo que también pasa a ser un buen sector para donar residuos a distintos sectores, con seis donaciones registradas a seis sectores distintos (*Figura 24*).

La clase NACE 2351 de fabricación de cemento, que era la segunda con más recepciones registradas, pierde importancia en su diversidad, ya que sus 38 recepciones registradas proceden de 11 sectores distintos. Este caso se desarrollará en el próximo apartado. De forma inversa ocurre con la clase NACE 2015 de componentes nitrogenados que, con 27 recepciones de 16 sectores distintos, muestra que tiene una buena diversidad. Es un sector de fabricación de fertilizantes, por lo que puede utilizar distintos tipos de residuos para incorporarlos a sus procesos.

3.1.4 Análisis conjunto y recomendaciones

Los mapas mostrados a lo largo de esta fase del análisis nos enseñan de forma directa las interacciones entre sectores, pero no dejan de ser datos extraídos y simplificados de la gran red inicial. Por ello, en los mapas mostrados para los sectores donantes y receptores, se puede comprobar el concepto de grado nodal explicado en el comienzo del análisis, ya que cada uno de ellos muestra el número de nodos a los que cada nodo está conectado, actuando como donante o como receptor.

Analizándolo desde las dos partes, destaca la aparición de los códigos 3511, 1920 y 2410 entre los más frecuentes como donantes y receptores en los intercambios:

- 3511: Producción de energía eléctrica.

- 1920: Refino de petróleo.
- 2410: Fabricación de productos básicos de hierro, acero y ferroatomios.

Estos tres sectores, que cobran una gran importancia viendo que acaparan una buena parte de los intercambios como donantes y como receptores, destacan por su conectividad, porque centralizan una buena parte de los intercambios registrados. Las características de las materias primas que necesitan y de los residuos que producen hacen que la creación de relaciones con otras empresas sea directa, gracias a su capacidad de aprovechamiento. Como podemos ver, eran tres de los cuatro códigos que se destacaron en la red inicial (*Figura 19*) como sectores más predominantes en los intercambios.

Tabla 1. Datos sobre los sectores NACE más frecuentes (4 cifras).

Sector	Nº intercambios donante (%)	Nº intercambios receptor (%)	Nº intercambios totales (%)
3511	59 (11,9%)	45 (9,1%)	99 (20%)
2410	42 (8,5%)	20 (4%)	61 (12,3%)
1920	30 (6%)	27 (5,4%)	56 (11,3%)

Llama la atención que, de los tres códigos destacados, la producción de energía eléctrica (3511) y el refino de petróleo (1920) reúnen 18 intercambios entre ellos:

- 3511 → 1920 (10 intercambios)
- 1920 → 3511 (8 intercambios)

Son dos sectores que interactúan mucho entre sí. El 3511 proporciona energía para refinerías de petróleo, mientras que el 1920 proporciona gases combustibles para las centrales eléctricas. Sin embargo, el sector del hierro y acero (2410) no tiene grandes interacciones con los otros dos sectores más destacados. Esto es debido a la gran interacción que tiene con el sector de la fabricación de cemento (2351), o con otros sectores en menor medida.

A continuación, se estudiarán tres casos particulares que se han encontrado en el análisis, tanto desde el punto de vista de los donantes como de los receptores. Estos casos darán explicaciones a circunstancias encontradas anteriormente.

Tabla 2. Datos sobre los casos particulares destacados.

Sector	Nº intercambios donante	Nº sectores a los que dona	Nº intercambios receptor	Nº sectores de los que recibe
1081	21	14	1	1
2015	9	5	27	16
2351	8	7	38	11

Este es uno de los casos en los que se encuentran grandes diferencias. La clase NACE 1081 de “Fabricación de azúcar”, que es la cuarta más frecuente como donante, con 21 intercambios en los que produce el residuo (Figura 23), está dentro del gran grupo de receptores que solo aparecen en una ocasión. Esto se traduce en que son un tipo de empresas que generan residuos que pueden ser bastante bien reutilizados por otras empresas, pero que no utilizan como materias primas los residuos producidos por otros. En este caso, es interesante ver cuántos sectores distintos se aprovechan de lo que genera uno:

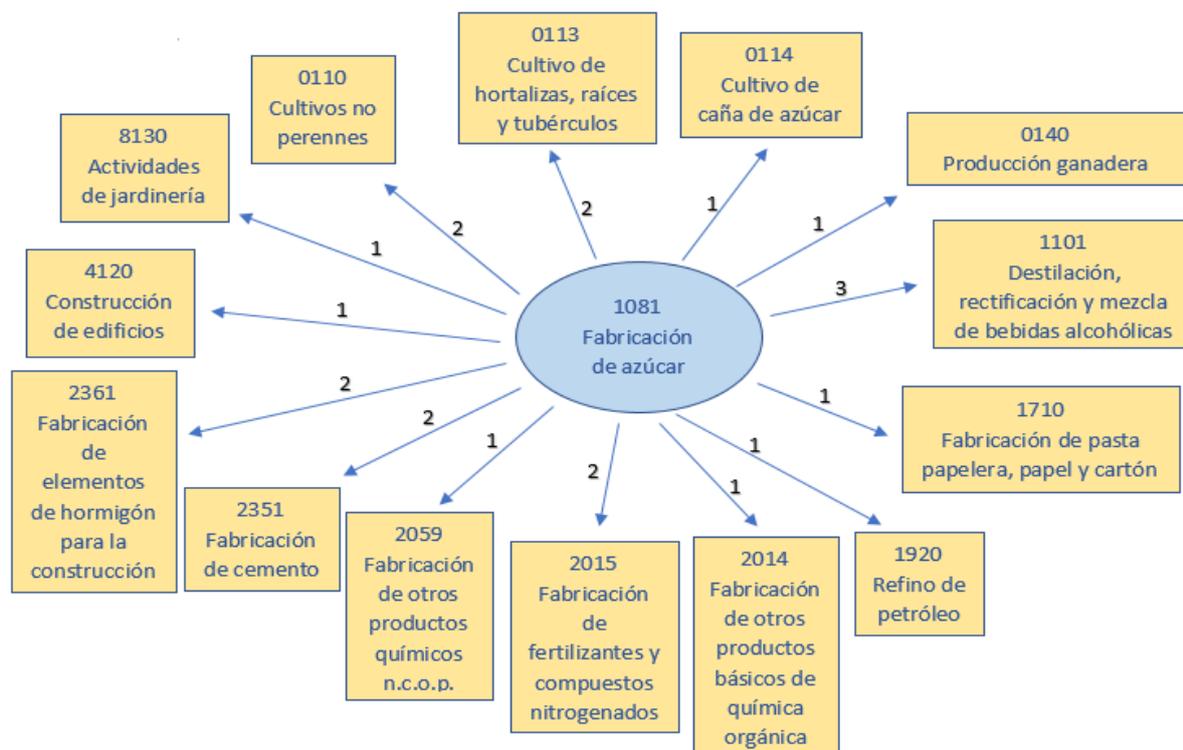


Figura 30. Estudio de las donaciones del sector de la fabricación de azúcar.

Como se puede ver, un solo sector produce residuos que son aprovechados por 14 sectores distintos, mientras que solo recibe de un sector, el del cultivo de caña de azúcar. Este

dato hay que tenerlo en cuenta para ver la gran gama de aprovechamientos que pueden tener los residuos procedentes de un mismo sector.

En el lado opuesto están las empresas con código 2015 (“Fabricación de fertilizantes y compuestos nitrogenados”) y 2351 (“Fabricación de cemento”). En el primer caso, aparece 9 veces como donante y 27 como receptor. En el segundo caso, 8 como donante y 38 como receptor. Esto nos indica que son empresas que generan residuos poco aprovechables, pero que a su vez pueden aprovechar un gran número de residuos generados por otros. Para estos casos, también es interesante ver de cuántos sectores distintos se aprovecha cada uno:

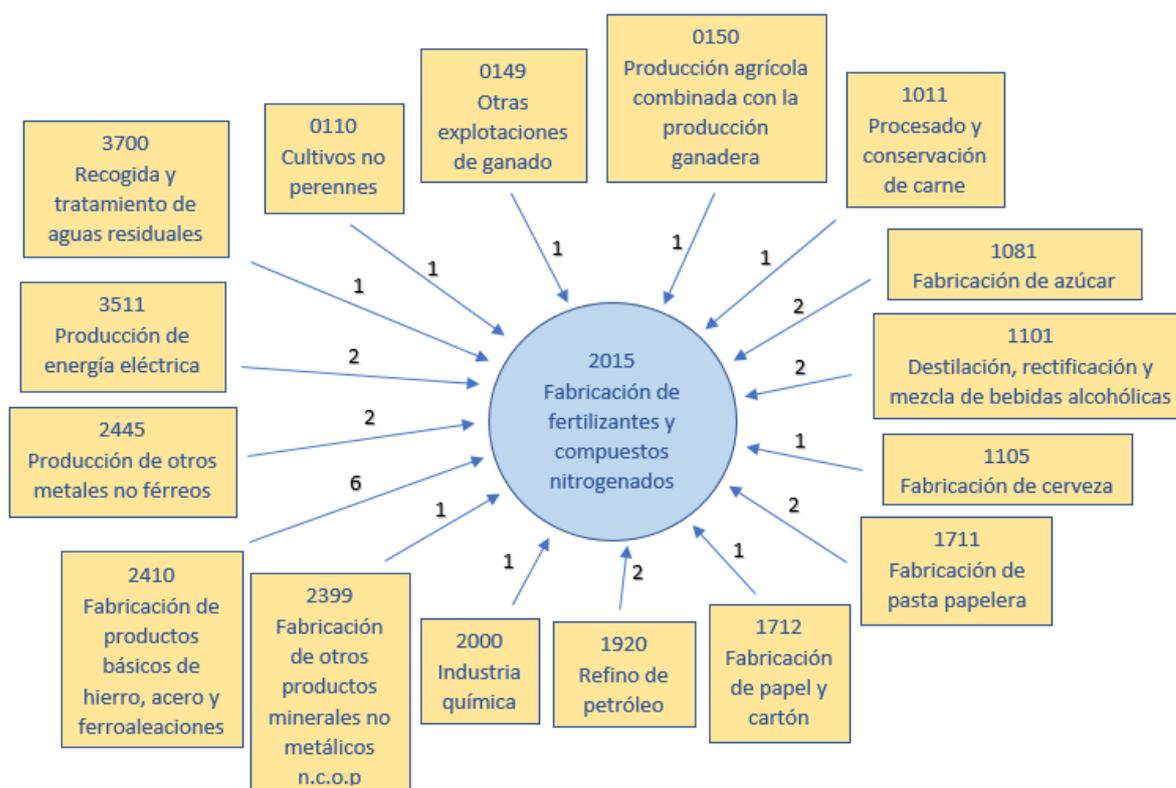


Figura 31. Estudio de las recepciones del sector de la fabricación de fertilizantes y compuestos nitrogenados.

En el caso de la fabricación de fertilizantes, las 9 donaciones que realiza son a 5 sectores distintos (Figura 24). Sin embargo, aprovecha varios residuos de 16 sectores distintos. Como hemos visto, es uno de los sectores registrados en la base de datos con mayor diversidad en sus recepciones. Esto supone una gran ventaja económica y medioambiental, evitando el consumo de materias primas gracias a la gran capacidad de aprovechamiento de residuos procedentes de otros sectores.

Cabe destacar su interacción con el sector de la fabricación de productos de hierro y acero, que triplica a la siguiente más cercana, de donde recibe gases de alto horno y vapor a alta temperatura que se usan para dar energía y calor al proceso de fabricación de amoniaco.

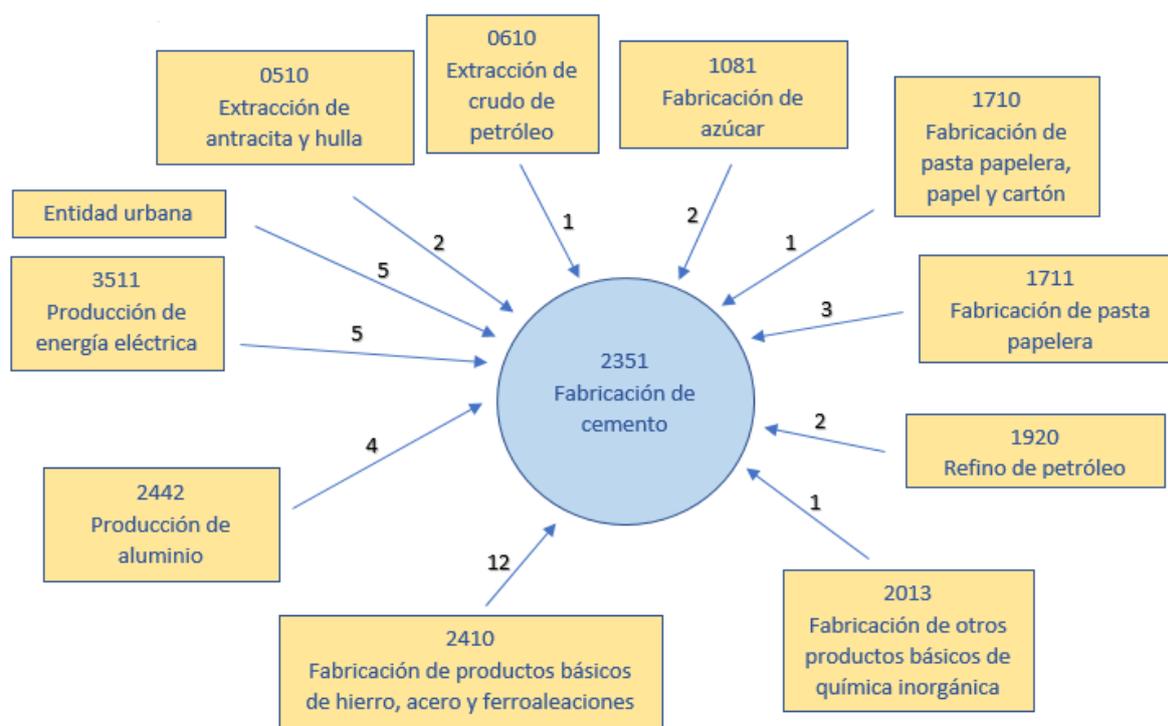


Figura 32. Estudio de las recepciones del sector de la fabricación de cemento.

El caso del sector del cemento da un dato curioso sobre lo que se está tratando. Es un sector que ha registrado más recepciones de residuos que el de la fabricación de fertilizantes (Figura 28). Con ese dato se podría haber afirmado que es uno de los sectores que mejor aprovechan los residuos, lo cual no deja de ser cierto. Sin embargo, si pasamos a analizar los sectores distintos de los que recibe (Figura 29), ya no es un sector tan destacado. Los 38 intercambios en los que se le registra como receptor, proceden de 11 sectores distintos conocidos. Las entidades urbanas, de las que no se tiene el código NACE, donan residuos en cinco ocasiones al sector del cemento.

Este hecho nos lleva a ver la fuerte relación que tiene con el sector de la fabricación de productos básicos de hierro, acero y ferroaleaciones, donde hasta en 12 intercambios aprovecha sus residuos, que normalmente son escorias de alto horno que son aprovechadas como aditivo en la producción de cemento.

Se han destacado estos tres casos por estar en los dos extremos posibles, lo que ha dado una oportunidad para encontrar datos interesantes sobre sus distribuciones. Mediante la observación conjunta del análisis, se llega a varias conclusiones:

- Existe una relación importante entre la metalurgia y la fabricación de cemento, un aspecto clave para aprovechar las escorias generadas en procesos térmicos.
- Destaca la importancia del sector de producción de energía eléctrica, que reutiliza gases de combustión para alimentarse, y a su vez proporciona energía residual a distintos sectores que la necesitan.
- El sector de la agricultura es un gran receptor, gracias a la necesidad de fertilizar los terrenos. Muchos residuos orgánicos procedentes de distintos sectores son útiles para ello.
- El sector que reúne a las empresas de tratamiento de residuos es clave, ya que en él se realizan procesos que permiten su reutilización posterior, por lo que es uno de los receptores más destacados.
- Participar en muchos intercambios no implica que sean variados. En ocasiones, una alta compatibilidad entre sectores provoca que se realicen muchos intercambios similares entre ellos.
- Participar en pocos intercambios no implica que no haya información útil. A lo largo del análisis, se han encontrado donantes y/o receptores con poca participación en intercambios, pero muy variada. Esto nos lleva a concluir que hay sectores que, a pesar de no ser destacados, proporcionan o reciben materiales de varios sectores distintos, estableciendo relaciones muy variadas.

Este análisis sirve como introducción al siguiente paso, más detallado, dentro de las interacciones.

3.2 Intercambios realizados en la red de Simbiosis Industrial

Se ha partido del análisis más general, el de la conectividad entre sectores, de cómo se relacionan, del número de intercambios que realizan. Se ha seguido con un análisis más concreto, el de la diversidad de sectores, que nos ha permitido ver las relaciones establecidas entre sectores distintos. Por lo tanto, se ha ido concretando esa nube de intercambios en sectores, en busca de información más valiosa, dando más importancia a los sectores con los que se interactúa que al número de veces que se hace. En este próximo paso, después de habernos centrado en los nodos de la nube de intercambios, se busca concretar en las flechas, en los productos que se intercambian.

Mediante la realización del análisis de los intercambios, se observarán todos los residuos registrados mediante su código EWC. Este código, como se comentó en su correspondiente apartado, no solo da información sobre el residuo producido por la empresa donante, sino que también la da sobre su procedencia. Eso implicará que, para un mismo código, frecuentemente veamos que su procedencia gire en torno a los mismos sectores.

Uno de los objetivos de este proyecto es encontrar formas de utilizar adecuadamente la información, y más si es abundante como en este caso. Además de utilizarla, también se pueden encontrar formas de simplificarla. El análisis de los residuos nos llevará a casos en los que se pueda simplificar, encontrando coincidencias mediante los códigos EWC y CPA y las relaciones entre empresas donantes y receptoras.

A lo largo de este análisis, se han abierto dos nuevas hojas en la base de datos (*Análisis de datos EWC-NACE* y *Análisis de datos EWC-CPA*), que permitan diferenciar estas fases del análisis de la fase anterior.

3.2.1 Análisis de la red de intercambios de recursos materiales

Antes de comenzar con este análisis, conviene recordar cómo son los códigos EWC y CPA y lo que representan, ya que serán los códigos que centralizarán este análisis.

En el caso del código de los residuos, el EWC (Comisión Europea, 2014), podemos ver las siguientes divisiones:

xx.xx.xx


xx  Capítulo (01-20): Agrupa a los residuos según su procedencia general.

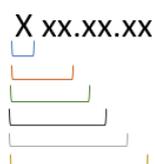
xx.xx  División (01-14): Agrupa a los residuos según la actividad en la que se generan dentro de su procedencia general.

xx.xx.xx  Subdivisión (01-99): Tipo concreto de residuo.

Figura 33. Divisiones del código EWC.

En los distintos análisis que se realizarán tomando como base este código, se utilizarán el primer y tercer nivel, en busca de encontrar una clasificación general según su procedencia y otra más concreta según el tipo de residuo.

Por otra parte, en el caso del código CPA de las materias primas (BOE, 2008), podemos ver las siguientes divisiones:

X xx.xx.xx


X  Sección (A-U): Agrupa las actividades del producto de forma muy general.

X xx  División (01-99): Agrupa las actividades del producto según su sector.

X xx.x  Grupo (1-9): Actividades genéricas dentro de cada división.

X xx.xx  Clase (1-9): Productos genéricos dentro de cada grupo.

X xx.xx.x  Categoría (1-9): Productos dentro de cada clase.

X xx.xx.xx  Subcategoría (1-9): Productos concretos dentro de cada categoría.

Figura 34. Divisiones del código CPA.

En los distintos análisis que se realizarán tomando como base este código, se utilizarán el segundo y sexto nivel, es decir, la división y la subcategoría. El objetivo es tener una clasificación general y otra concreta para realizar el análisis desde dos puntos de vista distintos.

En el capítulo previo relativo a los sectores industriales implicados en la red de intercambios, se partió de un mapa que mostraba las interacciones entre los sectores (*Figuras*

18 y 19). A lo largo del capítulo anterior se analizaron esas interacciones desde el punto de vista de los nodos del mapa, de los sectores.

En este capítulo, se procederá a analizar la información desde el punto de vista de las flechas de ese mapa, los propios materiales que se intercambian. Al igual que se hizo en el apartado anterior del análisis se ha realizado una red general, en este caso representando a las flechas de la nube, a los intercambios. En primer lugar, se ha hecho tomando sus dos primeras cifras en busca de una representación más general:

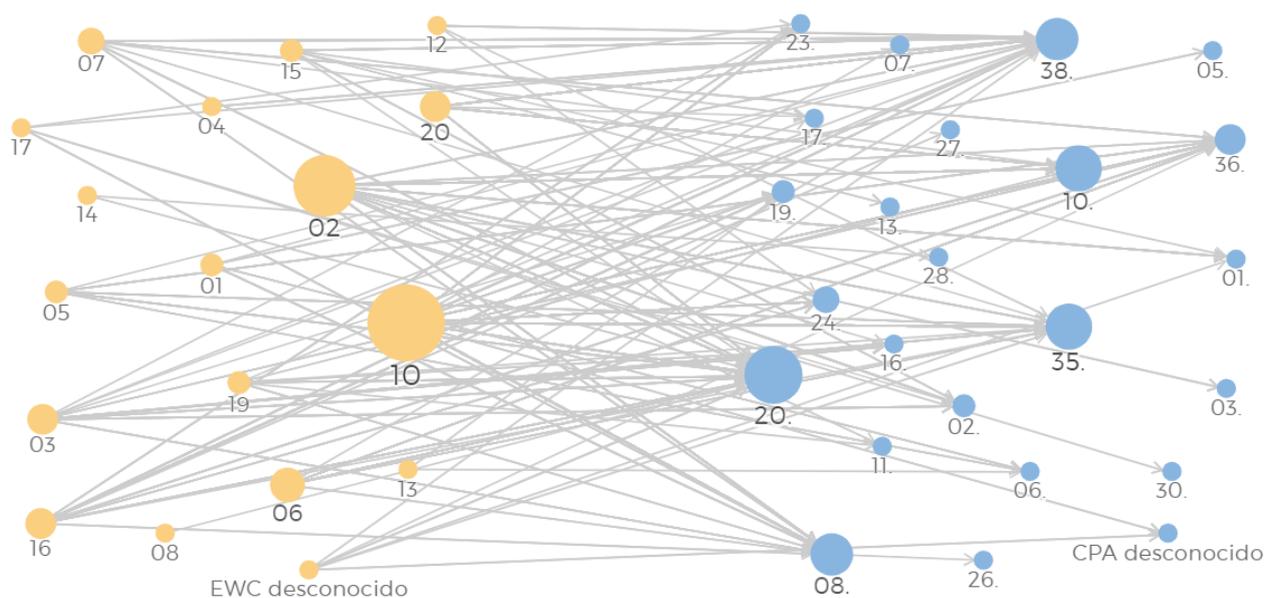


Figura 35. Red de residuos (código EWC, izquierda) y sus nuevos usos (código CPA, derecha) (2 cifras).

Observando este mapa genérico, podemos ver 18/20 tipos de residuos según su procedencia, donde destacan cuatro de ellos:

- 10: Residuos de procesos térmicos.
- 02: Residuos de la agricultura, caza, pesca y preparación y elaboración de alimentos.
- 06: Residuos de procesos químicos inorgánicos.
- 20: Residuos municipales.

Estos datos se podrán ver más detallados en el próximo sub apartado (3.2.2).

Por otra parte, podemos ver 24/99 tipos de materias primas distintas dependiendo del nuevo uso que se ha dado a los residuos, donde destacan cinco de ellas:

- 20: Productos químicos.
- 35: Energía eléctrica, gas y vapor.

- 10: Productos alimentarios.
- 38: Productos del tratamiento de residuos.
- 08: Minerales no metálicos.

Al igual que los residuos, estos datos se podrán ver más detallados en su correspondiente sub apartado (3.2.3).

En busca de un análisis más concreto, se ha realizado otro mapa (*Figura 36*) que nos muestra la esencia del intercambio, esas relaciones entre los códigos EWC y CPA que nos muestran el paso de un tipo de residuo a un nuevo uso para él como materia prima. Para ello, se han considerado los códigos EWC y CPA completos.

Conexiones entre residuos y materias primas

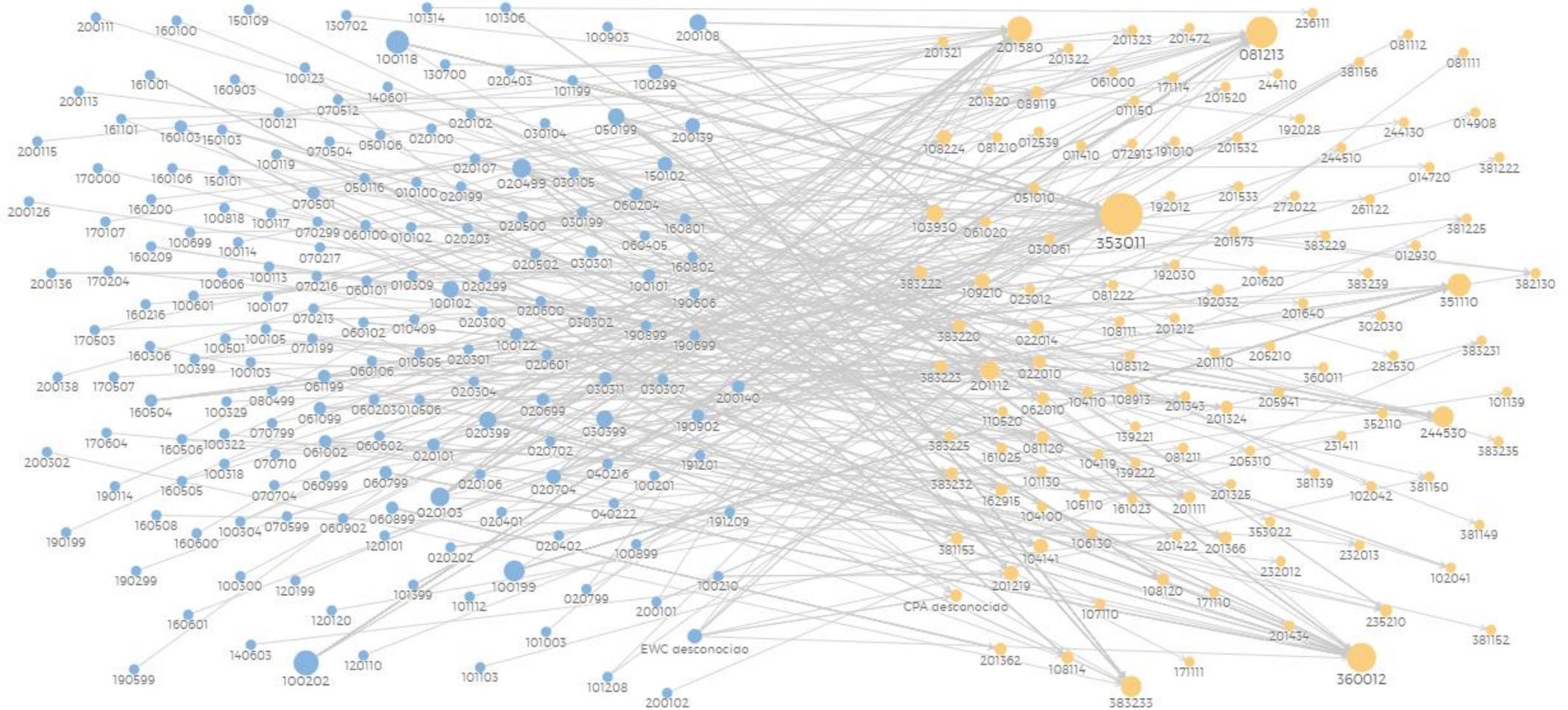


Figura 36. Red de residuos (código EWC, izquierda) y sus nuevos usos (código CPA, derecha) (6 cifras).

Esta gran red representa la esencia de los intercambios. A la izquierda, todos los residuos generados, cuyo diámetro es proporcional a las veces que aparecen. A la derecha, todos los nuevos usos registrados para cada uno de ellos, cuyo diámetro nos indica la frecuencia en la que se ha asignado ese nuevo uso a cada residuo.

Se han localizado 170 residuos conocidos en la base de datos, además de la categoría creada para reunir los 8 residuos desconocidos. Hay 89 residuos que aparecen en una sola ocasión, por lo que solo el 48% de los residuos aparecen más de una vez en distintos intercambios. Los residuos más destacados son el 100202 (escorias) y el 100118 (residuos de la depuración de gases), que se verán más en detalle en su correspondiente sub apartado (3.2.2). Aquí se ha encontrado una correspondencia, ya que el capítulo 10 del EWC de procesos térmicos había sido el más destacado en el primer mapa (*Figura 35*). El resto de residuos destacados de forma genérica según su procedencia tienen correspondencia en este mapa concreto (*Figura 36*), salvo los residuos de procesos químicos inorgánicos (06). Esto se debe a que es un código que no tiene residuos destacados, sino que tiene varios que aparecen de forma repetida (061002 y 061199 seis veces, 060204 y 060899 cinco veces, 060799 y 061099 cuatro veces, etc.).

Por otra parte, se han localizado 122 nuevos usos para los residuos, incluyendo la categoría para reunir las cuatro materias primas desconocidas. Hay 60 materias primas que solo aparecen una vez, por lo que prácticamente el 50% de las materias primas son únicas, mientras que el otro 50% aparecen más de una vez. Destacan a simple vista los códigos 353011 (vapor y agua caliente), 360012 (agua no potable) y 081213 (escorias destinadas a la construcción). Todas las categorías destacadas en el mapa genérico (*Figura 35*) tienen algún representante destacado en este mapa concreto (*Figura 36*), pero ocurre lo inverso a lo que se observó con los residuos. En el mapa detallado, aparece como destacada una materia prima (360012) cuya clasificación genérica (36) no está entre las destacadas del mapa genérico. Esto se debe a que es la división correspondiente al agua, que es una división con poca variedad de códigos, por lo que la mayor parte de ellos son reunidos por el código 360012 del agua no potable. Se pueden observar los datos con mayor detalle en su correspondiente sub apartado (3.2.3).

La red será disgregada en los próximos apartados, con el objetivo de extraer los datos más interesantes presentes en ella. Se verá con detalle tanto desde el punto de vista de los residuos como de las materias primas.

3.2.2 Análisis de residuos. Frecuencia y diversidad

Como se explicó anteriormente, el EWC tiene una relación directa con la procedencia del residuo. Las dos primeras cifras del EWC son las que marcan su procedencia, de forma más general. Las dos siguientes, detallan un poco más el sector concreto dentro de su procedencia. Finalmente, las dos últimas son las que detallan con más precisión qué tipo de residuo es (Figura 33).

Hay que recordar, como se hizo en apartados anteriores, que no todos los campos pudieron ser completados debido a falta de información. Como se explicó en la metodología (apartado 2.4.2), fueron completados 168 campos pertenecientes al código EWC de los residuos presentes en los intercambios. Para este análisis de residuos, solo quedaron 8 campos vacíos. Para ellos se ha creado un sector que los reúna (EWC desconocido). De esa forma, se consigue que este análisis conserve la base de 496 intercambios.

Análisis por código EWC según procedencia/capítulo (2 dígitos)

Para empezar, resulta interesante saber la procedencia de los 488 residuos conocidos y los 8 desconocidos, mediante la observación de las dos primeras cifras de sus códigos EWC:

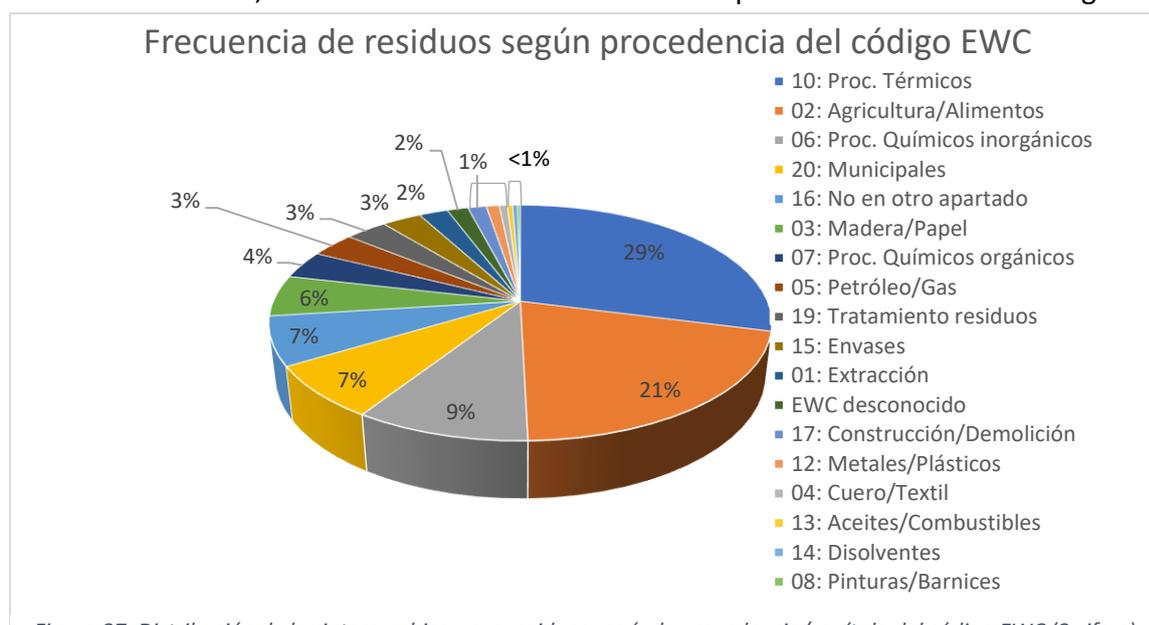


Figura 37. Distribución de los intercambios y sus residuos según la procedencia/capítulo del código EWC (2 cifras).

Como se dijo anteriormente, hay 18 grandes capítulos del EWC presentes en la base de datos que reúnen todos los residuos que veremos de forma más detallada próximamente.

Los dos grupos de residuos más destacados son:

- 10: Residuos de procesos térmicos (144/496 intercambios, 29%).
- 02: Agricultura, caza, pesca y preparación y elaboración de alimentos (102/496 intercambios, 21%).

Como se puede ver, solo estos dos grandes grupos suman el 50%. Los residuos procedentes de procesos térmicos y de la agricultura y elaboración de alimentos están presentes en la mitad de los intercambios registrados en la base de datos. Si esta selección la ampliamos a los residuos de procesos químicos inorgánicos, a los residuos municipales y a los residuos que no aparecen en otros apartados, prácticamente se abarcan tres cuartas partes de los intercambios. Cinco capítulos del código EWC reúnen un 73% de los residuos presentes en los intercambios, dejando la otra cuarta parte para los 13 capítulos restantes.

El hecho de que destaquen los residuos de procesos térmicos puede parecer lógico conociendo la preponderancia de la metalurgia como sector donante (*Figura 20*). Sin embargo, si observamos los residuos teniendo en cuenta los sectores que los generan y los reciben, se puede obtener más información que no se podría ver analizando simplemente las frecuencias.

Para ello, se ha hecho un gráfico combinado en el que se muestra el número de sectores NACE distintos, tomando sus dos primeras cifras, que generan o reciben cada tipo de residuo general:

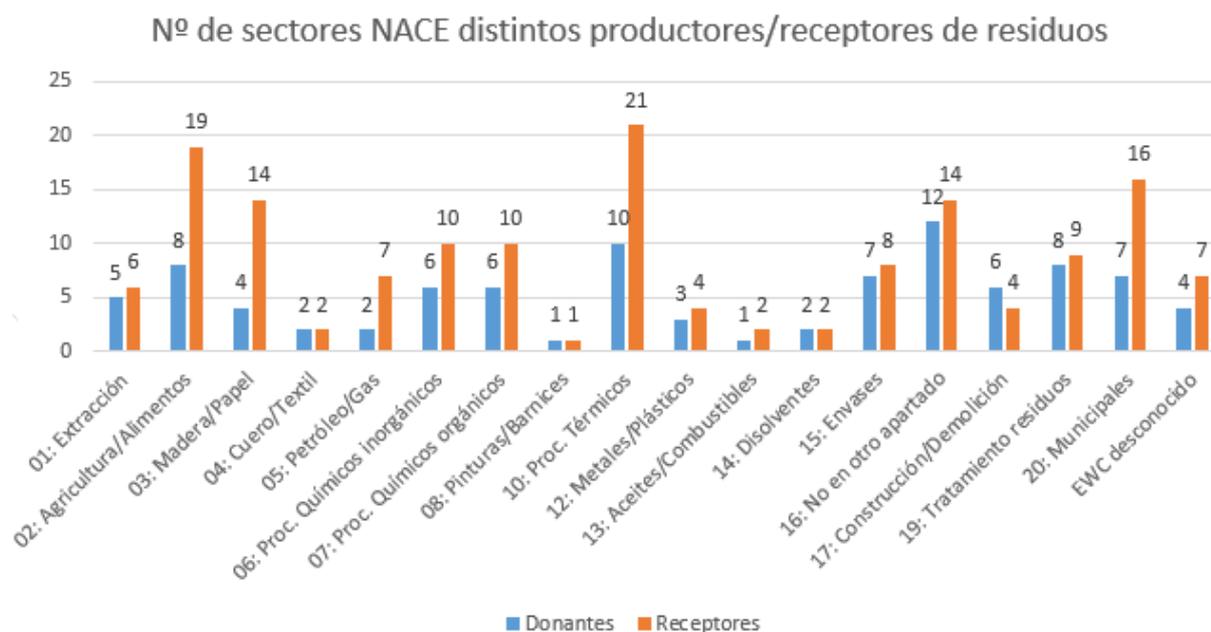


Figura 38. Número de sectores NACE distintos que generan/reciben cada tipo de residuo según código EWC general (2 cifras).

Desde el punto de vista de los donantes, resulta comprensible que el capítulo EWC 16 sea el más destacado, ya que es el que reúne a residuos que no están incluidos en otros apartados del código EWC. Por lo tanto, pasamos a centrarnos en el segundo, el capítulo EWC 10, que muestra los residuos procedentes de procesos térmicos. Un total de 10 sectores NACE generales diferentes producen estos residuos, lo que destaca a los procesos térmicos como un paso importante en la producción independientemente del sector industrial, como en la industria extractiva, química, metalúrgica, eléctrica, del papel, de la madera, del caucho o del cemento. Son procesos, y por lo tanto residuos generados, muy extendidos en la producción industrial.

Los residuos de agricultura y elaboración de alimentos (capítulo EWC 02), que forman parte de un 21% de los intercambios, son generados por 8 sectores distintos. Es un dato interesante el hecho de que sean los segundos residuos más frecuentes (*Figura 37*), teniendo en cuenta que las empresas del sector de la agricultura no estaban entre las más donantes (*Figura 20*). Esto se debe a que las empresas del sector de la alimentación eran las segundas más destacadas como donantes. Por ello, de los 102 intercambios en los que aparecen estos residuos, una buena parte de ellos proceden del sector de la alimentación. En concreto son 62, un 61%, frente a los 15 del sector de la agricultura (15%).

Desde el punto de vista de los receptores, se ve que los residuos de procesos térmicos (capítulo EWC 10), además de ser los más frecuentes, también son los más aprovechables por distintos sectores NACE receptores, tomando sus dos primeras cifras. Hasta 21 de ellos los aprovechan en algún intercambio. Una buena parte de esos residuos son escorias que se usan como aditivo para el cemento, pero también se usan para la construcción de carreteras o para la ingeniería civil. Otra buena parte de ellos es vapor, gases calientes, que se usan como energía en refinerías de petróleo, en la industria química o en diversas fábricas.

También destacan los 19 sectores a los que van a parar los residuos de la agricultura. Al ser residuos que se pueden usar como fertilizantes, como fuente de energía, como alimentos para animales o como fuente de diversas sustancias, son fácilmente aprovechables. Además, también destacan los residuos municipales (capítulo EWC 20) y los residuos de madera y papel (capítulo EWC 03), con 16 y 14 sectores receptores distintos que los aprovechan respectivamente. Los residuos municipales son muy variados, ya que engloban residuos como plásticos, ropa, baterías, pintura, tierras, etc. El hecho de tener tanta diversidad de residuos implica que sean aprovechados por una gran variedad de sectores. Los residuos de madera y papel son aprovechables por varios sectores porque se utilizan frecuentemente para obtener energía.

En el lado opuesto hay otros tipos de residuos que, aunque también tienen cierta diversidad en su aprovechamiento, esta desciende mucho considerando la frecuencia en la que aparecen. El capítulo EWC 06, referente a los residuos de procesos químicos inorgánicos, es el tercero más frecuente en la base de datos, con 47 apariciones. Sin embargo, en este último gráfico (*Figura 38*) vemos que es el sexto grupo de residuos más aprovechado, por 10 sectores receptores distintos. Que un residuo sea más frecuente suele implicar que también tenga más utilidades, pero llama la atención que uno de los más repetidos tenga menos usos que los demás. Normalmente, los residuos del capítulo EWC 06 son fertilizantes, gases o agua de procesos químicos que van a parar en su mayoría a la industria química y centrales eléctricas en forma de energía. Es decir, son unos residuos que en buena parte de los casos se mueven entre empresas del mismo sector, el sector químico (división NACE 20).

Observando los datos en conjunto, se puede ver que los residuos más frecuentes también son los que tienen una mayor diversidad en su aprovechamiento por sectores NACE generales.

Análisis por subdivisión EWC (6 dígitos)

En primer lugar, se han estudiado los residuos tomando sus dos primeras cifras, en busca de una visión más general. Sin embargo, también resulta interesante verlos de la forma más detallada, teniendo en cuenta el código EWC completo. Para representar de forma detallada los 171 residuos detectados, se ha reproducido el siguiente mapa de frecuencias detallado:

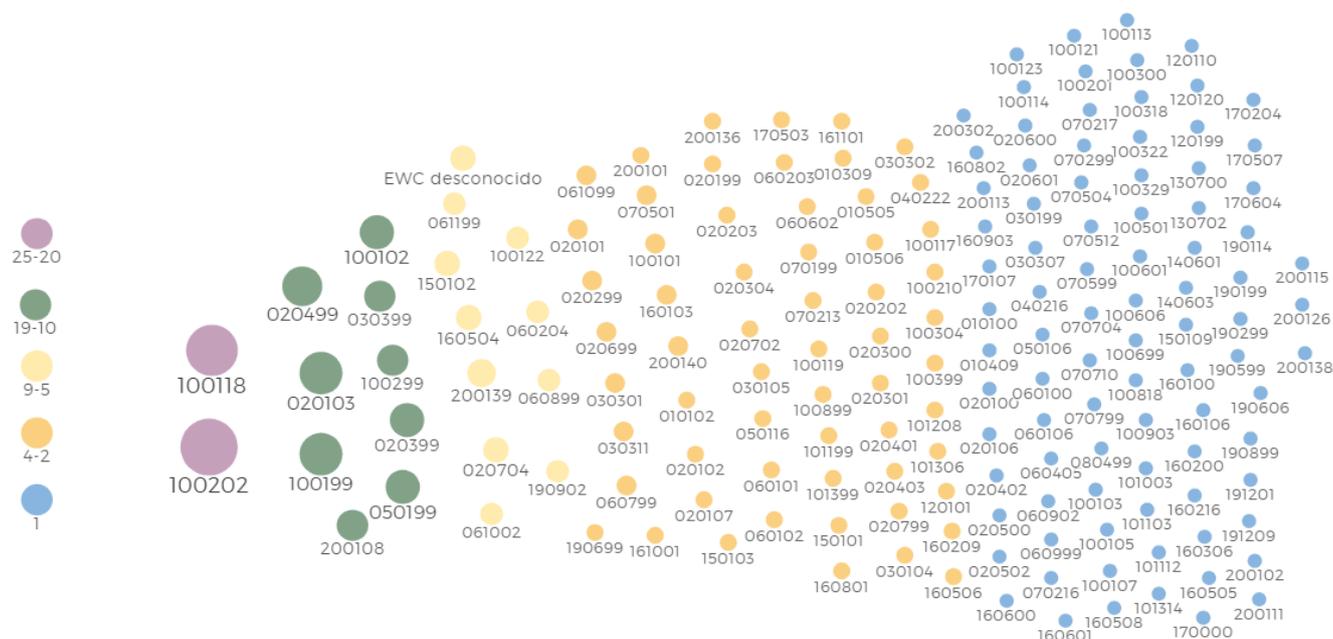


Figura 39. Número de intercambios en los que aparece cada residuo, según código EWC específico (6 cifras).

Los 89 residuos que solo aparecen en un intercambio tienen su propia categoría, en color azul, lo que automáticamente los sitúa como residuos presentes en sinergias únicas que no tienen ninguna repetición a lo largo de la base de datos.

Los dos residuos más destacados proceden de procesos térmicos:

- 100202: Escorias no tratadas de la industria del hierro y del acero.
- 100118: Residuos procedentes de la depuración de gases que contienen sustancias peligrosas, de centrales eléctricas y otras plantas de combustión.

Por ello, los dos residuos más destacados provienen de dos de los tres donantes más frecuentes, del sector de la metalurgia (división NACE 24) y del de la energía eléctrica (división NACE 35).

El segundo grupo de residuos más destacado, el 02, no tiene ningún residuo concreto en el rango más importante, pero sí tiene tres residuos en el segundo rango (entre 10 y 19 intercambios):

- 020103: Residuos de tejidos de vegetales de la agricultura.
- 020399: Residuos generales de la producción de alimentos.
- 020499: Residuos generales de la fabricación de azúcar.

Como se puede ver, los dos primeros códigos representan a residuos más genéricos. Sin embargo, el código 020499 destaca por estar referido a la fabricación de un producto en concreto, el azúcar. Esto se puede conectar con el dato obtenido en el apartado anterior (3.1.2), donde se ve que las empresas pertenecientes al sector de la fabricación de azúcar (clase NACE 1081) son las cuartas que más donaciones tienen registradas (*Figura 23*).

Al igual que se hizo anteriormente con el código EWC genérico (*Figura 38*), se han recopilado todos los sectores NACE distintos que producen un mismo residuo concreto, en este caso considerando los códigos EWC y NACE completos. El objetivo es comprobar cómo un mismo residuo, a pesar de que su código limita su procedencia, puede ser producido por varios sectores NACE distintos.

Hay casos en los que el código EWC marca el tipo de proceso en el que se genera el residuo, pero ese mismo proceso puede ser utilizado en varios sectores NACE distintos. A continuación, se muestra el mapa que enseña cuántos sectores NACE distintos producen cada residuo, considerando los códigos EWC y NACE completos:

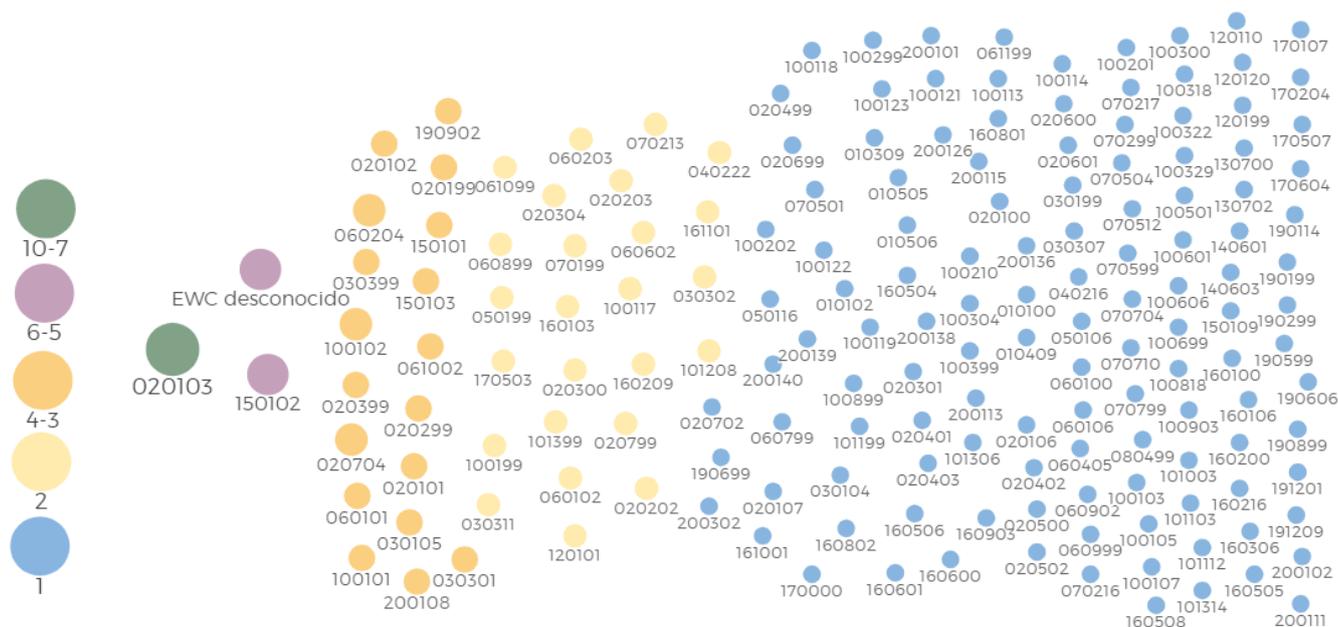


Figura 40. Número de sectores NACE distintos (4 cifras) que producen cada residuo, según el código EWC específico (6 cifras).

Como se puede comprobar, para este tipo de mapas no se ha aplicado un intervalo numérico para las dos últimas clasificaciones en la leyenda, sino que directamente se indican los residuos que son generados por uno y dos sectores NACE distintos. Esto tiene dos razones:

- Al estar detallando el análisis cada vez más, los resultados numéricos cada vez son más pequeños y los intervalos presentes en las leyendas cada vez son menores. Hay un gran número de residuos que solo son producidos por uno o dos sectores, por lo que esta es una forma de representarlos claramente.
- En esta fase del análisis resultan igual de interesantes los casos más destacados y los que menos. Por ejemplo, como se ha visto en las Figuras 39 y 40, los residuos que solo aparecen en una ocasión nos están mostrando sinergias únicas, que no sufren ninguna repetición. Esto se podrá ver con más detalle en el próximo apartado.

En este caso, también hay dos residuos destacados por ser producidos por más sectores NACE distintos:

- 020103: Residuos de tejidos de vegetales, procedentes de la agricultura o preparación y elaboración de alimentos.
- 150102: Envases de plástico.

El primero de ellos es producido por nueve sectores NACE distintos, mientras que el segundo es producido por seis, siempre considerando el código NACE completo de cuatro cifras.

Sin embargo, estos sectores NACE concretos, de cuatro cifras, pueden pertenecer a la misma rama o a distinta, considerando sus divisiones NACE de dos cifras. Por ello, resulta interesante estudiar la procedencia de cada residuo frente a las dos primeras cifras del código NACE.

Tratando estos datos llegamos a observar que, de los seis sectores NACE que producen como residuo los envases de plástico, cinco pertenecen a ramas distintas. Por lo tanto, los envases de plástico son los residuos que se generan en más ramas distintas de la producción. Las cinco divisiones NACE registradas en la base de datos de los que proceden son:

- 01: Agricultura, ganadería, caza y servicios relacionados con las mismas.
- 10: Industria de la alimentación.

- 18: Artes gráficas y reproducción de soportes grabados.
- 20: Industria química.
- 25: Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo.

De esto se concluye que es un residuo muy extendido, por lo que hay que tener especial precaución con él.

Sin embargo, de los nueve sectores NACE que generan tejidos de vegetales, solo se localizan tres grandes ramas:

- 01: Agricultura, ganadería, caza y servicios relacionados con las mismas.
- 10: Industria de la alimentación.
- 03: Pesca y acuicultura.

Son ramas que se ajustan mucho más al tipo de residuo, es un residuo localizado.

Los residuos son aprovechados por los receptores directamente como materias primas, o después de haber realizado un tratamiento. El análisis de las materias primas se realizará en el siguiente apartado (3.2.3), pero también se puede hacer un estudio sobre el aprovechamiento de los residuos según su código EWC por las empresas receptoras. En el siguiente mapa podemos ver cuántos sectores NACE distintos se aprovechan de los residuos producidos por otros, también considerando los códigos EWC y NACE completos:

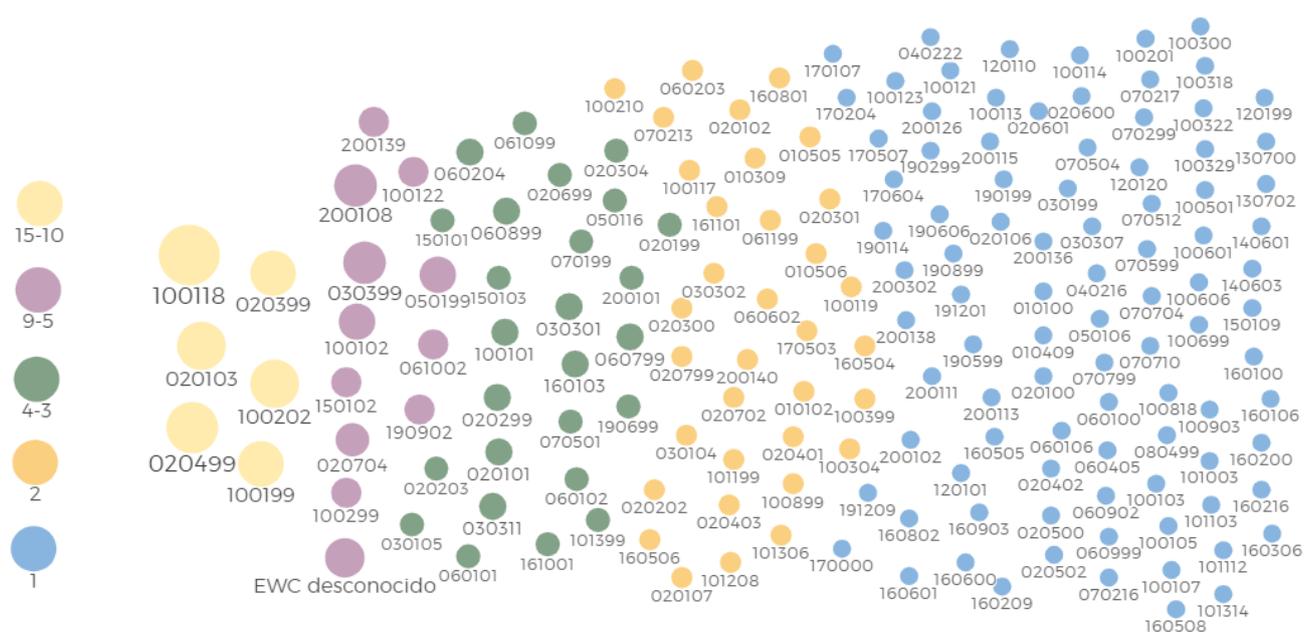


Figura 41. Número de sectores NACE distintos (4 cifras) que reciben cada residuo, según el código EWC específico (6 cifras).

Como es lógico, en este mapa hay resultados numéricos más altos porque los residuos no tienen con los receptores la vinculación que tienen con los donantes. En este análisis se ha decidido resaltar los seis residuos más repetidos, ya que son los que representan un alto nivel de aprovechamiento y una mayor diversidad, al ser aprovechables en sectores distintos:

- 100118: Residuos procedentes de la depuración de gases que contienen sustancias peligrosas. Generado en 22 ocasiones y aprovechado por 14 sectores distintos. Al ser un residuo procedente de la depuración de gases, es altamente aprovechable para obtener energía, sobre todo en forma de calor.
- 020499: Residuos generales de la fabricación de azúcar. Generado en 16 ocasiones y aprovechado por 12 sectores distintos. Es un residuo general de la producción de azúcar, que se puede aprovechar en la agricultura, en la destilación de alcohol, en la industria química e incluso en la construcción.
- 020103: Residuos de tejidos de vegetales. Generado en 17 ocasiones y aprovechado por 11 sectores distintos. Son residuos de tejidos de vegetales, que ya destacaron entre los producidos por más sectores distintos (*Figura 40*). Son residuos que pueden usarse como combustible o para extraer algún tipo de sustancia de ellos, por lo que tienen aplicaciones variadas en la agricultura, alimentación, química o en centrales eléctricas.
- 020399: Residuos generales de la producción de aceites, cereales y conservas, entre otros. Generado en 12 ocasiones y aprovechado por 10 sectores distintos. Casi tiene un 100% de diversidad en sus nuevos usos.
- 100202: Representa a las escorias no tratadas de la industria del hierro y del acero. Generado en 25 ocasiones y aprovechado por 10 sectores distintos. Teniendo en cuenta que es el residuo más repetido, no tiene una gran diversidad, lo que se debe a que hay un gran número de casos en los que es intercambiado entre los mismos sectores, producción de acero (2410) y fabricación de cemento (2351).
- 100199: Residuos generales de procesos térmicos realizados en centrales eléctricas y otras plantas de combustión. Generado en 18 ocasiones y aprovechado por 10 sectores distintos. Al ser un residuo general de un tipo de proceso muy extendido en la industria, es normal que esté entre los tres residuos más generados y en el grupo de residuos aprovechados por más sectores distintos.

Estos seis residuos destacan por ser altamente aprovechables por otros sectores.

3.2.3 Análisis del nuevo uso de los residuos como materias primas

Análisis por divisiones CPA (2 dígitos)

Una vez estudiados los residuos puede pasarse a analizar el nuevo uso que se les da en las empresas receptoras, es decir, su uso como materias primas. En la base de datos, aparecen un total de 24 divisiones distintas de códigos CPA, tomando sus dos primeras cifras, de los 99 listados. Estas divisiones representan a grandes rasgos los nuevos usos dados a los residuos estudiados anteriormente.

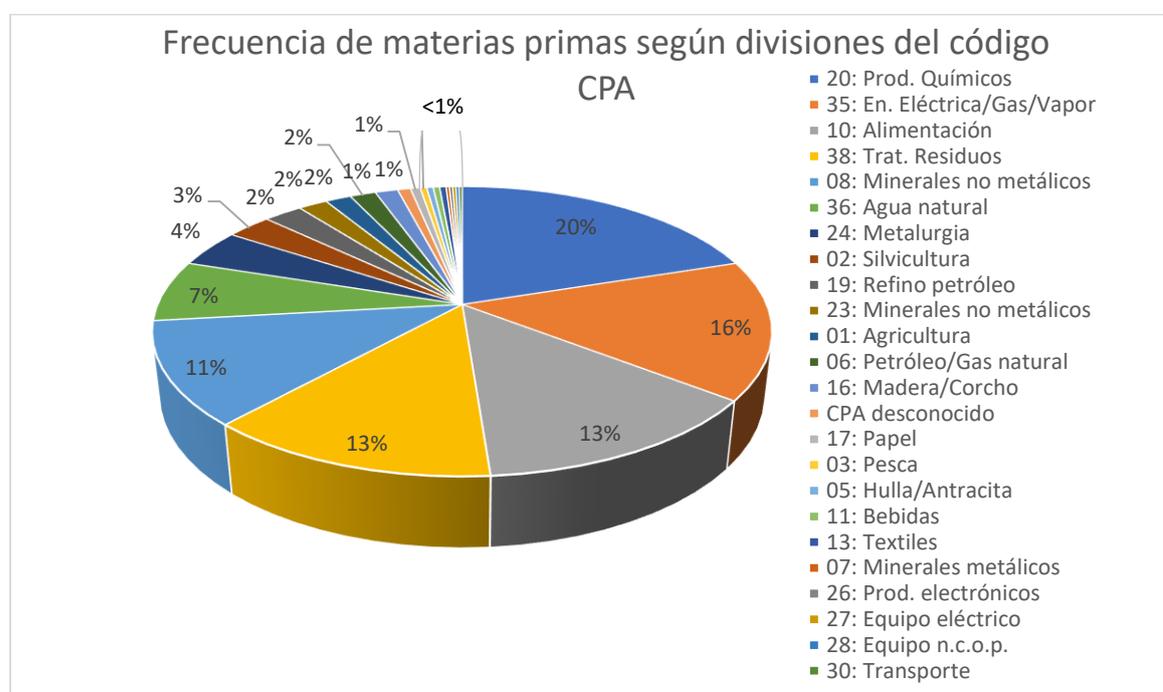


Figura 42. Distribución de los intercambios según el nuevo uso final, por código CPA (2 cifras).

Observando el gráfico, se pueden destacar cinco grandes grupos para detectar los nuevos usos más frecuentes:

- 20: Productos químicos (99/496 intercambios, 20%).
- 35: Energía eléctrica, gas y vapor (77/496 intercambios, 16%).
- 10: Productos alimenticios (66/496 intercambios, 13%).
- 38: Tratamiento de residuos (64/496 intercambios, 13%).
- 08: Minerales no metálicos (57/496 intercambios, 11%).

Una quinta parte de los nuevos usos registrados pertenecen a productos químicos. Esto tiene sentido observando que las empresas receptoras más destacadas son las del sector químico, con un 18% de las recepciones registradas (*Figura 25*). También hay correspondencia en los nuevos usos como energía eléctrica, ya que es otro de los sectores destacados como receptores (*Figura 25*).

Sin embargo, en el caso de las divisiones CPA 10, 38 y 08 no hay una correspondencia directa con los sectores NACE destacados de las empresas receptoras. Son materias primas que también son muy utilizadas por otro tipo de sectores, no solo por los sectores NACE correlativos a ellas (*Figura 43*).

Para observar este hecho con mayor facilidad, se puede realizar un gráfico en el que se vea el número de divisiones NACE distintas que utilizan cada tipo de materia prima existente, considerando las dos primeras cifras del NACE y del CPA:

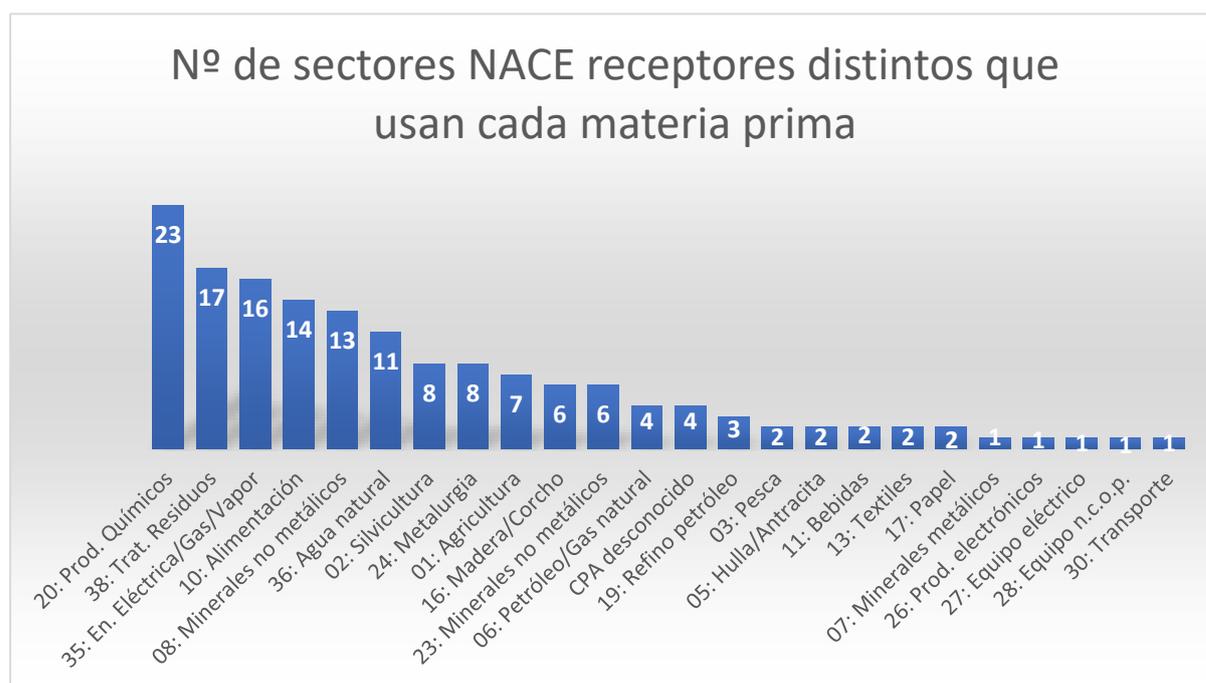


Figura 43. Número de sectores NACE receptores distintos que usan cada materia prima, según el código CPA (2 cifras).

Observando las dos últimas figuras, vemos que hay coincidencias en los cinco códigos más destacados. Respecto a las explicaciones dadas anteriormente:

- Las materias primas correspondientes a productos químicos (división CPA 20) son utilizadas por 23 sectores NACE distintos, pero en 36 de 99 casos (36%), son utilizadas por la división NACE 20 del sector químico, lo que hace que destaque como receptor

(Figura 25). Los productos químicos son utilizados en menor medida por el resto de sectores.

- Las materias primas correspondientes a la energía eléctrica, gas y vapor (división CPA 35) son utilizadas por 16 sectores NACE distintos en los 77 intercambios en los que aparecen. Solo en 12 ocasiones se utilizan en el sector de la energía (división NACE 35), por lo que las 65 ocasiones restantes van a parar a 15 sectores NACE distintos. La energía es clave en cualquier sector empresarial, y por eso es tan utilizada.
- Las materias primas procedentes del tratamiento de residuos (división CPA 38) son variadas, y son utilizadas por 17 sectores NACE distintos en los 64 intercambios en los que aparecen. En 19 ocasiones son utilizadas por el sector de la metalurgia (división NACE 24).
- Las materias primas correspondientes a productos alimentarios (división CPA 10) son utilizadas por 14 sectores NACE distintos en los 66 intercambios en los que aparecen. Su uso está muy repartido entre los distintos sectores NACE, entre los que destacan la división NACE 10 de la alimentación y la división NACE 19 del refinado de petróleo con 10 intercambios.
- Las materias primas correspondientes a minerales no metálicos (división CPA 08) son utilizadas por 13 sectores NACE distintos en los 57 intercambios en los que aparecen. En 30 de esos casos (53%), son utilizadas en su mismo sector, el de la fabricación de productos minerales no metálicos (división NACE 08).

Análisis por subcategorías CPA (6 dígitos)

Una vez analizados los códigos CPA de forma general, se pueden tratar desde su extensión completa. Se han detectado un total de 122 nuevos usos, representados por sus correspondientes códigos CPA completos, para los residuos generados en los 496 intercambios realizados. Estos 122 nuevos usos aparecen con la frecuencia mostrada en el siguiente mapa:

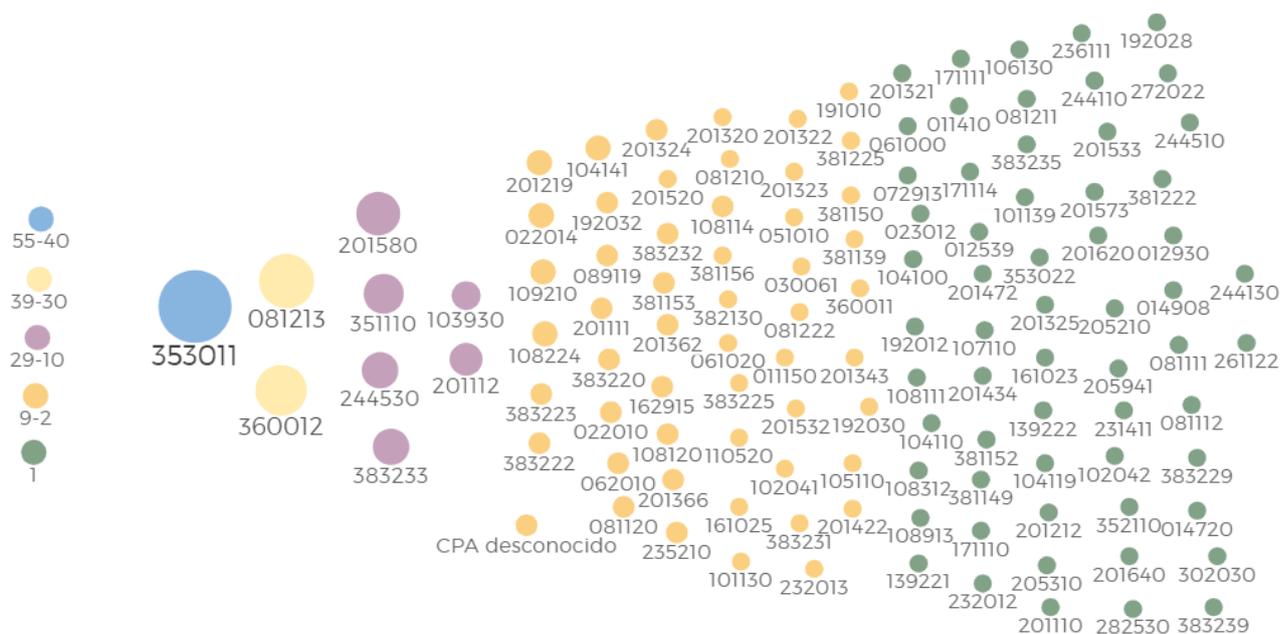


Figura 44. Número de intercambios en los que aparece cada nueva materia prima, según el código CPA específico (6 cifras).

Al igual que se hizo con los mapas de residuos (*Figuras 39, 40 y 41*), hay uno de los niveles en la leyenda que no es un intervalo, sino que es una categoría exclusiva para aquellas materias primas que solo aparecen una vez, ya que son intercambios en los que se crea una sinergia única y conviene destacarlos. Hay 60 materias primas que forman parte de esta categoría.

La materia prima más repetida es:

- 353011: Vapor y agua caliente.

Es utilizada por los receptores en 53 intercambios. Es una materia prima muy extendida, perteneciente al grupo genérico de la energía, gas y vapor (división CPA 35). Muchos de los residuos son calor residual, o productos que pueden ser incinerados para obtener calor, y dan lugar a este tipo de materia prima. También destacan:

- 081213: Mezclas de escoria destinadas a la construcción.

- 360012: Agua no potable.

El código correspondiente al agua no potable destaca de forma individual, pero no de forma colectiva tomando sus dos primeras cifras. La división CPA 36 de suministro de agua prácticamente no tiene subcategorías, por lo que el agua no potable es la materia prima más solicitada de ella, y el resto de sus subcategorías prácticamente no tienen presencia (*Figura 42*).

En el tercer intervalo, el de 10 a 29 intercambios, aparece una subcategoría CPA (351110, de energía eléctrica) perteneciente a la misma división CPA que la materia prima más repetida (353011). Además, aparecen dos subcategorías CPA (201580 de fertilizantes animales o vegetales y 201112 de dióxido de carbono) pertenecientes a la división CPA 20 de productos químicos. El resto de materias primas presentes en ese intervalo pertenecen a divisiones CPA distintas (10, 24 y 38) que, junto a las presentes en el segundo intervalo (08 y 36), nos permite ver que son divisiones CPA que tienen una sola materia prima concreta que destaca por encima de las demás presentes en su misma división CPA. Solo destaca una subcategoría CPA de cada una de las divisiones CPA, el resto están repartidas entre los intervalos más bajos.

Para saber si son materias primas que, además de ser muy utilizadas, lo son por un gran número de sectores, conviene hacer un mapa que indique los sectores NACE distintos que aprovechan cada una de las materias primas, considerando los códigos CPA y NACE completos:

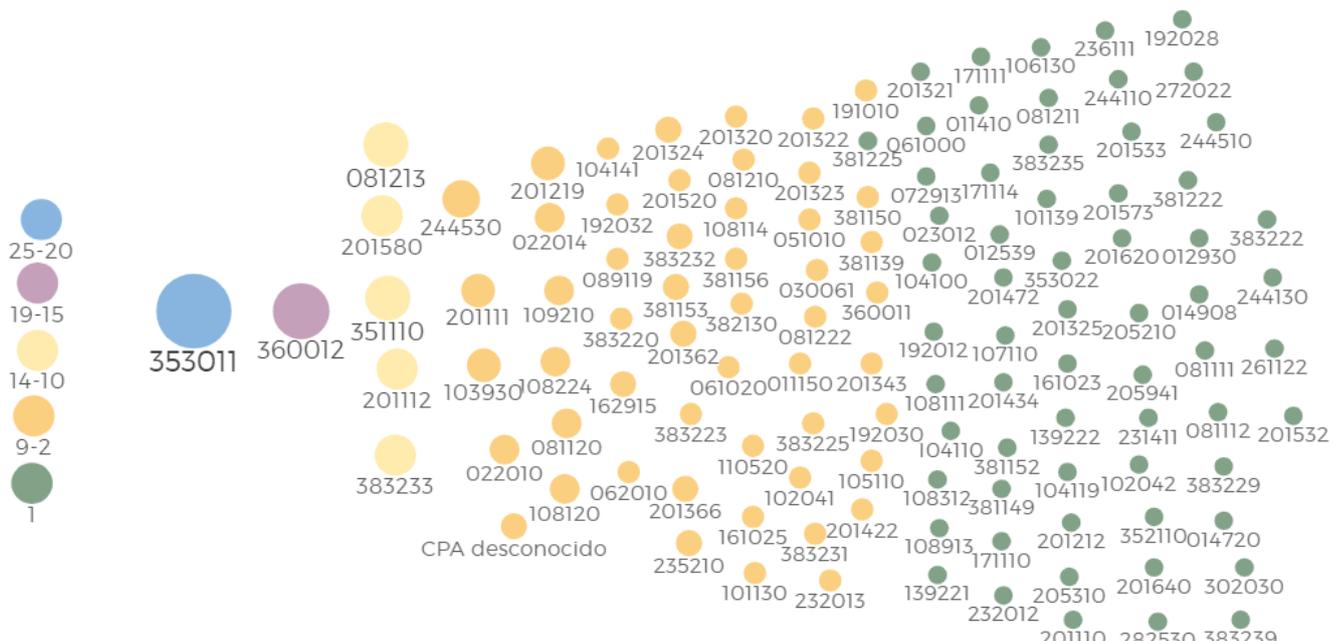


Figura 45. Número de sectores NACE distintos (4 cifras) que reciben cada materia prima, según el código CPA específico (6 cifras).

Observando el mapa, se confirma la similitud entre las materias primas más repetidas y el número de sectores distintos que las aprovechan:

- 353011: El vapor y agua caliente es utilizado por 25 sectores distintos en los 53 intercambios en los que aparece. Entre ellos destacan las centrales eléctricas (clase NACE 3511), con ocho intercambios en los que utiliza esta materia prima. La necesidad de energía en forma de calor de las empresas hace que sea una materia prima muy extendida.
- 360012: El agua no potable es utilizando por 17 sectores en los 32 intercambios en los que aparece. Entre ellos también destacan las centrales eléctricas (clase NACE 3511), con diez utilizations de esta materia prima.

Además de estos dos casos destacados, también se han encontrado materias primas que han bajado de categoría en el mapa respecto a lo mostrado en el mapa del número de intercambios (*Figura 44*), debido a que su utilización está más centralizada:

- 081213: Las escorias destinadas a la construcción, utilizadas por 13 receptores en 36 intercambios, son un tipo de materias primas limitadas. Están principalmente destinadas a la construcción, y en más de 20 intercambios van a parar a empresas de ese sector (clases NACE 2351 y 2361).
- 244530: Los metales no féreos también son ampliamente utilizados en la construcción, en más de la mitad de los 18 intercambios registrados en los que aparecen.

Observando el resto de datos obtenidos, se pueden resaltar dos casos totalmente opuestos en cuanto a su diversidad:

- 201111: Código correspondiente a gases como el hidrógeno o el oxígeno. Aparecen en siete ocasiones y en todas ellas son utilizados por sectores NACE distintos, como refinerías, producción de gases, de químicos o centrales eléctricas de carbón. En cuatro de esos siete intercambios son utilizados por sectores pertenecientes a la división NACE 20 de la industria química.
- 383222: Código que representa a las materias primas secundarias de metales féreos. En los siete intercambios en los que aparecen, son utilizadas por el mismo sector, el

de la producción de hierro y acero (clase NACE 2410). Son unas materias primas muy limitadas y con una baja diversidad.

Mediante este análisis de materias primas hemos podido ver si son más o menos frecuentes, o si son más o menos utilizadas por distintos sectores. Esto nos lleva a la conclusión de que, tanto el vapor (subcategoría CPA 353011) como el agua (subcategoría CPA 360012), son claves a la hora de ser reutilizados. Son dos productos muy necesitados por las empresas, independientemente de su sector. También se han encontrado casos de materias primas bastante localizadas en tipos concretos de sectores, como ocurre con las escorias para la construcción (subcategoría CPA 081213) o los productos férreos para la fabricación de hierro y acero (subcategoría CPA 383222).

3.2.4 Análisis conjunto y recomendaciones

Se han realizado mapas y gráficos para representar y analizar las características de los distintos residuos y materias primas que aparecen en la base de datos. El objetivo era encontrar los residuos más aprovechables, los sectores que los generaban en mayor medida y aquellos que podían reutilizarlos de una forma más adecuada. También se quería encontrar las materias primas más extendidas, después de haber dado un nuevo uso a los residuos, y aquellas que pueden ser utilizadas por un mayor número de sectores distintos o las que están localizadas en sectores concretos.

De todos los datos analizados, se llega a los siguientes puntos de interés:

- Los residuos más frecuentes, con 144 intercambios que suponen un 29% del total, son los pertenecientes a procesos térmicos. Además, analizando los residuos de forma concreta, vemos que los tres más frecuentes también pertenecen a procesos térmicos: las subdivisiones EWC 100202 de escorias (25 intercambios), 100118 de depuración de gases (22 intercambios) y 100199 de centrales eléctricas (18 intercambios).
- Además, los residuos de procesos térmicos también son los generados y recibidos por más sectores NACE distintos (2 dígitos), siendo generados por 10 divisiones y aprovechados por 21 divisiones NACE distintas. El residuo generado por más sectores distintos es el 020103 de residuos de tejidos de vegetales, generado por un total de

nueve sectores NACE donantes. Por otra parte, el residuo aprovechado por más sectores distintos es el 100118 de depuración de gases, aprovechado por 12 sectores NACE receptores.

- En cuanto a las materias primas, considerando sus dos primeras cifras, destacan las pertenecientes a productos químicos. En un total de 99 intercambios, un 20% del total, las materias primas de la división CPA 20 de productos químicos son aprovechadas por las empresas receptoras. También son las aprovechadas por un mayor número de sectores NACE receptores distintos, siendo utilizadas por un total de 23 divisiones NACE distintas (2 dígitos).
- Analizando las materias primas una a una, mirando el código CPA completo, la más destacada es la subcategoría CPA 353011 de vapor y agua caliente, que aparece en 53 intercambios, un 11% del total. Además, también es la materia prima aprovechada por un mayor número de sectores NACE distintos, considerando el código NACE completo de 4 dígitos, siendo utilizada por 25 de ellos.

En el análisis de forma conjunta de los residuos y su nuevo uso como materias primas, también se pueden destacar nuevos datos encontrados: los distintos nuevos usos detectados para cada uno de los residuos registrados. De esta forma, podremos ver las posibilidades que tienen los residuos de formar parte de distintas materias primas.

En la base de datos, se han registrado 171 residuos distintos según su código EWC. Solo tres de ellos llegan a la cifra de siete nuevos usos registrados:

- 020499: Residuos generales de la elaboración de azúcar.
- 030399: Residuos generales de la producción y transformación de pasta de papel, papel y cartón.
- 050199: Residuos generales del refino de petróleo.

La mejor forma de tener una idea de la utilidad de estos residuos, es ver los distintos nuevos usos que les han sido asignados por las empresas receptoras.

Para el caso de los residuos 020499 de la elaboración de azúcar se ha encontrado una coincidencia, y es que las empresas de fabricación de azúcar ya destacaron por ser buenas donantes, proporcionando residuos a una gran variedad de sectores receptores (*Figura 24*).

Ahora, podemos ver que los residuos de la fabricación de azúcar también destacan por sus diversos nuevos usos, según el código CPA, como materia prima de:

- 023012: Goma laca, bálsamos y otras gomas y resinas naturales (1 intercambio).
- 108111: Azúcar de caña o de remolacha en estado sólido (1 intercambio).
- 108114: Melazas para fertilizar (4 intercambios).
- 108120: Pulpa de remolacha y bagazo para saneamiento del suelo (6 intercambios).
- 201112: Dióxido de carbono para el crecimiento de plantas (2 intercambios).
- 352110: Gases residuales para hacer funcionar calderas (1 intercambio).
- 353011: Vapor como forma de calor para el cultivo (1 intercambio).

De los residuos de la elaboración de azúcar se obtienen siete materias primas distintas, pertenecientes a cuatro divisiones CPA (02 de explotación forestal, 10 de alimentación, 20 de productos químicos y 35 de energía eléctrica). Destacan los nuevos usos para saneamiento del suelo (subcategoría CPA 108120), que se repite en seis ocasiones.

Para el caso de los residuos 030399 de la producción y transformación de la pasta de papel, papel y cartón, se observan los siguientes nuevos usos:

- 201112: Dióxido de carbono para una planta de carbonato de calcio (1 intercambio).
- 201323: Metales para la recuperación de álcali (1 intercambio).
- 235210: Cal para la producción de cemento (1 intercambio).
- 351110: Energía eléctrica para plantas de carbonato de calcio, dióxido de cloro y papel (3 intercambios).
- 353011: Vapor para una planta de acuicultura (1 intercambio).
- 360012: Agua no potable para la producción de bloques, de pulpa y para puertos (3 intercambios).
- 381152: Residuos para una planta de carbonato de calcio (1 intercambio).

Se obtienen siete nuevos usos distintos, pertenecientes a cinco divisiones CPA distintas (20 de productos químicos, 23 de minerales no metálicos, 35 de energía eléctrica, 36 de agua natural y 38 de tratamiento de residuos). Destacan los nuevos usos como agua no potable (subcategoría CPA 360012), repetido en tres ocasiones.

Para el caso de los residuos 050199 del refinado de petróleo, se encuentran los siguientes nuevos usos:

- 061020: Esquistos para dar combustible a una planta de cogeneración (1 intercambio).
- 062010: Gas combustible para una central eléctrica (2 intercambios).
- 201111: Hidrógeno para una planta de níquel (1 intercambio).
- 353011: Vapor en forma de calor para varios sectores (3 intercambios).
- 353022: Agua refrigerada para una central eléctrica (1 intercambio).
- 360012: Agua no potable para varios sectores (4 intercambios).
- 381139: Biomasa como combustible para un productor de bebidas (1 intercambio).

Se obtienen siete nuevos usos, pertenecientes a cinco divisiones CPA distintas (06 de petróleo y gas, 20 de productos químicos, 35 de energía eléctrica, 36 de agua natural y 38 de tratamiento de residuos). Destaca el uso como materia prima del agua no potable (subcategoría CPA 360012), repetido en cuatro ocasiones.

Se han destacado estos tres residuos por ser los que se reutilizan de formas más variadas. Mediante la observación conjunta del análisis se llega a las siguientes conclusiones:

- Los residuos de procesos térmicos y de la agricultura y elaboración de alimentos son los más frecuentes. Como en muchos casos es inevitable que esos residuos sean generados, hay que prestar especial atención al hecho de que sean reutilizados debido a su alta frecuencia.
- Los residuos de procesos térmicos no solo son los más frecuentes, sino que son los generados por un mayor número de sectores distintos. Sin embargo, la parte buena, es que también son los reutilizados por un mayor número de sectores distintos. Son residuos con muchas aplicaciones como materias primas, por lo que son válidos para muchas ramas industriales.
- Los residuos más frecuentes son las escorias procedentes de procesos térmicos. A pesar de ser un residuo muy frecuente, es altamente aprovechable como aditivo para la fabricación de cemento.
- Los residuos de envases son peligrosos para el medioambiente, y es que son los generados por un mayor número de ramas distintas de la producción. Conviene prestarles una especial atención para evitar que su generación se siga extendiendo.
- Los residuos procedentes de la depuración de gases son muy útiles para la obtención de calor en cualquier sector empresarial.

- Las materias primas más extendidas son las correspondientes a productos químicos. Estos nuevos usos asignados a los residuos permiten abastecer a 23 sectores industriales distintos, por lo que son materias primas muy útiles, sobre todo en el sector químico.
- La materia prima más utilizada es el vapor y agua caliente, utilizados por los receptores para obtener energía en forma de calor. Hasta 25 sectores lo utilizan. Esto nos muestra que todos los gases que proporcionen calor pueden ser útiles, en lugar de ser liberados al medio.

Todos estos datos analizados nos muestran que hay residuos que pueden ser reutilizados de muy distintas formas, lo que debería incentivar el interés de las empresas por la reutilización.

3.3 Análisis de sinergias de Simbiosis Industrial

En el comienzo del trabajo, se definió sinergia como “fenómeno en el que actúan varios factores, observándose un efecto. Aplicado a este caso, es todo aquel intercambio o conjunto de intercambios en los que un residuo procedente del donante pasa a ser una materia prima para el receptor”. De esta definición, hay que resaltar el hecho de que una sinergia puede ser un intercambio o un conjunto de intercambios.

Ante tanta cantidad de información, es posible que la esencia de varios intercambios esté repetida. Los intercambios no estarían repetidos porque podrían pertenecer a empresas diferentes, pero sí habría una sinergia repetida.

Si partimos de la red inicial de este capítulo se puede observar que hay repeticiones, intercambios en los que a un mismo residuo se le asigna un mismo nuevo uso. Además, en ocasiones también coinciden los sectores industriales de las empresas involucradas. Este hecho indica que la información presente puede ser tratada para simplificarse, y así llegar de forma más fácil a las ideas esenciales. De esta forma, otras actividades industriales se pueden beneficiar al conocer las oportunidades que tienen para extraer valor de sus residuos a partir de las experiencias reales de Simbiosis Industrial puestas en práctica por otras empresas, tratándose de empresas que con frecuencia pertenecen incluso al mismo sector industrial.

Mediante el análisis de las tablas y gráficos de residuos, el objetivo es llegar a localizar las sinergias que se repiten a lo largo de la base de datos. De esta forma, se lograrían filtrar y reducir los datos presentes, sin perder la información que se proporciona desde el origen de la base de datos.

En primer lugar, todos aquellos residuos que solo aparecen una vez formarán parte de una sinergia única en la base de datos. Al ser un residuo diferente al resto, no hay posibilidad de que esté repetido. Es por eso que, en el mapa que representa la frecuencia de los residuos del apartado anterior (*Figura 39*), se ha dedicado un color en exclusiva para todos aquellos residuos que solo aparecen en una ocasión. También se puede descartar que haya una sinergia repetida cuando la frecuencia de un residuo y el número de sectores industriales distintos que lo generen o lo reciban sea el mismo. Por ejemplo, si un residuo aparece tres veces en la base de datos y procede de tres sectores distintos, serán sinergias diferentes, ya que no tendrá el mismo origen. En ese caso, sí puede haber una repetición EWC-CPA.

Para todos aquellos residuos que aparecen más de una vez, cobran importancia los mapas mostrados previamente, con todos los residuos que solo son generados y recibidos por un sector destacados en un color independiente. Si un residuo aparece varias veces y solo tiene un donante y un receptor, hay altas posibilidades de encontrar una sinergia repetida. En ese caso, comprobando que los códigos CPA asociados al residuo sean los mismos, quedaría confirmada la repetición de sinergia. Esto es extensible al resto de residuos que aparezcan más veces que sectores distintos lo generen o aprovechen.

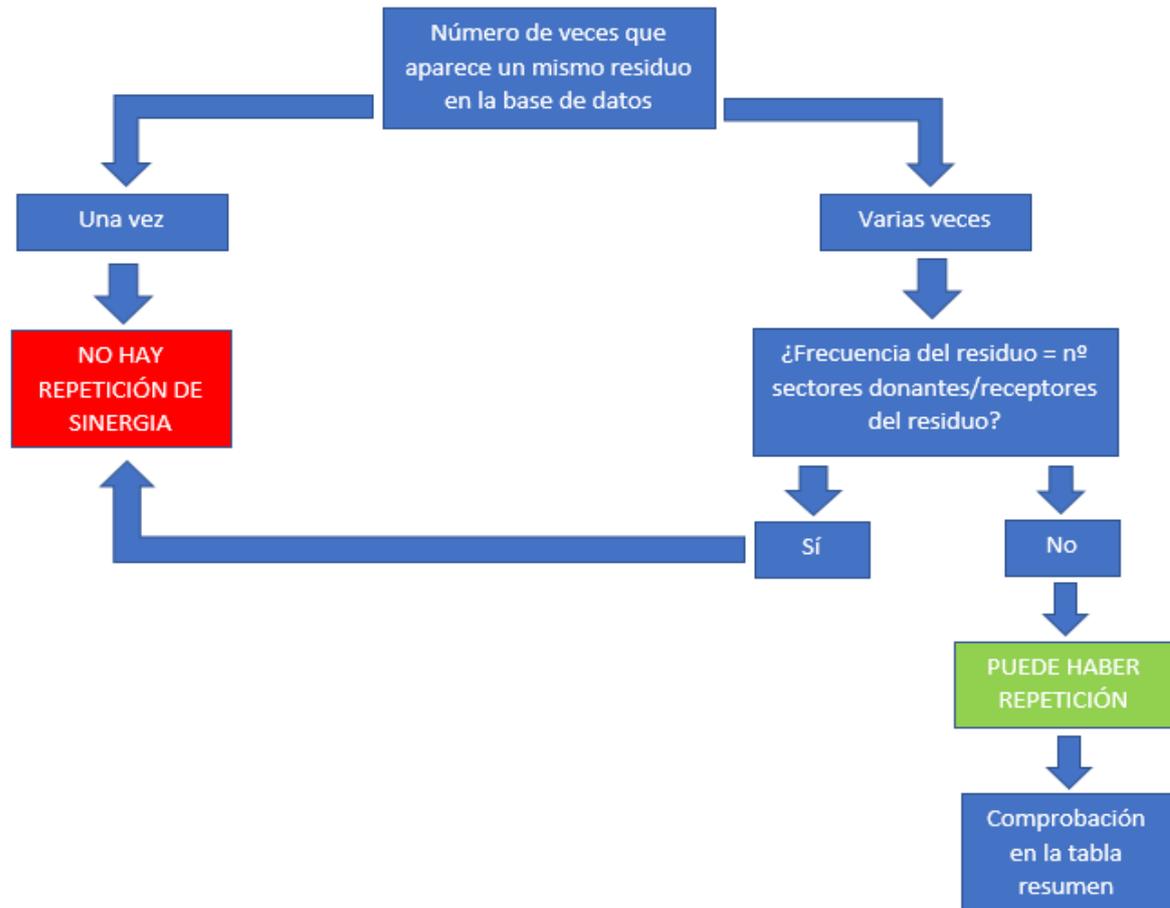


Figura 46. Criterio de simplificación de sinergias (1).

En un intercambio se pueden dar dos tipos de coincidencias:

- EWC-CPA: coincidencia entre el tipo de residuo y su nuevo uso.
- NACE donante - código residuo EWC - código materia prima CPA - NACE receptor: coincidencia total, además del tipo de residuo y su uso, también coinciden los sectores donantes y receptores. Sería el claro ejemplo de una sinergia repetida en su totalidad.

Para proceder a la comprobación en la tabla resumen se han seguido los siguientes pasos:

- 1- Se han tomado todos aquellos residuos que, según el esquema anterior, cumplan las condiciones necesarias para llegar a este punto.
- 2- Se ha filtrado cada uno de los códigos EWC de los residuos para delimitar los casos.
- 3- Se han buscado repeticiones en el CPA. Si no las hay, son sinergias diferentes. Si las hay, se cumple la primera coincidencia.

- 4- Si se cumple la primera coincidencia, se comprueban los códigos NACE de donante y receptor. Si hay repeticiones, se concluye que es una sinergia repetida. Si no las hay, son sinergias diferentes.

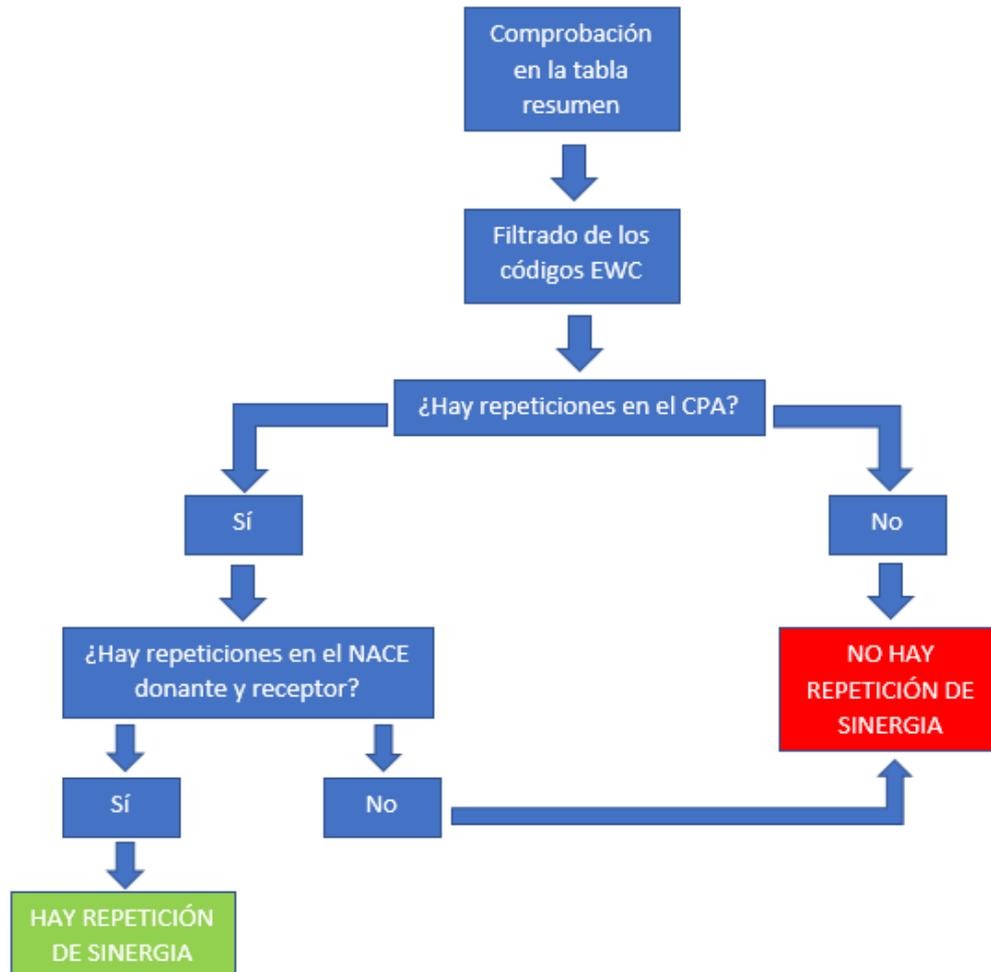


Figura 47. Criterio de simplificación de sinergias (II).

Aunque las coincidencias de EWC y CPA no provoquen una sinergia repetida en su totalidad, sí estaría repetida “parcialmente”, por lo que también puede ser interesante hacer una simplificación de esas coincidencias.

3.3.1 Sinergias entre sectores donantes-residuos y materias primas-sectores receptores

Los cuatro pasos indicados anteriormente nos llevan a una primera simplificación de sinergias. Conviene realizar la simplificación total previamente, ya que la simplificación parcial

(residuos-materias primas) incluye a la total y nos impediría distinguir las repeticiones de sinergias que incluyeran a los sectores donantes y receptores.

En esta simplificación, se han buscado las coincidencias entre intercambios, prestando atención a los sectores donantes y receptores, residuos y materias primas según sus códigos NACE, EWC y CPA respectivamente. En resumen, todos los intercambios en los que coincidan los mismos códigos son sinergias iguales, son intercambios que nos están dando la misma información, por lo que se pueden simplificar. En este caso, se trataría de una simplificación total.

Para simplificar los intercambios, en el caso de haber varios representando una misma sinergia, se han eliminado todos ellos menos uno, con el objetivo de que todas las sinergias distintas aparezcan una sola vez. De esa forma, se ha conseguido que todos los intercambios redundantes desaparezcan, y todos los que aparecen en esta hoja de la base de datos (*Sinergias totales diferentes*) representan una sinergia diferente.

Hay que tener en cuenta que la simplificación, con el objetivo de que sea más efectiva, se ha hecho considerando los códigos completos, por lo que es más difícil encontrar coincidencias. Si se hubiera hecho con códigos más generales se habrían encontrado más coincidencias, pero éstas no serían tan concretas y efectivas como las que se han encontrado tomando los códigos completos.

Mediante este proceso de simplificación se ha conseguido descartar un total de 61 intercambios. Esos 61 intercambios estaban representando a sinergias que ya estaban presentes en la base de datos, de las cuales se ha dejado un solo intercambio representativo en la tabla definitiva. Las repeticiones más destacadas que se han localizado son:

Tabla 3. Repeticiones más destacadas en la simplificación total de sinergias (Sinergias totales diferentes).

Sector NACE donante	Código EWC	Código CPA	Sector NACE receptor	Nº de repeticiones
2410 (Producción de hierro y acero)	100202 (Escorias de acero)	081213 (Mezclas de escoria y otros residuos industriales semejantes, con	2351 (Fabricación de cemento)	9

		o sin guijarros, grava y pedernal, destinadas a la construcción)		
3511 (Central eléctrica)	100102 (Cenizas volantes)	244530 (Otros metales no férreos y sus artículos; aleaciones metalocerámicas; ceniza y residuos que contengan metales o compuestos metálicos)	2351 (Fabricación de cemento)	4
3511 (Central eléctrica)	100118 (Vapor)	353011 (Vapor y agua caliente)	1920 (Refinería de petróleo)	4
2410 (Producción de hierro y acero)	100202 (Escorias de acero)	081213 (Mezclas de escoria y otros residuos industriales semejantes, con o sin guijarros, grava y pedernal, destinadas a la construcción)	4211 (Construcción de carreteras)	4
Entidad urbana	200139 (Plásticos residuales)	383233 (Materias primas secundarias de plástico)	2410 (Producción de hierro y acero)	4

Como se viene observando a lo largo de todas las fases del análisis, las relaciones entre la producción de hierro y acero (clase NACE 2410) y la producción de cemento (clase NACE 2351) son muy frecuentes, al igual que las conexiones entre el código EWC 100202 de escorias de acero y el código CPA 081213 de escorias destinadas a la construcción. Mediante esta búsqueda de repeticiones, se ha observado que nueve intercambios de todos los que se habían analizado estaban representando a la misma sinergia.

Lo mismo ocurre, pero en cuatro ocasiones, con los intercambios que representan a las sinergias en las que centrales eléctricas donan cenizas volantes y vapor a empresas de fabricación de cemento y de refino de petróleo, respectivamente. También ocurre en cuatro ocasiones con los plásticos residuales generados por entidades urbanas, que van a parar a empresas de producción de hierro y acero.

Gracias a esta simplificación, se ha recortado el número de intercambios presentes en la base de datos de 496 a 435, de los cuales 58 están incompletos debido al desconocimiento de ciertos códigos, como se estudió en apartados anteriores. Se puede concluir que hay 435 intercambios en la base de datos que representan sinergias totalmente diferentes.

3.3.2 Sinergias entre residuos y materias primas

En el apartado anterior, el objetivo era hacer una primera simplificación que nos llevara a ver las sinergias totalmente distintas que había entre los 496 intercambios presentes en la base de datos, eliminando todos aquellos que mostraran la misma sinergia.

Sin embargo, esta simplificación se puede precisar más. Una sinergia está formada por las empresas que generan un residuo, el material que se intercambia, el nuevo uso dado al residuo y las empresas que lo aprovechan. Precisando más, la esencia de una sinergia se puede delimitar en los materiales, es decir, en los residuos generados y el nuevo uso que se les adjudica.

Es por ello que, fijándonos exclusivamente en los residuos con su código EWC y en las materias primas con su código CPA, podemos encontrar nuevas coincidencias. Esas coincidencias serán parciales, ya que las totales incluyen a los sectores empresariales involucrados, pero nos ayudarán a obtener unos resultados finales en los que, en la tabla final, todos los intercambios representarán a sinergias totalmente distintas. En esas sinergias

finales no habrá ningún intercambio en el que se repita un residuo y un mismo nuevo uso como materia prima para él.

Como se hizo en el apartado anterior (3.3.1), si hay varios intercambios en los que aparece el mismo residuo con un mismo nuevo uso asignado, se han eliminado todos ellos menos uno, con el objetivo de que todas las sinergias distintas aparezcan una sola vez. De esa forma, todos los intercambios que aparecen en esta hoja de la base de datos (*Sinergias parciales diferentes*) representan una sinergia parcial diferente.

Mediante este proceso de simplificación se han conseguido descartar un total de 150 intercambios. Esos 150 intercambios, estaban representando a sinergias cuya esencia era la misma, sinergias que tenían los mismos residuos y un mismo nuevo uso para ellos. Mediante esta simplificación, se ha dejado un solo intercambio representativo de cada una de las sinergias en la tabla definitiva. Las repeticiones más destacadas que se han localizado son:

Tabla 4. Repeticiones más destacadas en la simplificación parcial de sinergias (Sinergias parciales diferentes).

Código EWC	Código CPA	Nº de repeticiones
100118 (Vapor)	353011 (Vapor y agua caliente)	15
100202 (Escorias de acero)	081213 (Mezclas de escoria y otros residuos industriales semejantes, con o sin guijarros, grava y pedernal, destinadas a la construcción)	11
100199 (Residuos generales de centrales eléctricas y plantas de combustión)	351110 (Energía eléctrica)	10
100102 (Cenizas volantes)	244530 (Otros metales no férreos y sus artículos; aleaciones metalocerámicas; ceniza y residuos que contengan	8

	metales o compuestos metálicos)	
--	------------------------------------	--

Para esta simplificación, las coincidencias más repetidas corresponden a los códigos EWC 100118 del vapor y CPA 353011 de vapor y agua caliente, que no eran los más destacados en la simplificación total de sinergias (*Tabla 3*). Este vapor caliente es un residuo muy frecuente (*Figura 39*), generado exclusivamente en las centrales eléctricas. Sin embargo, es muy aprovechado por el resto de sectores, siendo utilizado por 15 clases NACE distintas (*Figura 41*). Además, es un residuo utilizado directamente como materia prima, ya que se usa en busca de la obtención de calor para los procesos de fabricación de las empresas receptoras. Todo esto explica que sea la coincidencia más repetida.

Las escorias de acero a las que se les da un nuevo uso para la construcción también destacan en este análisis con 11 coincidencias, al igual que las cenizas volantes a las que se extraen componentes metálicos para los receptores, con 8 coincidencias.

La novedad encontrada en este análisis es la presencia de residuos generales de centrales eléctricas y plantas de combustión (código EWC 100199), que incluyen residuos de electricidad. Se han encontrado 10 coincidencias en las que estos residuos se usan como energía eléctrica (código CPA 353011) por las empresas receptoras.

Gracias a esta simplificación, se ha recortado el número de intercambios presentes en la base de datos de 435 a 285, de los cuales 35 tienen algún código desconocido, como se estudió en apartados anteriores. Se puede concluir que hay 285 intercambios en la base de datos que representan sinergias parcialmente diferentes.

Este análisis se ha hecho tomando como base la tabla resultante de la primera simplificación. Sin embargo, si tomamos como referencia la tabla inicial sin simplificar, con los 496 intercambios presentes, podemos ver cómo el número de coincidencias detectadas entre los 285 intercambios es aún mayor:

Tabla 5. Repeticiones más destacadas de relaciones entre códigos EWC y códigos CPA.

Código EWC	Código CPA	Nº de repeticiones	Coincidencias totales
100202 (Escorias de acero)	081213 (Mezclas de escoria y otros residuos industriales semejantes, con o sin guijarros, grava y pedernal, destinadas a la construcción)	23	9 (Sectores NACE 2410→2351) 4 (Sectores NACE 2410→4211) 2 (Sectores NACE 2410→2361)
100118 (Vapor)	353011 (Vapor y agua caliente)	21	4 (Sectores NACE 3511→1920) 3 (Sectores NACE 3511→Entidad Urbana) 2 (Sectores NACE 3511→2013)
100199 (Residuos generales de centrales eléctricas y plantas de combustión)	351110 (Energía eléctrica)	17	3 (Sectores NACE 3511→1710) 3 (Sectores NACE 3511→1920) 2 (Sectores NACE 3511→2013) 2 (Sectores NACE 3511→2410) 2 (Sectores NACE 3511→3511)
100102 (Cenizas volantes)	244530 (Otros metales no férreos y sus artículos; aleaciones metalocerámicas; ceniza y residuos que	12	4 (Sectores NACE 3511→2351) 2 (Sectores NACE 3511→4211)

	contengan metales o compuestos metálicos)		
--	---	--	--

Fijándonos exclusivamente en las relaciones entre los códigos EWC y CPA desde el principio, se puede ver que el mayor número de coincidencias se da entre los códigos EWC 100202 de escorias de acero y CPA 081213 de escorias destinadas a la construcción, con 23 coincidencias. Se puede concluir que, de todos los datos recogidos en la base de datos, el uso de escorias de acero residuales en la construcción es el uso más frecuente dado para un mismo residuo.

El objetivo del análisis de este apartado y, en parte, de todos los apartados realizados anteriormente es mostrar la importancia de tratar adecuadamente la información. En este caso, el resultado del tratamiento ha sido una simplificación que ha permitido concentrar las mismas ideas en un menor volumen de información.

4 CONCLUSIONES

La información a día de hoy es más abundante que nunca, pero menor que mañana. En una estrategia necesaria para la eficiencia en recursos como es la Simbiosis Industrial ocurre de forma más evidente. Su gran desarrollo en los últimos años ha provocado que la información presente sea abundante, pero en muchos casos poco concreta y desestructurada, lo que implica que muchas empresas interesadas en participar en nuevos modelos de negocio pierdan el interés ante la complejidad de encontrar información clara y directa para reproducirlo en sus procesos industriales y, por lo tanto, contribuir al escalado de un nuevo modelo de economía circular.

En este trabajo se ha procesado la información de una forma adecuada para que sea útil y directa, ofreciendo una propuesta mejorada que puede servir de estándar para nuevas bases de datos en abierto. En primer lugar, se hizo un estudio de dos bases de datos disponibles en busca de sus campos más interesantes, realizando una fusión entre ellas para acabar generando una base de datos combinada, que contiene los campos que permiten describir los intercambios con la mayor precisión posible. Las principales contribuciones de este trabajo se clasifican en dos tipos:

- I. Contribución a la metodología para sistematizar la recopilación y tratamiento de datos de simbiosis industrial.

Como la información era abundante y totalmente desestructurada, y era difícil obtener datos útiles, se han realizado ordenaciones y agrupaciones que han permitido tratar los datos desde el punto de vista de los sectores industriales de las empresas participantes. Este paso ha sido clave para detectar errores en los datos presentes y para adquirir nuevas ideas para los campos incompletos.

El proceso de validación de datos posterior ha sido importante para el entendimiento de cada uno de los intercambios presentes, ya que había campos que no indicaban claramente lo que estaban representando.

Con todo esto organizado y aclarado, se procedió a corregir errores localizados y a completar campos vacíos. Como se pudo comprobar en sus correspondientes apartados (2.4.1 y 2.4.2), hubo un gran número de cambios y datos añadidos provocados por un

exhaustivo proceso de investigación de casos reales, con los que se pudiera hacer comparaciones para encontrar los datos correctos y más precisos posibles.

Todos los objetivos que se han ido cumpliendo en esta primera fase del documento han permitido llegar a la hoja “tabla resumen” del documento Excel. En esa hoja aparecen los intercambios que en un comienzo estaban desestructurados e incompletos, pero en esta ocasión aparecen concisos y dando las ideas claras. Este resultado nos permite llegar a la conclusión de que la correcta preparación y gestión de la información es imprescindible, y más cuanto mayor es la cantidad de información presente.

Posteriormente, se han realizado análisis del número de intercambios y de los sectores que participan en ellos, para después detallar más en los materiales que se intercambiaban y el nuevo uso que se les daba según el sector que los aprovechara. Este análisis, detallado en cada uno de sus apartados correspondientes, nos permite llegar a la conclusión de la gran importancia que tiene el tratamiento de la información. Para los cuatro aspectos más importantes (donantes, residuos, materias primas y receptores), se han hecho exhaustivos análisis desde varios puntos de vista diferentes, tanto generales como concretos. Cuando la información presente es abundante, es clave detectar los aspectos más útiles y saber tratarlos desde varios puntos de vista en busca de obtener una información más completa y precisa.

Finalmente, se ha planteado una simplificación de sinergias. Los procesos de ordenación, validación, corrección y análisis han permitido detectar intercambios que daban la misma información, que representaban a las mismas sinergias. De una base de datos que partía con 496 intercambios, se ha llegado a observar que 435 de ellos muestran sinergias totalmente diferentes, mientras que solo 285 de ellos están mostrando usos distintos para cada uno de los residuos generados. Estos datos nos permiten llegar a la conclusión de que, si se entra en la esencia de la información y los datos presentes, se puede simplificar la información presente. El paso de la simplificación es uno de los más importantes para casos como este, en los que la cantidad de datos presentes es muy grande, ya que es altamente probable que la información que nos interesa esté oculta entre varios datos que, si se analizan correctamente, descubriremos que nos están dando la misma información.

Ante la situación medioambiental a la que nos vamos acercando desde hace décadas es necesario proponer soluciones, y una de ellas es la reutilización de residuos para evitar que acaben dañando al medioambiente, además de evitar que se consuman materias primas

naturales. Para fomentar la participación de empresas en proyectos de intercambio es necesario que la información esté clara para ellas. Si la información que encuentran no es clara y concisa, pueden acabar perdiendo el interés, lo que acabaría implicando daños al medioambiente.

- II. Contribución a la generación de conocimiento específico del que se pueden beneficiar otras empresas e industrias.

A partir de este trabajo, se ha transformado la información de 496 casos de intercambios en conocimiento del que se pueden beneficiar otras empresas e industrias. A continuación, se extraen las principales conclusiones técnicas de la simbiosis industrial:

- Hay una gran relación entre la metalurgia y la fabricación de cemento, ya que se han detectado 12 intercambios en los que se donan escorias de la fabricación de hierro para usarse como aditivo en el cemento.
- El sector de la producción de energía eléctrica es clave en la red de intercambios, ya que es donante en 59 intercambios y receptor en 45. Suele recibir gases de combustión y proporciona energía residual a varios sectores.
- El sector de la agricultura es un buen receptor, con 39 recepciones registradas, ya que aprovecha diversos tipos de residuos como fertilizantes.
- Los residuos de procesos térmicos aparecen en 144 intercambios, mientras que los de agricultura y elaboración de alimentos lo hacen en 102 intercambios. Son los dos tipos de residuos que aparecen con más frecuencia.
- Los residuos de procesos térmicos, además de ser los más frecuentes, también son los generados por un mayor número de sectores distintos (10). Sin embargo, también son los residuos aprovechados por un mayor número de sectores distintos (21).
- El residuo que ha sido detectado como el más frecuente han sido las escorias procedentes de procesos térmicos, que aparecen en un total de 25 intercambios.
- Teniendo en cuenta los códigos CPA y NACE en su división más general, las materias primas correspondientes a productos químicos son las más frecuentes, ya que aparecen en 99 intercambios siendo utilizadas por 23 sectores receptores distintos.
- Analizando las materias primas de forma particular, se puede ver que la materia prima más extendida es el vapor y agua caliente, que aparece en 53 intercambios siendo aprovechada por 25 sectores industriales distintos.

- Mediante la simplificación de sinergias se han conseguido simplificar 61 intercambios que estaban mostrando exactamente la misma información que otros. Además, se han podido simplificar otros 150 intercambios que estaban mostrando los mismos residuos y un mismo nuevo uso para ellos. En conclusión, se ha conseguido reducir la base de datos de 496 a 285 intercambios sin perder información básica.

5 BIBLIOGRAFÍA

- AIDIMME. (7 de septiembre de 2017). *AIDIMME*. Obtenido de <http://actualidad.aidimme.es/2017/09/07/industrial-symbiosis-layer-at-industrial-zones-metodologia-la-implantacion-del-concepto-simbiosis-industrial-las-empresas-la-comunidad-valenciana-proyecto-insylay/>
- Alcántara, J. (27 de Abril de 2019). *Versvs*. Obtenido de <https://www.versvs.net/pedia/analisis-de-redes/>
- Ansele, M. (31 de mayo de 2014). *Esmateria*. Obtenido de <http://esmateria.com/2014/05/31/10-cosas-que-hacer-con-el-co2-en-vez-de-tirarlo-la-atmosfera/>
- Aquae Fundación. (19 de septiembre de 2017). *Aquae Fundación*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/blog/consejos-del-agua/nueve-usos-nuevos-neumaticos-recicladosp/>
- Arana, R. (junio de 1996). *AUPEC*. Obtenido de <http://aupec.univalle.edu.co/informes/junio96/vinaza.html>
- Arostegui, P. (19 de diciembre de 2011). *El Mundo*. Obtenido de <https://www.elmundo.es/elmundo/2011/12/19/paisvasco/1324283458.html>
- Arteaga, S. (30 de junio de 2017). *Computer hoy*. Obtenido de <https://computerhoy.com/noticias/life/nueva-tecnica-crear-combustible-partir-basura-64402>
- Bain, A., Ashton, W., Chertow, M., & Shenoy, M. (2010). *Industrial Symbiosis and Residual Recovery in the Nanjangud Industrial Area*. Bangalore: Resource Optimization Initiative (ROI).
- Benedetti, M. (13 de marzo de 2017). *Caso 1 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/case-11-synergies-within-steelwork-centred-industrial-district-taranto-italy/>
- Benedetti, M. (25 de agosto de 2017). *Caso 15 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/15-case-symbiotic-network-landskrona-sweden-industrial-symbiosis-means-update-development-model-industrial-region/>
- Benedetti, M. (25 de agosto de 2017). *Caso 16 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/16-industrial-district-kwinana-australia-industrial-symbiosis-development-guided-industries-association/>
- Benedetti, M. (14 de marzo de 2017). *Caso 2 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/case-15-synergies-river-kymijoki-kuusankoski-finland/>
- Benedetti, M. (25 de agosto de 2017). *Caso 20 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/20-industrial-symbiosis-implementation-programme-west-midlands-uk-case-leadership-regional-environmental-association-openness-participating-companies-al/>

- Benedetti, M. (25 de agosto de 2017). *Caso 29 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/29-implementing-industrial-symbiosis-scale-solar-photovoltaic-cells-manufacturing-united-states/>
- Benedetti, M. (25 de agosto de 2017). *Caso 30 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/30-implementing-industrial-symbiosis-reduce-pollution-chinese-resource-dependent-cities-case-guiyang/>
- Benedetti, M. (25 de agosto de 2017). *Caso 31 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/31-ironsteel-production-centred-urban-industrial-district-liuzhou-china-improving-industrial-symbiosis-balance-environment-protection-economic-development/>
- Benedetti, M. (25 de agosto de 2017). *Caso 32 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/32-symbiotic-district-creation-led-iron-steel-corporation-case-jinan-municipality-china/>
- Benedetti, M. (25 de agosto de 2017). *Caso 34 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/34-symbiotic-industrial-district-guayama-puerto-rico-cooperation-started-respond-environment-protection-emergencies-ended-creation-symbiotic-exchanges/>
- Benedetti, M. (9 de mayo de 2017). *Caso 4 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/kalundborg-industrial-cluster-denmark-self-organisation-symbiotic-exchanges-overcome-resource-scarcity/>
- Benedetti, M. (25 de agosto de 2017). *Caso 43 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/43-industrial-urban-symbiosis-kawasaki-japan-successful-industrial-symbiosis-implementation-guided-local-national-government/>
- Benedetti, M. (9 de mayo de 2017). *Caso 5 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/industrial-district-humber-region-uk-case-one-one-initiatives-negotiation-allowed-industrial-symbiosis-implementation/>
- Benedetti, M. (14 de marzo de 2017). *Caso 6 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/case-23-mining-industrial-district-gladstone-australia/>
- Benedetti, M. (9 de mayo de 2017). *Caso 7 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/rizhao-economic-technology-development-area-typical-chinese-industrial-symbiosis-developent/>
- Benedetti, M. (9 de mayo de 2017). *Caso 8 - Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/south-korean-symbiotic-experience-ulsan-industrial-park-industrial-symbiosis-encouraged-legislation-public-awareness/>
- Benedetti, M., Holgado, M., & Evans, S. (28 de Febrero de 2017). *Maestri*. Obtenido de https://maestri-spire.eu/wp-content/uploads/2018/01/MAESTRI-D4_2_v1_rev.pdf
- Bermejo, I. (2010). Agricultura y cambio climático. *Ecologistas en acción*, Revista nº67.

- BOE. (23 de abril de 2008). *Boletín Oficial del Estado*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2008-81016>
- CDP, & ECODES. (2018). *CDP Climate Change Report 2017, edición España*. Charlottenburg: ECODES.
- Comisión Europea. (18 de diciembre de 2014). *Boletín Oficial del Estado*. Obtenido de <https://www.boe.es/doue/2014/370/L00044-00086.pdf>
- Desconocido. (10 de noviembre de 2008). *Agencia Sinc*. Obtenido de <https://www.agenciasinc.es/Noticias/La-primera-planta-del-mundo-que-aprovecha-residuos-citricos-utiliza-tecnologia-valenciana>
- Desconocido. (16 de diciembre de 2013). *Tecnoeraser*. Obtenido de <https://tecnoeraser.es/blog/reciclaje-de-lodos-industriales-y-el-cemento/>
- Desconocido. (26 de febrero de 2014). *Reutilización de cenizas termoeléctricas: Nuevo insumo para la construcción*. Obtenido de <http://www.mch.cl/reportajes/reutilizacion-de-cenizas-termoelectricas-nuevo-insumo-para-la-construccion/#>
- Desconocido. (2017). *Linde-gas*. Obtenido de http://www.linde-gas.com.ar/es/products_and_supply/packaged_chemicals/product_range/ethylene.html
- Desconocido. (16 de marzo de 2018). *Foro ambiental*. Obtenido de <https://foroambiental.com.mx/bagazo-de-la-cana-de-azucar-tambien-sirve-como-fertilizante-biologico/>
- Desconocido. (19 de febrero de 2018). *Nippon gases*. Obtenido de <https://blogs.nippongases.es/blog/proceso-de-ablandamiento-de-aguas-uso-de-co2-para-reducir-la-dureza/>
- Desconocido. (2019). *Calespachs*. Obtenido de <https://www.calespachs.com/es/sobre-la-cal/aplicacion-del-oxido-calcico-en-los-sectores-industriales>
- Desconocido. (marzo de 2019). *Chemical Safety Facts*. Obtenido de <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/hidroxido-de-sodio/>
- Desconocido. (2019). *Clorurosodio*. Obtenido de <https://clorurosodio.com/cloruro-de-amonio/>
- Desconocido. (2019). *Educamadrid*. Obtenido de <http://herramientas.educa.madrid.org/tabla/6usos/h6.html>
- Desconocido. (30 de mayo de 2019). *Fluideco*. Obtenido de <https://fluideco.com/cuales-son-los-principales-usos-del-acido-sulfurico/>
- Desconocido. (10 de abril de 2019). *Herramientas Educamadrid*. Obtenido de <http://herramientas.educa.madrid.org/tabla/6usos/si6.html>

- Desconocido. (10 de marzo de 2019). *Plastics Europe*. Obtenido de <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/agriculture>
- Ecológica, M. p. (2013). *Ministerio para la Transición Ecológica del Gobierno de España*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/lodos-depuradora/>
- FAO. (2017). La transición al carbón vegetal. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 3.
- Figueroa, V., & Sánchez, M. (1997). FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-w4132s.pdf>
- FISSAC. (2019). FISSAC. Obtenido de <https://fissacproject.eu/es/que-es-la-simbiosis-industrial/>
- Flores, V., Rojas, J., Vallejos, R., Torres, R., Flores, P., & Flores, M. (2014). *Ecorfan*. Obtenido de <https://www.ecorfan.org/bolivia/handbooks/ciencias%20tecnologicas%20I/Articulo%207.pdf>
- García-Serrano, P. (junio de 2016). *Fertiberia*. Obtenido de <https://www.fertiberia.com/es/blog/2016/junio/el-azufre-es-mas-eficaz-cuando-se-aplica-en-los-abonos-complejos-npk/>
- Gerlach, F., Grieb, B., & Zerger, U. (2013). Producción sostenible de biogás. *Sustainingas*, 7.
- Giraldo Escandón, C., Vidal Velasco, D., Martínez López, C., & Torres Agredo, J. (2012). Ceniza de bagazo de caña como aditivo al cemento Portland para la fabricación de elementos de construcción. *Acta Agronómica*, 77-78.
- González, M. (20 de diciembre de 2010). *La Guía 2000*. Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/aplicaciones-del-hidrogeno-en-el-uso-diario>
- INE. (1 de enero de 2015). *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177035&menu=ultiDatos&idp=1254735976614
- INE. (21 de abril de 2017). *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de <https://www.ine.es/daco/daco42/clasificaciones/cnae09/notas.pdf>
- IS-DATA. (26 de septiembre de 2018). IS-DATA. Obtenido de <http://isdata.org/>
- Kuchinow, V. (19 de enero de 2018). *Eco-circular*. Obtenido de <https://eco-circular.com/2018/01/19/la-simbiosis-industrial-o-como-aplicar-los-conceptos-de-economia-circular-en-un-municipio-a-traves-de-su-tejido-industrial/>
- Madias, J. (2015). Reciclado de escorias de acería. *Acero Latinoamericano*, https://www.researchgate.net/publication/280011511_Reciclado_de_escorias_de_a_ceria.

- Maestri. (24 de septiembre de 2018). *Maestri*. Obtenido de <https://maestri-spire.eu/>
- Massard, G., Jacquat, O., & Zürcher, D. (2014). *International survey on eco-innovation parks*. Berna: Federal Office for the Environment.
- Piacente, P. (22 de febrero de 2010). *Tendencias 21*. Obtenido de https://www.tendencias21.net/Cascaras-de-naranja-y-otros-desechos-podrian-emplearse-para-producir-etanol_a4133.html
- Price, M. (25 de septiembre de 2013). *BBC*. Obtenido de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/09/130923_ciencia_noruega_basura_energia_ng
- Sánchez Alarcón, J., Estrany Coda, F., & Oliver Pujol, R. (2006). Técnica industrial. *Planta para la recuperación del dióxido de carbono de los gases de combustión*, 35.
- Sánchez, M. (2019). *Jardineriaon*. Obtenido de <https://www.jardineriaon.com/como-usar-el-sulfato-de-amonio-para-abonar.html>
- Seoanez Calvo, M. (1997). Ecología industrial: Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa. Manual para responsables medioambientales. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Severiche Sierra, C., & Acevedo-Barrios, R. (15 de septiembre de 2013). *Researchgate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/317418769_Biogas_a_partir_de_residuos_organicos_y_su_apuesta_como_combustibles_de_segunda_generacion
- UPM. (3 de octubre de 2016). *Agencia Sinc*. Obtenido de <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Nuevo-sistema-de-almacenamiento-de-energia-con-silicio-fundido>
- Valdez, V. (7 de mayo de 2014). *Academia*. Obtenido de Aplicaciones del agua en Ingeniería civil: https://www.academia.edu/8929938/EL_AGUA_PARA_CONSTRUCCION
- Valis, D. (22 de marzo de 2017). *Ciencia mx*. Obtenido de <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/ambiente/13899-elaboran-fertilizante-con-residuos-de-cana-y-bacterias>