



Universidad de Oviedo  
FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

DOBLE GRADO EN DERECHO Y ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN  
DE EMPRESAS

CURSO ACADÉMICO 2022-2023

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**ECONOMÍA CIRCULAR E INDUSTRIA 4.0: APLICACIÓN  
PRÁCTICA EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**

Miguel Antonio Sordo Fernández

OVIEDO, MAYO 2023

## **AGRADECIMIENTOS**

*Dios y Madre Virgen María en su advocación de los Dolores. Hoy, al finalizar este largo y desafiante camino de mi carrera universitaria, me encuentro profundamente agradecido por la fortaleza que me habéis brindado cada día. Vuestra presencia ha sido mi guía constante, llenándome de esperanza y confianza en los momentos más difíciles. A través de vuestra intercesión divina, he encontrado fuerzas renovadas y la certeza de que nada es imposible cuando se cuenta con vuestra protección amorosa. Os dedico este trabajo de fin de grado como un humilde testimonio de gratitud y fe.*

*A mis queridos padres, Francisco y Ana, quienes han sido mi sustento incondicional a lo largo de toda mi formación académica, no puedo más que expresar mi profundo agradecimiento. Vuestra dedicación, apoyo y sacrificio han sido la base sobre la cual he construido mis sueños. Vuestras palabras de aliento, vuestro amor inquebrantable y vuestra confianza en mí han sido mi mayor motivación. Sin vuestra presencia constante, no hubiera sido posible llegar a este momento. Este logro es también vuestro.*

*A mi gran amigo Juanjo L, quiero expresarte mi más sincero agradecimiento por ser un pilar fundamental en los momentos de zozobra. Tu amistad y apoyo incondicional me han dado fuerzas para seguir adelante cuando los obstáculos parecían insuperables. Tus palabras de aliento, tus consejos sabios y tu presencia constante han sido un bálsamo en mi camino. Sin ti, este trayecto hubiera sido mucho más difícil. Te agradezco de corazón por estar siempre ahí.*

*A mis queridas compañeras de clase, Llara y Lucía, no tengo palabras suficientes para agradecerlos por estar siempre presentes. Vuestra amistad y compañerismo han sido un regalo de valor incalculable en este camino. Juntos hemos superado desafíos, celebrado éxitos y compartido penas. Vuestra dedicación, inteligencia y apoyo mutuo han sido un ejemplo constante de cómo enfrentar los retos de la vida. Gracias por ser mi familia en esta travesía.*

*Y a mi querido tío Néstor, quien desde la distancia más cercana me apoya de la manera siempre más peculiar como incondicional. Tu experiencia y generosidad han sido una guía en estos últimos años.*

*Con profundo agradecimiento,*

Miguel Antonio Sordo Fernández

## **RESUMEN**

La producción y consumo lineal no son viables en el largo plazo. Los recursos son limitados y las necesidades del ser humano aumentan de forma exponencial debido a una demografía desbocada. Es necesario implantar un nuevo proceso de producción reflejado en la economía circular. Los organismos internacionales fomentan su implantación, encuentran en este modelo una opción viable de crecimiento económico de manera sostenible, que transcurre de la mano de los continuos avances tecnológicos y la digitalización de procesos.

El objetivo de este trabajo es analizar la implementación de la economía circular y el modo en que se produce la transición acompañada de la Industria 4.0. Este trabajo analiza, además, el caso concreto del sector automotriz. La implantación del modelo de economía circular, apoyado en la Industria 4.0 permite una gestión más eficiente de las fábricas, reduciendo costes y garantizando su sostenibilidad.

## **ABSTRACT**

Linear production and consumption are not viable in the long term. Resources are limited, and human needs are exponentially increasing due to uncontrolled population growth. It is necessary to implement a new production process reflected in the circular economy. International organizations promote its implementation, seeing in this model a sustainable option for economic growth that goes hand in hand with continuous technological advances and process digitalization.

The objective of this study is to analyze the implementation of the circular economy and the way in which the transition is accompanied by Industry 4.0. Furthermore, this paper specifically examines the case of the automotive sector. The implementation of the circular economy model, supported by Industry 4.0, allows for more efficient factory management, reducing costs, and ensuring sustainability.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.MOTIVACIÓN Y ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.ALCANCE Y LIMITACIONES.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4.ESTRUCTURA DEL TRABAJO.....</b>	<b>4</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.MODELO ECONÓMICO LINEAL.....</b>	<b>4</b>
2.1.1. Definición.....	4
2.1.2. Riesgos del modelo económico lineal.....	5
<b>2.2.ECONOMÍA CIRCULAR.....</b>	<b>7</b>
2.2.1. Definición del modelo.....	7
2.2.2. Importancia y beneficios.....	11
<b>2.3.LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL CONTEXTO GLOBAL Y EUROPEO.....</b>	<b>14</b>
2.3.1. Una aproximación global.....	14
2.3.2. El modelo europeo.....	15
2.3.3. Plan de acción sobre la Economía Circular.....	16
<b>2.4.LA ECONOMÍA CIRCULAR EN ESPAÑA.....</b>	<b>21</b>
2.4.1. Los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE).....	21
2.4.2. PERTE para el desarrollo del vehículo eléctrico y conectado.....	26
2.4.3. PERTE Economía Circular.....	29
<b>2.5.INCIDENCIA DE LA INDUSTRIA</b>	
<b>4.0.....</b>	<b>32</b>
2.5.1. Definición.....	32
2.5.2. Importancia dentro de la Economía Circular.....	33
2.5.3. Retos Industria 4.0 en la Economía Circular.....	35
<b>3. MARCO PRÁCTICO.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.EVIDENCIAS SECTOR AUTOMÓVIL .....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.ESTRATEGIAS DE ECONOMIA CIRCULAR.....</b>	<b>40</b>
3.2.1. Renault.....	40
3.2.2. BMW.....	43
3.2.3. Future: Fast Forward (SEAT).....	44
<b>3.3.IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0.....</b>	<b>47</b>
3.3.1. Renault.....	47
3.3.2. BMW.....	48
3.3.3. SEAT (VolksWagen Group).....	49
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>5. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

- **Ilustración 1.** Modelo económico lineal.....5
- **Ilustración 2.** Niveles de impacto de los riesgos del modelo económico lineal .....6
- **Ilustración 3.** Esquema economía lineal vs economía circular.....7
- **Ilustración 4.** Diagrama de mariposa. Tipos de flujos de materiales.....8
- **Ilustración 5.** "*The power of the inner circle*" .....9
- **Ilustración 6.** "*The power of circling longer*" .....10
- **Ilustración 7.** "*The power of cascades use and inbound material/product substitution*"10
- **Ilustración 8.** "*The power of pure inputs and designs*".....11
- **Ilustración 9:** Infografía sobre la proporción de residuos por sector en la UE.....11
- **Ilustración 10:** "*packaging waste statics*" .....12
- **Ilustración 11:** *EU trade in raw materials, 2002, 2021*.....13
- **Ilustración 12.** Diagrama Economía Circular.....15
- **Ilustración 13:** "Pilares del Plan de Recuperación".....27
- **Ilustración 14:** "Ecosistema PERTE VEC".....28
- **Ilustración 15:** "Instrumentos Economía Circular".....32
- **Ilustración 16:** "De la máquina de vapor a la Industria 4.0".....33
- **Ilustración 17:** "Ranking mundial de productores".....37
- **Ilustración 18:** "Variación porcentual de la importación y exportación de vehículos en España, respecto de la economía española y mundial".....38
- **Ilustración 19:** "Nivel exportaciones Asia, Oceanía y África".....39
- **Ilustración 20:** "Distribución empresarial bloques PERTE-VEC".....46

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. MOTIVACIÓN Y ANTECEDENTES

A lo largo de la historia la producción mundial se ha guiado por el modelo económico lineal. Los materiales siguen un proceso de extracción, producción, consumo y desecho, lo que hoy en día nos conduce a una previsible crisis ambiental y de recursos ello obliga a un cambio de paradigma en el modelo de producción, virando hacia un modelo más sostenible basado en la circularidad. De este modo, tomando como referencia la definición de la Fundación Ellen MacArthur (2013) sobre economía circular, es restitutiva y tiene como objetivo mantener la utilidad de los productos, componentes y materiales reteniendo su valor dentro de la cadena de suministro.

Europa está liderando la transición hacia la circularidad a través del nuevo “Plan de acción para la economía circular” (2020/2077(INI)) llevado a cabo por la Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria atendiendo a las diferentes opiniones emitidas por comisiones ad-hoc. En ellas se plasma la necesidad imperiosa de un giro hacia la circularidad, ya que más del 90 % de la pérdida de biodiversidad y del estrés hídrico se deben a la extracción y la transformación de recursos. La economía mundial hace un uso de recursos equivalente a un planeta y medio. En la actualidad ya se necesitarían tres planetas si toda la población consumiese al ritmo de un ciudadano promedio de la Unión. Una reducción significativa del uso general que hacemos de los recursos naturales y de nuestra generación de residuos debe ser el objetivo global de la economía circular. A tal fin será necesario disociar el crecimiento económico del uso de recursos (Panel Internacional de Recursos, 2020).

De los diferentes informes se deriva la necesidad de alinearse con este modelo de producción para ser capaces de cumplir los propósitos fijados en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Se trata de dar un vuelco a la crítica situación climática en la que nos hallamos y, además, esta transición resulta necesaria para garantizar el cumplimiento de los diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible (en adelante ODS) en particular; el octavo <<Trabajo decente y crecimiento económico>>, el décimoprimer <<Ciudades y comunidades sostenibles>>, el décimo segundo <<Producción y consumidores responsables>> y el décimo tercero <<Acción por el clima>>. Los ODS son altamente interdependientes entre sí, ya que la no consecución de uno lastimará de manera significativa al resto, no alcanzando el resultado deseado y produciendo un desequilibrio a nivel social, económico y ambiental. Por poner un ejemplo, con los ODS que atañen a la economía circular vemos que una producción poco responsable no va a permitir generar una coyuntura que favorezca el crecimiento económico, lastimando la generación de puestos de trabajo con condiciones laborales dignas, que repercutirán directamente en el poder adquisitivo de los ciudadanos, que a su vez se alejarán de los productos sostenibles por sus precios más elevados.

Causando mayores desperdicios evitando la generación de comunidades sostenibles y desincentivando la conciencia ecológica de acción por el clima (Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030, 2015).

No obstante, la economía circular no es únicamente útil en términos de bienestar y conciencia ecológica, sino que, de acuerdo con el estudio de la Fundación Ellen MacArthur “*Growth Within: A Circular Economy vision for a competitive Europe*” publicado en 2020, este nuevo modelo mejoraría hasta un 3% la producción de la UE. Esta mejora iría acompañada de un aumento en los beneficios de 1,8 trillones de euros extra de aquí al año 2030 sobre la utilización de los recursos primarios. Este aumento repercutiría sobre el PIB de la UE alcanzando un aumento de hasta 7 puntos comparado con las previsiones de crecimiento del modelo lineal actual (Fundación Ellen MacArthur, 2013).

El Gobierno de España con el fin de mantener la sintonía con las instituciones internacionales y dar desarrollo al artículo 45 de la Constitución, aprobó los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (en adelante PERTE). La Agencia del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia del Gobierno de España define los PERTE como “proyectos de carácter estratégico con gran capacidad de arrastre para el crecimiento económico, el empleo y la competitividad de la economía española son aprobados por el Consejo de Ministros a partir de criterios objetivos y transparentes”. Hasta el momento han sido aprobados once, este trabajo se centrará esencialmente en dos: 1) el PERTE para el desarrollo del vehículo eléctrico y conectado Aprobado en el Consejo de Ministros del 13 de julio de 2021 y 2. el PERTE de economía circular aprobado el en el Consejo de Ministros del 08 de marzo de 2022. El propio texto en su redacción sienta los objetivos básicos a cumplir: reducción de gases de efecto invernadero por debajo de los 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Uso más eficiente del agua mejorándolo en un 10%, aumento de la vida útil en un 10% los residuos municipales generados, reducción del desperdicio de alimentos en un 50% por ciudadano y un 20% en líneas de producción a partir del año 2020 y, tomando como referencia el año 2010, reduciendo el consumo de materiales para la producción un 30% y la generación de residuos un 15% (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico -MITECO, 2020).

No obstante, la economía circular por sí misma no es el remedio para preservar el medio ambiente, mantener el estado de bienestar y conseguir un perfecto crecimiento económico; se necesita una adaptación a los nuevos tiempos. Actualmente, vivimos una cuarta revolución industrial hacia lo digital, de la mano de la Industria 4.0 revolucionando la forma en que las empresas fabrican, mejoran y distribuyen sus productos. Esta revolución es causa de una serie de necesidades creadas a causa de un ser humano ya completamente tecnológico en el que la velocidad de nuestro día a día nos hace exigir mayor control, interconectividad, agilidad en los procesos y control sobre lo que producimos. Los fabricantes para llevarlo a cabo están integrando nuevas tecnologías: Internet de las cosas (IoT), computación y análisis en la nube, inteligencia artificial (IA) y *machine learning* en

sus instalaciones de producción y en todas sus operaciones (Schume, 2020). Esta revolución va obligatoriamente ligada al desarrollo sostenible y la economía circular ya que es la primera que no viene unida a un incremento del consumo de recursos o la emisión de gases de efecto invernadero, creando una simbiosis perfecta para eliminar residuos y apoyar de forma activa el desarrollo de modelos de economía circular (van den Beukel, 2017). El informe de CaixaBank, “El futuro de la industria en España” publicado en 2016, la Industria 4.0 nos permite aunar flexibilidad y eficiencia en la utilización de recursos, con la aplicación de la tecnología Bigdata para adelantarnos a las variaciones de la demanda y adaptar la producción reduciendo de manera significativa la generación de residuos, la inteligencia artificial para la creación de productos más eficientes y duraderos o para establecer procesos de producción que hagan de las fábricas un ambiente más sostenible.

## **1.2. OBJETIVOS**

En base a los antecedentes anteriormente expuestos, el objetivo principal de este trabajo es abordar la necesidad de un cambio de ruta en el modelo productivo global hacia la Economía Circular, a través de la Industria 4.0. Sentadas estas bases podemos fijar los siguientes objetivos específicos:

- Definir el modelo de Economía Circular y su importancia en tiempos actuales para las empresas y el impacto en las Organizaciones internacionales.
- Definir el modelo de Industria 4.0 y su importancia en la transición hacia la Economía Circular.
- Realizar un caso de estudio empírico del sector automovilístico, en su transición hacia un modelo de Economía Circular. Implicando en el análisis:
  - o Estudio del sector automovilístico
  - o Diferentes acciones llevadas a cabo por las diferentes empresas.
  - o Impacto de la Economía Circular en la cadena de valor
  - o Implementación de la Industria 4.0 en la producción circular.

## **1.3. ALCANCE Y LIMITACIONES**

El presente trabajo pretende explorar a través de un análisis teórico de la Economía Circular analizando sus fundamentos a través de bibliografía en inglés y en castellano. De igual manera se analizará la Industria 4.0. Esta información teórica sentará las bases del análisis de la implementación de la Economía Circular con ayuda de la Industria 4.0 en el sector automovilístico.

En lo que respecta a las limitaciones de este trabajo, la extensión recomendada hace difícil un análisis más exhaustivo de un tema tan amplio y que admite tantas variantes. Además, la revisión bibliográfica se ha realizado de documentos en castellano e inglés, a pesar de haber información

valiosa en otros idiomas como alemán, chino y francés. A pesar de estas limitaciones se realizó una búsqueda pormenorizada de la mejor y más actualizada información posible.

#### **1.4. ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

En base a lo anteriormente expuesto y siguiendo las normas estilográficas del Trabajo de Fin de Grado se inicia el trabajo con una introducción que de manera muy concreta presenta el tema y sienta los precedentes para conocer del caso.

Seguidamente en el cuerpo del trabajo encontraremos un análisis teórico que sentará las bases del marco práctico. En el análisis teórico encontraremos: el estudio del modelo de producción lineal y la problemática que genera a nivel empresarial y ambiental. Posteriormente, se analizará el concepto de Economía Circular, su relevancia y en la actualidad que beneficios reporta; además de los diferentes planes de acción a nivel europeo y español. Continuará, con una revisión de la Industria 4.0 donde se definirá y se analizarán diferentes aplicaciones a la economía circular desde una visión generalista.

Seguidamente en el marco práctico del trabajo estudiaremos como la Economía Circular aplicada en la industria automovilística haciendo una revisión de la actualidad de su modelo productivo actual y como la Industria 4.0 es uno de los motores clave para implementar el modelo circular.

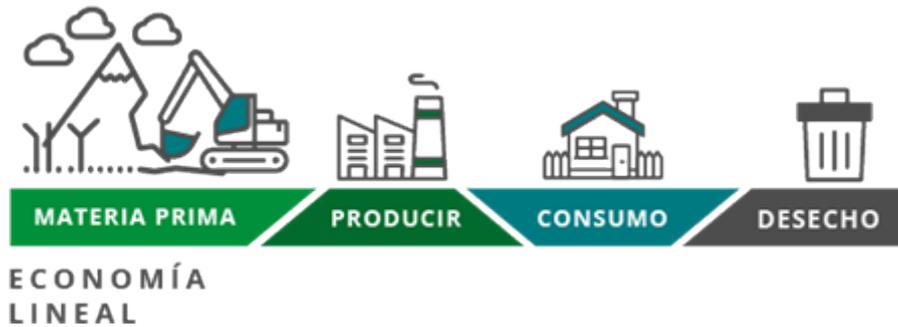
Para finalizar, se recogen las conclusiones, con los principales datos del estudio realizado. A continuación, se incluirán referencias bibliográficas e información adicional de interés.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. MODELO ECONÓMICO LINEAL**

#### **2.1.1. Definición**

Con el inicio de la revolución industrial a mediados del siglo XVIII en Gran Bretaña, se sentaron las bases del modelo económico lineal, que trajo consigo el progreso y el avance de la humanidad. Permite la producción masiva, pero no contaba con una realidad inexpugnable, los recursos son limitados. Los recursos en la economía lineal como podemos observar en la **Ilustración 1**, los recursos solo se mueven en una dirección, de la materia prima al residuo. Por ello podemos definir la economía lineal como aquella que extrae, produce y desperdicia, en la que todos los productos y materiales tienen como fin ser desechados (Fundación Ellen MacArthur, 2023).



**Ilustración 1.** Modelo económico lineal

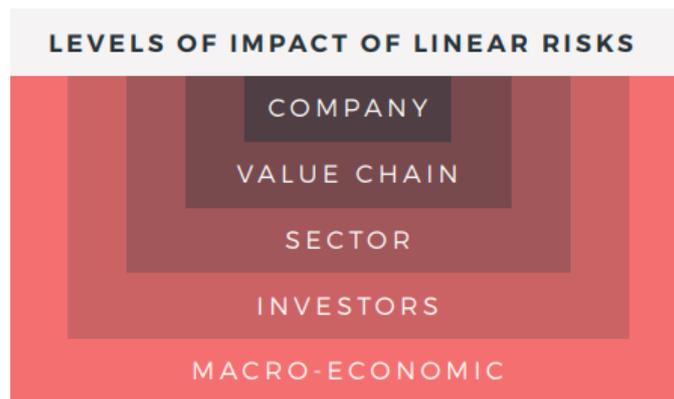
**Fuente:** Peltroche (2019)

Los recursos son finitos y somos cada vez más conscientes la degradación del medio ambiente que produce mantener el sistema económico lineal. Aun así, sigue vigente en la gran mayoría de industrias y ello se debe a un enfoque y una gestión de toda la economía equivocados, en concreto en agricultura, construcción y transporte. Mantener este modelo conduce a la destrucción total del capital natural del que dependemos y por ende la caída de la industria tal y como la conocemos. (Fundación Ellen MacArthur, 2023).

### **2.1.2. Riesgos del modelo económico lineal**

Las externalidades de las empresas no son un problema que hayan tenido muy en cuenta los directivos de las empresas para tomar las decisiones de sus negocios. No tomaban un gran valor dentro de sus perfiles de riesgo, de las cuentas de resultados ni se percibía que aumentasen o disminuyesen el valor de la empresa. Pero, los inversores y demás agentes económicos ven en estas un punto esencial a tener en cuenta de la vida de la empresa.

Por ello, el modelo económico lineal se postula como un generador nato de externalidades negativas. No solo afecta al ámbito de la empresa, sino que se expande indirectamente a todos los niveles de la economía como podemos apreciar en la **Ilustración 2** (Circle Economy, PGGM, KPMG, EBRD y WBCSD, 2018).



**Ilustración 2.** Niveles de impacto de los riesgos del modelo económico lineal

**Fuente:** Circle Economy, PGGM, KPMG, EBRD y WBCSD (2018)

Siguiendo la clasificación de Circle Economy, PGGM, KPMG, EBRD y WBCSD (2018) el impacto de la economía lineal se expande a cuatro niveles:

- **La cadena de valor.** Las empresas son sensibles a los cambios, en especial si dentro de su organización se encuentran actores muy expuestos a los riesgos de la economía lineal, produce una caída como si de fichas de dominó se tratase del resto de actores de la cadena.
- **El sector.** Las empresas se encuentran en un ecosistema y las industrias se pueden ver afectadas por no saber adaptarse al avance en los sectores de los que dependen.
- **Los inversores.** Las cartenas financieras tienen en cuenta los riesgos de la economía lineal; posibles roturas de stock por falta de materias primas, sanciones por no cumplir la normativa ambiental y un sinfín de problemáticas que pueden llevar a la quiebra por el viraje de los inversores hacia sectores más sostenibles.
- **La macroeconomía.** La economía lineal y su escasa viabilidad a largo plazo genera repercusiones macroeconómicas: posibles pérdidas de empleo, costes sociales o impacto negativo en el PIB entre otros. A corto plazo ya vemos los efectos, generando numerosa normativa a nivel estatal y europeo y cambios en los modelos de industria que repercuten en las condiciones socioeconómicas de los individuos.

La economía lineal presenta como principal solución el cambio hacia un modelo más circular. Con la aplicación de estrategias sostenibles se podría reducir en gran medida el impacto negativo del modelo lineal. Se reduciría la dependencia sobre los recursos naturales, el impacto sobre el medio ambiente se vería notoriamente disminuido, lo crearían nuevas líneas de negocio y se fomentaría la innovación. Por ello, un cambio de ruta permitirá a las empresas adaptarse mejor a la inestabilidad actual, enfocándose más en su impacto social y ambiental (Circle Economy, PGGM, KPMG, EBRD y WBCSD, 2018).

## 2.2. LA ECONOMÍA CIRCULAR

### 2.2.1. Definición

Como se ha indicado el modelo lineal actual es insostenible en el tiempo como modelo de producción predominante. La optimización de recursos, materias, productos y servicios manteniendo su valor dentro del cicloeconómico y reduciendo al mínimo la generación de residuos son objetivos clave a perseguir. Se producirá una transición hacia lo justo, con una economía más solidaria, en línea con la protección del medio ambiente y el progreso social sin dejar de ser productivo (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico-MITECO, 2020).

Esta situación propició la necesidad de acuñar el termino Economía Circular, que se entiende como un ciclo que se nutre de la optimización de recursos, a través del desarrollo y la transformación de sistemas productivos. Se genera así, una mayor eficiencia, tratando de mantener en el ciclo productos materiales y recursos el mayor tiempo posible generando valor. Es también objetivo de la Economía Circular la reducción de las externalidades negativas que se propician a lo largo del proceso de producción, sin abandonar el ideal de crecimiento económico (Fundación Ellen MacArthur, 2013).

La Economía Circular es restaurativa, tanto por intención como por diseño. Se instaura el modelo de “*conservación*” y se elimina el ideario de la “*caducidad*”; la economía se vira hacia sostenible abandonando los combustibles fósiles y los químicos tóxicos que dificultan la vuelta al ciclo de los productos, o al menos su fácil integración en la biosfera (Fundación Ellen McArthur, 2014).

La **Ilustración 3** muestra el cambio de paradigma que propone la economía circular, de un sistema abierto con un principio y un fin a un sistema cerrado que pretende mantener el máximo valor posible a los materiales y productos reduciendo los desechos.



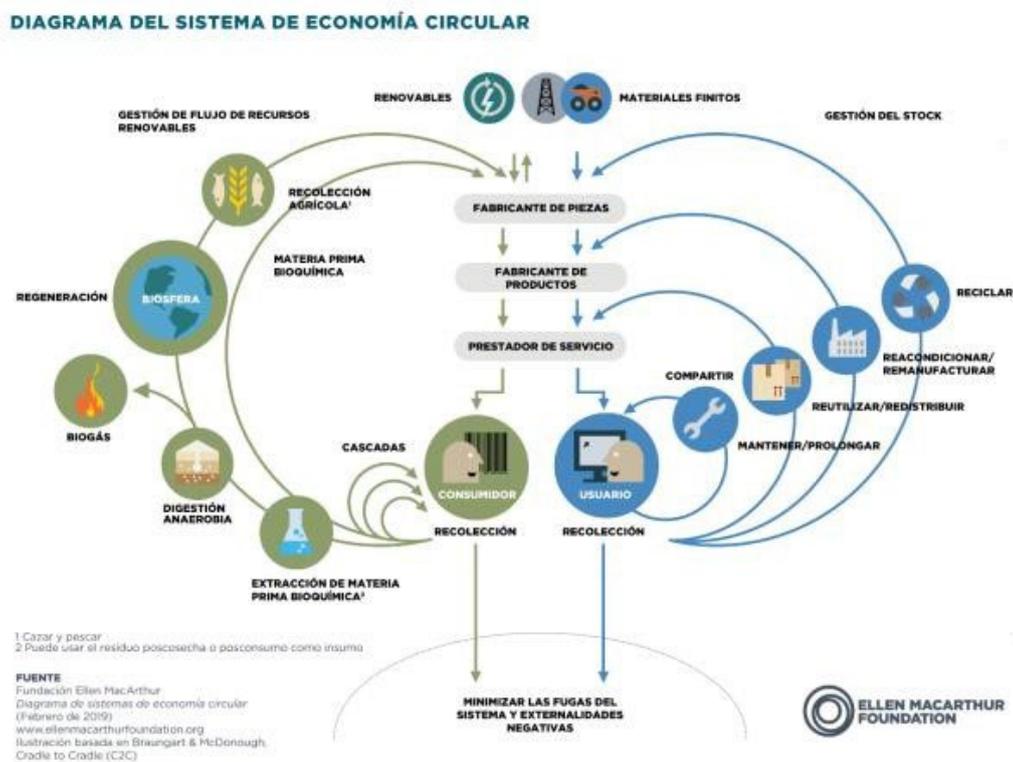
**Ilustración 3.** Economía lineal vs economía circular

**Fuente:** Peltroche (2019)

Para comprender la economía circular es básico atender al denominado “diagrama de mariposa” es una representación visual de la economía circular que, como se puede observar en la **Ilustración 4**, muestra la relación entre dos conceptos fundamentales: la gestión de recursos y la creación de valor.

En la economía circular, los recursos se gestionan de manera eficiente y sostenible, y se utilizan para crear valor a través de la producción de bienes y servicios. La gestión de recursos se divide en dos categorías: los recursos biológicos y los recursos técnicos. Los recursos biológicos incluyen los materiales orgánicos, como los residuos de alimentos y las plantas, que se pueden utilizar para producir energía o como materia prima en la producción de bienes. Los recursos técnicos, por otro lado, son los materiales inorgánicos, como los metales y los plásticos, que se utilizan en la fabricación de productos.

El “diagrama de mariposa” muestra que estos recursos pueden ser gestionados de manera más eficiente y sostenible a través de la economía circular. Propone un enfoque más sostenible para la gestión de residuos y emisiones, mediante la implementación de estrategias como la reducción, la reutilización y el reciclaje de residuos y la recuperación de energía. Estas estrategias permiten que los residuos y las emisiones se conviertan en recursos que pueden ser utilizados en la producción de nuevos bienes y servicios.



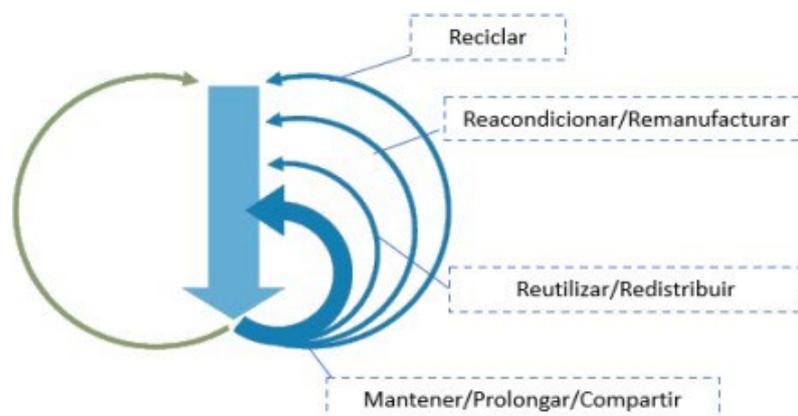
**Ilustración 4.** Diagrama de mariposa. Tipos de flujos de materiales

**Fuente:** Ellen MacArthur (2019)

En resumen, el “diagrama de mariposa” de la economía circular muestra que la gestión eficiente y sostenible de los recursos puede generar valor a través de la producción de bienes y servicios, al mismo tiempo que se minimiza el impacto ambiental.

La Economía Circular se debe entender desde la creación de valor por ello atendiendo a “*Towards a Circular Economy: Business rationale for an accelerated transition*” Ellen MacArthur Foundation, (2015) y como se impulsa a través de las diferentes características y principio de la economía circular. Existen 4 principios de creación y mantenimiento de valor:

- “***The power of the inner circle***”: se refiere a que la estrategia más valiosa es la que cierra más el círculo. Así pues, por ejemplo, un ordenador preserva mejor su valor cuando es reparado y mantenido en el tiempo, ya que mantiene sus piezas y el valor que adquirieron a lo largo del proceso productivo. Por ello, la el círculo más abierto que sería el reciclaje es el que menos valor mantiene ya que se abandona la esencia del producto final, como se observa en la **Ilustración 5**.



**Ilustración 5.** "The power of the inner circle"

**Fuente:** Ellen MacArthur Foundation (2015)

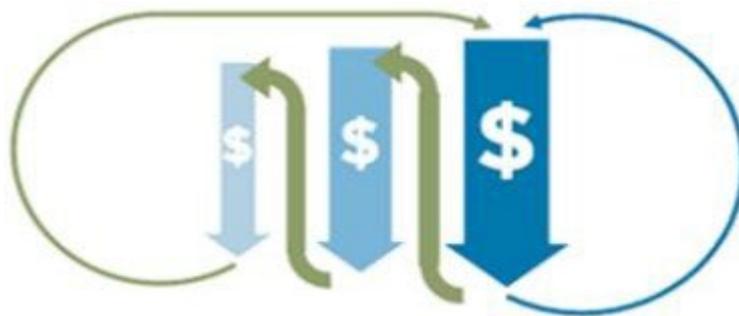
- “***The power of circling longer***”. Se trata de la maximización de tiempo que un producto se encuentra dentro de la rueda de la circularidad, estirando al máximo su valor. Cada vez que se reincorpora al círculo supone ahorro en los materiales y energía implicados en el proceso de producción de uno nuevo. Un punto negativo podría ser el avance tecnológico y la innovación que haría que la obsolescencia del producto impidiese que volviese a formar parte de nuevo del ciclo. Podemos observar en la **Ilustración 6** el flujo del producto que se reincorpora varias veces, teniendo un gran potencial en la cadena de valor.



**Ilustración 6.** "The power of circling longer"

**Fuente:** Ellen MacArthur Foundation (2015)

- ***“The power of cascades use and inbound material/product substitution”***. Hace referencia a la reutilización de los productos para diferentes producciones, un mismo producto no tiene que mantenerse dentro de su círculo la permeabilidad entre ellos permite generar valor en otros ámbitos, como podemos observar en la **Ilustración 7**. Un ejemplo serían los pallets de madera, su principal uso sería el transporte de mercancías, hoy en día vuelven a la cadena de valor en forma de decoración para hogares en forma de mesas o sofás.



**Ilustración 7.** *“The power of cascades use and inbound material/product substitution”*

**Fuente:** Ellen MacArthur Foundation (2015)

- ***“The power of pure inputs and designs”***. este es el principio bajo el que se encuentren todos anteriores. Los productos deben ser de calidad y lo menos tóxicos posibles, ya que dificultaría su reincorporación al círculo. El fomento de los ecodiseños es clave para el avance de la Economía Circular. La **Ilustración 8** explica de forma esquemática como un producto toxico puede a este volver al círculo, tiene que ser expulsado y no mantiene su valor,produciendo externalidades negativas en la mayoría de las ocasiones.



**Ilustración 8.** “The power of pure inputs and designs”

**Fuente:** Ellen MacArthur Foundation (2015)

### 2.2.2. Importancia y beneficios

El modelo lineal de la economía no es sostenible, como se observa en la **Ilustración 9**. Según el Eurostat sobre gestión de residuos de la Unión Europea se generaron aproximadamente dos mil quinientos millones de toneladas de residuos con un impacto sobre el medio ambiente muy notorio; de ellos el 10,30% procede directamente de las manufacturas, el 25,30% a minería y canteras y el 36,40% de la construcción. De estos se extrae que si se aplicase la economía circular muchos residuos se verían reducidos ya que la aplicación de diseños más ecológicos y la vuelta al proceso productivo de materiales reduciría la necesidad de extracción de materias primas (EUROSTAT, Agencia Europea del Medio Ambiente, Comisión Europea, 2023).



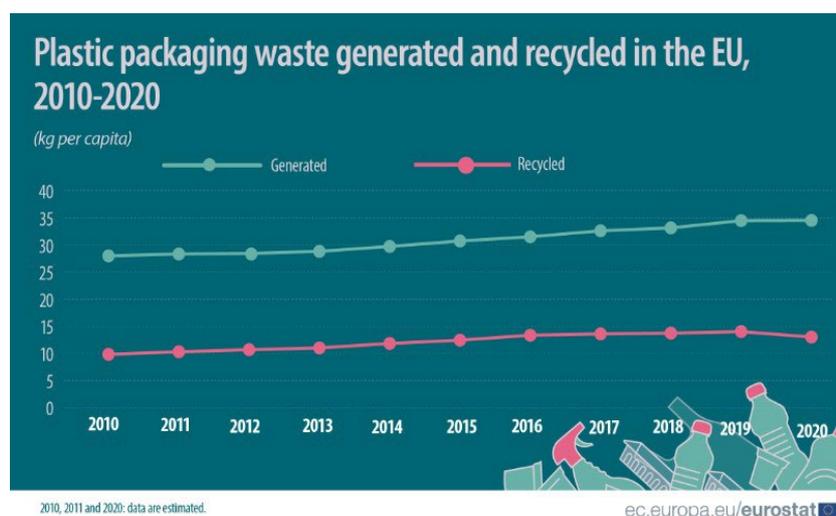
**Ilustración 9:** Infografía sobre la proporción de residuos por sector en la UE

**Fuente:** EUROSTAT, Agencia Europea del Medio Ambiente, Comisión Europea (2023)

Estos datos son extremadamente alarmantes y ponen en alerta a instituciones y organismos reguladores que impulsan reformas legislativas constantes en materia de sostenibilidad. Entre estas reformas se encuentra; el apoyo para el desarrollo de productos con diseño circular y un cambio de paradigma en el enfoque de sectores intensivos en fuentes de energía y materiales, como son el sector de la construcción, textil, plástico y electrónico; todos están plasmados en el marco del Pacto Verde Europeo (EUROSTAT, Agencia Europea del Medio Ambiente, Comisión Europea, 2023).

El artículo de prensa “Economía Circular: definición, importancia y beneficios” Noticias Parlamento Europeo (2023) plasma las tres razones fundamentales por las cuales debemos pasar de un modelo lineal a uno circular:

- **Proteger el medio ambiente.** La pérdida de biodiversidad, la alteración de paisajes y espacios naturales, podrían verse reducidos en gran medida aumentando el volumen de reciclado y reutilización. Como plasma la **Ilustración 10**, se estima que un europeo genera al año 180 kg de residuos plásticos, de los cuales al menos 35 kg se corresponden a envases de productos de un único uso. Con la creación de productos más eficientes y sostenibles se pueda reducir el impacto ambiental en hasta un 80%.



**Ilustración 10:** “Packaging waste statics”

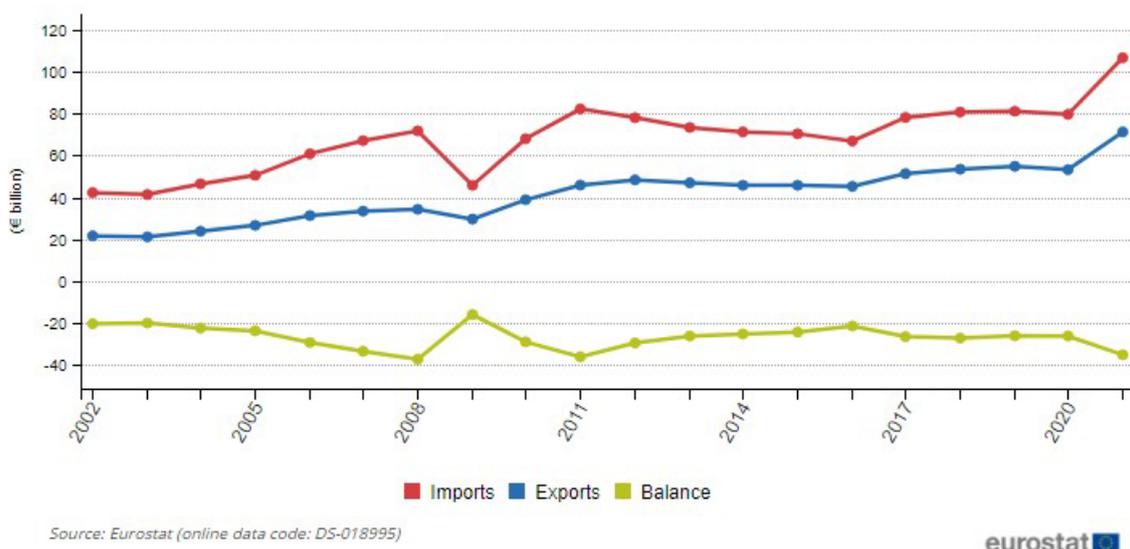
**Fuente:** EUROSTAT, Agencia Europea del Medio Ambiente, Comisión Europea (2023)

Otro problema es la emisión de gases de efecto invernadero, como recoge el artículo previamente citado, “Según la Agencia Europea de Medio Ambiente, los procesos industriales y el uso de productos son responsables del 9,10% de las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE, mientras que la gestión de residuos representa el 3,32%”. Estos datos dan a entender que una industria más responsable que tienda hacia la circularidad pueda generar una menor cantidad de residuos que se traduzcan en un menor impacto ambiental.

- **Reducción de la dependencia de materias primas.** La escasez de recursos es palpable en nuestro día a día; por ejemplo, la crisis de los microchips está lastrando el avance tecnológico en todo el mundo. La población mundial crece y con ella la demanda de productos, lo que obliga a la Unión Europea a triplicar su valor total de comercio de materias primas desde 2002. A pesar de que se aprecie un crecimiento en las exportaciones el peso de la importación es mayor, generando un déficit comercial de 35.500 millones de euros (EUROSTAT, 2023).

Por ello la economía circular es clave para reducir esta dependencia y los riesgos asociados la ruptura de la cadena de suministro por falta de stocks. Evitar así la volatilidad de los precios en escenarios económicos desfavorables serán menores. Como podemos observar en la **Ilustración 11**, el balance de exportación de la Unión Europea es negativo y la dependencia de materias primas de terceros países genera una inseguridad en caso de crisis de stocks de materias primas. La implantación de un sistema económico circular reduciría esta dependencia al volver al ciclo la mayoría de los materiales, siendo menos dependientes y encontrándose menos castigada la Unión Europea por la volatilidad de precios.

*EU trade in raw materials, 2002-2021*



**Ilustración 11:** *EU trade in raw materials, 2002-2021*

**Fuente:** EUROSTAT (2022)

- **Creación de empleo.** Según la resolución del Parlamento Europeo, de 10 de febrero de 2021, sobre el nuevo solo en Europa la economía circular creará 700.000 nuevos empleos, en base a estimaciones de 2012 a 2018 donde creció un 5% alcanzando ya la cifra de cuatro millones de puestos de trabajos creados gracias a políticas relacionadas con la economía circular, la gran parte de esos empleos de alto valor añadido que orientados al fomento de la innovación en diferentes sectores económicos (Comisión Europea, 2020).
- **Innovación.** El cambio hacia un modelo circular conlleva la necesidad de rediseñar prácticamente toda la producción, desde la logística con nuevas rutas y formas de reparto, la utilización de nuevos materiales y el uso de nuevas tecnologías (Ellen MacArthur Foundation, 2015).
- **Reducción de las externalidades negativas.** Un modelo de economía circular permitiría gestionar las externalidades, como el uso del suelo, la contaminación atmosférica, del agua y acústica, la liberación de sustancias tóxicas y el cambio climático. El modelo circular beneficiaría a los hogares al reducir el coste del tiempo perdido en atascos en un 16% para 2030, y cerca de un 60% para 2050 (Ellen MacArthur Foundation, SUN, McKinsey & Co, June 2015).

## 2.3. LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL CONTEXTO GLOBAL Y EUROPEO

### 2.3.1. Una aproximación global

La economía circular avanza de forma asimétrica a lo largo del mundo debido, precisamente, a las diferencias sociales, tecnológicas, productivas, de desarrollo de capital humano cualificado y financiación. Sí bien este trabajo se centra en las políticas y acciones llevadas a cabo en el contexto de la Unión Europea y España como ejemplo global de desarrollo sostenible, no podemos olvidar el avance en otros países y organizaciones como recalca el informe “La Economía Circular en América Latina y el Caribe: oportunidades para desarrollar resiliencia”. En América Latina y Caribe se están llevando a cabo políticas en la extracción de materias primas, fomentando la reducción del impacto ambiental en sectores como el minero, aumentando la inversión en I+D+I, imitando a países como China en sus políticas circulares para el acero, evitando ser tan intensiva en recursos acuíferos y energéticos (Chatham House, 2020).

África también está abrazando la economía circular de la mano de proyectos como la Alianza Africana de Economía Circular y la Red Africana de Economía Circular. Con el apoyo de la Unión Europea a través del proyecto JUST2CE, se pretende alcanzar es una transición justa, responsable e inclusiva hacia la Economía Circular, facilitando las políticas de cambio sin dejar de lado los Derechos Humanos, que han sido violados de manera sistemática en los países africanos y son eje primordial de defensa (Alianza Africana de Economía Circular y la Red Africana de Economía

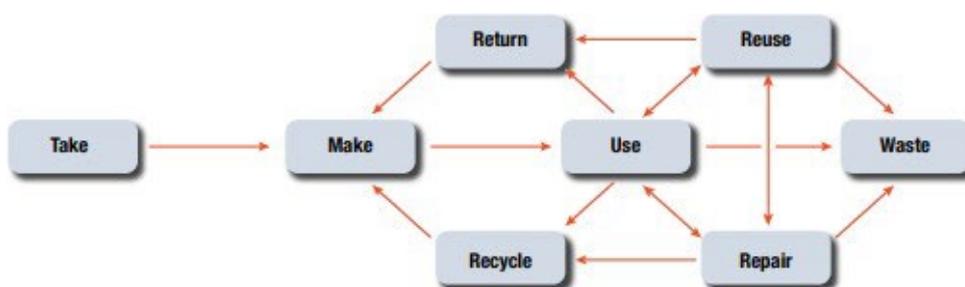
Circular, 2022).

En África no solo ponen los ojos las instituciones internacionales, también la empresa privada está llevando a cabo proyectos de economía circular. Es el caso de la Fundación Ikea que, con ayuda de la Red Africana de Economía Circular, en su hoja de ruta de proyectos se encuentra, porejemplo, la transformación de los sistemas alimentarios en Ruanda, poniendo al país como cabezavisible del cambio, brindándole apoyo técnico y empresarial que genere un ecosistema propicio para que la economía circular cristalice en el continente (Alianza Africana de Economía Circular y la Red Africana de Economía Circular, 2022).

Asia, y en concreto China es uno de los grandes retos a nivel global. El informe “La oportunidad de la Economía Circular para la innovación urbana e industrial en China” (Fundación Ellen MacArthur, 2020) destaca cinco focos de actuación en China: el urbanismo, los medios de transporte, la producción de electrónica y textiles en las fábricas y el sistema alimentario. Se estima que para 2040 “las ciudades sean más habitables, reduciendo las emisiones de partículas finas en un 50%, las emisiones de gases de efecto invernadero en un 23% y la congestión de tráfico en un 47%”. Además, para empresas y hogares se estima un ahorro de 70 billones de yuanes que correspondería al 16% del PIB proyectado de China para 2040 (Fundación Ellen MacArthur, 2020).

### 2.3.2. El modelo europeo

Europa es el faro de la Economía Circular, gobiernos, instituciones nacionales, supranacionales, entes públicos y privados caminan de la mano hacia el cambio (Plan de Acción para la Economía Circular 2020/2077(INI), 2022).



**Ilustración 12.** Diagrama Economía Circular.

**Fuente:** “*Squaring the Circle; policies from Europe’s Circular Economy Transition*” The World Bank (2022)

Como observamos en la **Ilustración 12** el proceso de extraer, hacer, usar y tirar ya no es la opción para la producción en Europa, la economía circular presenta una serie de acciones intermedias para mantener el valor de los productos y que no se conviertan en meros deshechos. Europa se encuentra en una clara desventaja en cuanto a recursos naturales se refiere, en comparación con el resto. El valor de un producto debe ser exprimido al máximo. Es por ello necesario que sea reincorporado en la cadena productiva, produciendo un retorno de los desechos que permitan generar nuevos productos y darles nuevas utilidades. El reciclado permite reducir la huella de carbono y a aprovechar al máximo los materiales de difícil biodegradación como plásticos, vidrios o metales. Por otro lado, la reutilización, acostumbrados a la cultura del usar y tirar es necesaria la producción con materiales cuya vida útil no sea única, que se pueda prolongar en el tiempo. Por último, la reparación de productos facilita los recambios y la universalidad como clave de este principio, un ejemplo claro sería la normativa europea que obliga a todos los teléfonos a tener un igual puerto de carga USB tipo C, lo que facilitara la reparación de los dispositivos siendo el puerto de carga una de las piezas que más averías generan.

La Unión Europea pretende impulsar este modelo a toda costa, por ello la Comisión, Comisión Europea y Parlamento Europeo, trabajan de manera coordinada y contrarreloj para generar un marco normativo propicio que fomente la instauración de este modelo económico. La coyuntura internacional no es propicia para la dependencia total de terceros, los conflictos bélicos llamando a la puerta del viejo continente y el aprendizaje de la pandemia con la caída a bloque de los mercados y subidas desorbitadas de los precios causa de un escenario inflacionario son el caldo de cultivo perfecto para fomentar el cambio hacia la circularidad (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022).

### **2.3.3. Plan de Acción sobre la Economía Circular**

La Unión Europea a mediados de 2014 publicó un comunicado “Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa”, propulsado por la Comisión Europea con el fin de cambiar el paradigma respecto a las políticas y gestión de residuos, enfocándolo de una manera menos lesiva para el medio ambiente y fomentando los diseños ecológicos y la reutilización de materiales (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022).

A mediados de 2015, con vistas a cinco años, se propuso un paquete de 54 medidas clave que nos guiarían hacia la circularidad a través del “Plan de Acción para una Economía Circular en Europa”. Estas medidas tal y como se detalla en el plan afectan: “por una parte, a las diferentes etapas del ciclo de vida de los productos: (diseño y producción, consumo, gestión de residuos y aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos mediante su reintroducción en la economía). Por otra parte, cinco áreas que la Comisión consideró prioritarias: (los plásticos, el desperdicio alimentario, las materias primas críticas, la construcción y la demolición y la biomasa y productos con base biológica.). El plan venía acompañado de un anexo en el que se detalla las

fechas en las que se pretende la completa implantación de las medidas (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022).

En vistas a continuar el camino hacia la circularidad en 2018, la Comisión lanzó un nuevo paquete de iniciativas siendo el más relevante “Estrategia europea para el plástico en una economía circular”. Este hace hincapié en la importancia en el ciclo productivo, el diseño de productos plásticos, su uso y posterior reciclado (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022).

Todos estos esfuerzos culminan en la adopción en 2020 del Plan de Acción sobre la Economía Circular, uno de los pilares principales sobre los que se asienta el Pacto Verde Europeo. Este plan de la Comisión persigue (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022):

- **Un marco para una política de productos sostenibles.** El artículo “*Ecodesign your future*” determina que aproximadamente el 80% del impacto ambiental de un producto se determina en su fase de diseño. Nos da una perspectiva clara de cómo se debe abandonar el modelo lineal de <<extraer-fabricar-usar>> ya que este hace que ese impacto no se aminore y que la cadena de valor del producto sea inferior (Comisión Europea, 2020).
- **Se pretenderá alcanzar una economía climáticamente neutra.** Se pondrá especial énfasis en tratar los recursos de una manera eficiente y circular. Por ello se va a promover una Directiva que ve más allá del gasto energético a la hora de estipular los diseños ecológicos y abarque la mayor cantidad de productos posibles (Comisión Europea, 2020). Además, complementariamente se establecerán unos principios de sostenibilidad y medios que abordan los siguientes aspectos: “durabilidad, reutilización, actualización y capacidad de reparación, aumentar el contenido reciclado de los productos y el reciclado de alta calidad, reducir la huella de carbono y la huella ecológica, limitar el uso de productos de un solo uso, prohibir la destrucción de los bienes duraderos que no hayan sido vendidos, incentivar los «productos como servicios», movilizar el potencial de digitalización de la información sobre productos, recompensar a los productos con arreglo a sus diferentes resultados en materia de sostenibilidad” (Comisión Europea, 2020).

Para la evaluación, control y cumplimiento eficaz y eficiente de los principios se impulsará un Espacio Europeo de datos para aplicaciones circulares inteligente. Evaluará mediante el análisis de datos e información la viabilidad e impacto de los productos. Por otro lado, se impulsarán medidas para la cooperación internacional e internacional entre

las diferentes autoridades, realizando inspecciones pactadas y vigilando el impacto de los nuevos productos en el mercado (Comisión Europea, 2020).

- **Empoderamiento de los consumidores y los compradores públicos.** Se revisará la legislación en lo que concierne a la protección de consumidores y usuarios de la UE, para garantizar que no se vea mermada su capacidad de decisión porque se les otorgue información poco verosímil del producto. Del mismo modo se luchará contra el <<blanqueo ecológico>> y la obsolescencia prematura y se propondrán unos requisitos de etiquetado claro que permitan diferenciar la categoría ecológica de los productos.

La Comisión impulsará del mismo modo una contratación pública ecológica que se trasponga a las diferentes legislaciones nacionales y fomente por parte de los compradores públicos unas buenas prácticas, que faciliten que el impacto de los organismos públicos sobre el medio ambiente se vea reducido y además ser ejemplo para el sector privado de que un cambio es posible (Comisión Europea, 2020).

- **Circularidad de los procesos de producción.** Quizás la circularidad es el aspecto más clave para alcanzar la neutralidad climática a largo plazo, nos permite ahorrar materiales y ampliar la cadena de valor de los productos. Para ello la Comisión establecerá una serie de pautas: “evaluar opciones que permitan fomentar una mayor circularidad de los procesos industriales, como la integración de las prácticas de la economía circular en los próximos documentos de referencia sobre las mejores técnicas disponibles, facilitar la simbiosis industrial mediante el desarrollo de un sistema de notificación y certificación promovido por la industria, apoyar al sector de base biológica circular y sostenible mediante la aplicación del Plan de acción para la bioeconomía, promover el uso de tecnologías digitales de localización, rastreo y mapeo de los recursos; registrando el sistema de verificación medioambiental de las tecnologías de la UE como marca de certificación de la UE” (Comisión Europea, 2020).

Por otro lado, con este plan la Comisión Europea mantiene los siguientes (Comisión Europea, 2020):

- **Una política de residuos más rigurosa en apoyo de la prevención de residuos y la circularidad.** La generación de residuos de la UE se estima anualmente en unas cinco toneladas per cápita, generando cada ciudadano aproximadamente media tonelada de residuos urbanos. Por ello es esencial ajustar una política de residuos específica con una legislación que genere seguridad jurídica, “se propondrá la revisión de la legislación de la UE sobre baterías, envases, vehículos al final de su vida útil y sustancias peligrosas en aparatos electrónicos a efectos de prevenir residuos, aumentar el contenido reciclado, promover unos flujos de residuos más seguros y limpios, y garantizar un reciclado de gran calidad” (Comisión Europea, 2020).

Se presentarán objetivos de reducción de residuos para adaptarse a la Directiva 2008/98/CE y se ampliará la responsabilidad de los productores obligando a la implantación de sistemas de intercambio de información y buenas prácticas en materia de reciclado de residuos (Comisión Europea, 2020).

- **Refuerzo de la circularidad en un entorno sin sustancias tóxicas.** La política y legislación de la Unión Europea sobre sustancias químicas tiene como objetivo proteger a los ciudadanos y el medio ambiente mediante la sustitución gradual de sustancias peligrosas por sustancias seguras desde el diseño. Sin embargo, aunque este enfoque promueve la seguridad en la producción de materias primas, la seguridad de las materias primas secundarias recicladas no está garantizada si aún contienen sustancias prohibidas. Para consolidar la confianza en el uso de estas materias primas, la Comisión Europea tiene una serie de medidas, como apoyar la implantación de soluciones para la retirada de contaminantes de los residuos, desarrollar metodologías para minimizar la presencia de sustancias peligrosas en materiales reciclados y cooperar con la industria para la identificación y gestión de sustancias preocupantes. Además, se propone la modificación de los anexos del Reglamento sobre contaminantes orgánicos persistentes y la introducción de mejoras en la clasificación y gestión de los residuos peligrosos. Por otro lado, la próxima estrategia en el ámbito de las sustancias químicas profundizará en las sinergias con la economía circular y reforzará la interacción entre las normas sobre sustancias químicas, productos y residuos (Comisión Europea, 2020).
- **Creación de un mercado de materias primas secundarias de la UE eficiente.** La UE ha introducido varias medidas, incluida la introducción de requisitos sobre el contenido reciclado en los productos, para prevenir el desequilibrio entre la oferta y la demanda de materias primas secundarias. Además, la Comisión se enfocará en evaluar y desarrollar criterios de fin de la condición de residuo para ciertos flujos de residuos, impulsará el papel de la normalización y aplicará restricciones sobre el uso de sustancias extremadamente preocupantes. También se evaluará la viabilidad de establecer un observatorio del mercado para materiales secundarios clave. Estas medidas buscan asegurar la expansión del sector del reciclado de la UE y garantizar el buen funcionamiento del mercado interior de las materias primas secundarias (Comisión Europea, 2020).
- **Atención a las exportaciones de residuos de la UE.** El mercado global de residuos ha experimentado cambios importantes en los últimos diez años, con millones de toneladas de residuos europeos exportados fuera de la UE sin un tratamiento adecuado. Estas exportaciones pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente y la salud de los países receptores y suponen una pérdida de recursos y oportunidades económicas para la

industria del reciclaje de la UE. Para abordar este problema, la Comisión tomará medidas para asegurar que la UE no exporte sus problemas de residuos a terceros países, a través de iniciativas de diseño de productos, calidad y seguridad de materiales secundarios y el refuerzo de sus mercados. Se llevará a cabo una revisión exhaustiva de las normas de la UE sobre los traslados de residuos para facilitar la preparación de materiales para la reutilización y el reciclaje en la UE y restringir las exportaciones de residuos dañinos para el medio ambiente y la salud en terceros países. Además, se respaldará la adopción de medidas multilaterales, regionales y bilaterales para combatir los delitos ambientales, incluidas las exportaciones ilegales y el tráfico ilícito de residuos (Comisión Europea, 2020).

Además, se llevarán a cabo las siguientes de medidas transversales:

- **La circularidad como requisito previo de la neutralidad climática.** La Comisión Europea propone intensificar la sinergia entre la economía circular y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para lograr la neutralidad climática. Para ello, se analizará cómo medir de manera sistemática los efectos de la circularidad en la mitigación del cambio climático y se mejorarán las herramientas de modelización. También se promoverá el papel de la circularidad en las revisiones de los planes nacionales de energía y clima. Además, se explorará un marco regulatorio para la certificación de las absorciones de carbono, basado en una contabilidad rigurosa y transparente para incentivar el despliegue de la absorción de carbono y la aplicación de la circularidad (Comisión Europea, 2020).
- **Una política económica adecuada.** La transición ecológica requiere medidas decisivas para fomentar la financiación de patrones de producción y consumo sostenibles. La Comisión ha tomado iniciativas como la integración de la economía circular en el Reglamento de taxonomía de la Unión Europea y la aplicación de los criterios de la etiqueta ecológica a los productos financieros. La Plataforma de apoyo financiero a la economía circular brinda asesoramiento y apoyo financiero a proyectos, incluyendo instrumentos financieros como *InvestEU* y garantías a las pymes. La Comisión propone un nuevo recurso propio basado en la cantidad de residuos de envases de plástico no reciclados. La Comisión también fomentará la divulgación de datos ambientales por parte de las empresas, el desarrollo de principios de contabilidad ambiental, la integración de criterios de sostenibilidad en las estrategias empresariales, objetivos de economía circular en el Semestre Europeo y la revisión de las Directrices sobre ayudas estatales, así como la aplicación de instrumentos económicos bien diseñados como la fiscalidad ambiental y el uso de tipos de IVA para promover actividades de economía circular (Comisión Europea, 2020).

- **Impulso de la transición mediante la investigación, la innovación y la digitalización.** Las empresas europeas lideran las innovaciones circulares y contarán con el apoyo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional, el programa *LIFE* y Horizonte Europa para financiar e impulsar el ciclo completo de innovación. Esto incluirá el desarrollo de indicadores y datos, materiales y productos nuevos, actividades de sustitución y eliminación de sustancias peligrosas, modelos de negocio circulares y nuevas tecnologías de producción y reciclaje. Las acciones Marie Skłodowska Curie también respaldarán la formación y la movilidad de los investigadores en este ámbito (Comisión Europea, 2020).
- **Las tecnologías digitales.** Podrán rastrear los movimientos de productos, componentes y materiales, y el Espacio Europeo de Datos para aplicaciones circulares inteligentes promoverá servicios como los pasaportes de productos y el mapeo de recursos. El Instituto Europeo de Innovación y Tecnología coordinará iniciativas innovadoras en economía circular, y la Comisión propondrá una estrategia de propiedad intelectual e industrial para impulsar la economía circular y nuevos modelos empresariales (Comisión Europea, 2020).

#### 2.4. LA ECONOMÍA CIRCULAR EN ESPAÑA

La Estrategia Española de Economía Circular (en adelante EEEEC), conocida como España Circular 2030, busca establecer un nuevo modelo de producción y consumo que maximice el valor de los productos, materiales y recursos, manteniéndolos en la economía durante el mayor tiempo posible, minimizando la generación de residuos y aprovechando al máximo los que no se pueden evitar. Esta estrategia contribuye a los esfuerzos de España por lograr una economía sostenible, descarbonizada, eficiente en el uso de los recursos y competitiva (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico-MITECO, 2020).

La EEEEC se alinea con los objetivos de los planes de acción de economía circular de la UE, el Pacto Verde Europeo y la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Esta estrategia establece un decálogo de orientaciones estratégicas y una serie de objetivos cuantitativos a alcanzar para el año 2030 en áreas como la reducción del consumo de materiales y la generación de residuos, la mejora de la eficiencia en el uso del agua y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico-MITECO, 2020).

Las líneas principales de actuación sobre las que se enfocarán las políticas e instrumentos de la Estrategia de Economía circular y sus correspondientes planes de actuación son ocho, cinco de ellas relacionadas con el cierre del círculo (producción, consumo, gestión de residuos, materias primas secundarias y reutilización del agua) y tres transversales (sensibilización y participación, investigación, innovación y competitividad, y empleo y formación) (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico-MITECO, 2020).

La EEEEC también incluye indicadores de seguimiento para evaluar el progreso de España hacia una economía circular y para comparar el progreso con otros países de la UE, incluyendo la participación del sector residuos en la emisión de gases de efecto invernadero (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico-MITECO, 2020).

La Estrategia Española de Economía Circular establece la elaboración de planes de acción trienales que coordinen y concreten las medidas de la Administración General del Estado para promover la economía circular en diferentes políticas sectoriales. El I Plan de Acción de Economía Circular se basa en los criterios definidos en la EEEEC y se divide en cinco ejes y tres líneas de actuación. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico-MITECO, 2020).

1. **"Producción"**. Busca promover el diseño y rediseño de procesos y productos para optimizar el uso de recursos naturales no renovables, fomentando la incorporación de materias primas secundarias y materiales reciclados y minimizando la incorporación de sustancias nocivas.
2. **"Consumo"**. Centrado en reducir la huella ecológica a través de un consumo más responsable que evite el desperdicio y las materias primas no renovables.
3. **"Gestión de los Residuos"**. Aplicación de manera efectiva el principio de jerarquía de los residuos, favoreciendo la prevención (reducción), la preparación para la reutilización y el reciclaje de los residuos.
4. **"Materias primas secundarias"**. Enfocado en reducir el uso de recursos naturales no renovables y reincorporar en el ciclo de producción los materiales contenidos en los residuos como materias primas secundarias.
5. **"Reutilización y depuración del agua"**. Busca promover un uso eficiente del recurso agua, su protección y su uso de una manera innovadora.

Las tres líneas de actuación incluyen: 1) la "Investigación, innovación y competitividad", para impulsar el desarrollo y aplicación de nuevos conocimientos y tecnologías, 2) la "Participación y sensibilización", para fomentar la implicación de la ciudadanía y agentes económicos y sociales en la aplicación del principio de jerarquía de los residuos, y 3) la "Empleo y formación", para promover la creación de nuevos puestos de trabajo en el marco de la Economía Circular (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico -MITECO, 2021).

La Estrategia Española de Economía Circular ha diseñado un modelo organizativo que incluye la creación del Consejo de Economía Circular. Este Consejo será responsable de colaborar en la aplicación, seguimiento, revisión y elaboración de propuestas anuales en el marco de la EEEEC. El I Plan de Acción de Economía Circular (PAEC) contempla una medida específica para la creación y puesta en marcha de este Consejo durante el periodo 2021-2023 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico -MITECO, 2021).

El Comité Ejecutivo de la Comisión Interministerial propondrá la creación del Consejo, en el que participarán los agentes sociales, económicos y ambientales de los sectores primario, secundario y terciario, gestores de residuos, sistemas de responsabilidad ampliada del productor, consumidores y organismos y centros de investigación que impulsen la I+D+i. Además, podrán participar expertos independientes del ámbito académico, con experiencia y reconocimiento en el ámbito de la economía circular, para formular ideas, sugerencias y propuestas. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico -MITECO, 2021).

Las entidades que integren el Consejo deberán mostrar un compromiso claro e inequívoco a favor de implantar un modelo económico circular y sostenible, y ser representativas de las entidades económicas, ambientales y sociales, preferiblemente de los sectores prioritarios que recoge la EEEC o de los gestores de residuos, colectivo de responsabilidad ampliada del productor, agentes sociales, agentes ambientales, centros de I+D+i y consumidores. Los expertos independientes deberán ser del ámbito académico y tener experiencia y reconocimiento en el ámbito de la economía circular. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico -MITECO, 2021).

El Consejo de Economía Circular se renovará en función del periodo de vigencia de los Planes de Acción de Economía Circular (PAEC), que tienen un periodo temporal de tres años (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico -MITECO, 2021).

#### **2.4.1. Los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE)**

Los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (en adelante PERTE) son iniciativas de gran envergadura que tienen un impacto significativo en el crecimiento económico, el empleo y la competitividad de la economía española. Se caracterizan por su alto grado de colaboración público-privada y su alcance transversal en diferentes administraciones. (Gobierno de España “Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia, 2022).

Los PERTE son una nueva figura concebida tras el COVID-19 como un mecanismo de impulso y coordinación de proyectos prioritarios y complejos, en los que existe un fallo de mercado, externalidades importantes o una falta de iniciativa o capacidad de inversión por parte del sector privado. Su objetivo es contribuir a una gestión eficiente de los fondos y fortalecer los proyectos que claramente contribuyen a la transformación de la economía española (Gobierno de España “Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia, 2022).

Debido al tamaño y número de actores involucrados en los PERTE, se requiere una gobernanza singular que permita la participación de los diferentes actores en la toma de decisiones con transparencia y rendición de cuentas que exige el sector público. Todas las entidades interesadas deberán suscribir una serie de normas comunes para su acreditación en el nuevo Registro estatal

de entidades interesadas en los PERTE. Los PERTE son aprobados por el Consejo de ministros a partir de Criterios objetivos y transparentes (Gobierno de España “Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia, 2022).

Dado que este trabajo está enfocado hacia la Economía Circular y la Industria 4.0 y su incidencia sobre el sector automovilístico trataremos aparte el PERTE para el vehículo eléctrico y conectado y el PERTE de Economía Circular. No obstante, haremos una breve remisión a aquellos PERTE que presentan sinergias estratégicas con la economía circular. Estos son (Gobierno de España “Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia, 2022).

- El PERTE para la salud de vanguardia. Tiene como objetivo mejorar la salud de la población a través de la innovación diagnóstica, terapéutica y preventiva en el Sistema Nacional de Salud, con el fin de fomentar la generación de tejido industrial y la creación de empleo de calidad.

Para lograr este objetivo, se pretende fomentar la incorporación de técnicas y tecnologías innovadoras para el diagnóstico y la prevención de las enfermedades, con especial atención a su aplicación en el punto de atención al paciente. También se busca promover el desarrollo de terapias avanzadas, facilitando su transferencia a la práctica clínica mediante alianzas con el sector empresarial y fortaleciendo el tejido industrial.

Para lograr una sinergia con la economía circular, sería necesario asegurar que la producción y el uso de medicamentos y vacunas se realicen de manera sostenible, minimizando el impacto ambiental y maximizando la reutilización de materiales. También se podrían explorar modelos de negocio basados en la economía circular, como el alquiler o la reutilización de equipos y dispositivos médicos.

- El PERTE de energías renovables, hidrógeno renovable y almacenamiento. Tiene como objetivo impulsar la transición hacia una economía neutra en carbono y reducir la dependencia energética exterior. España cuenta con una posición privilegiada en esta área, por lo que se busca apuntalar y reforzar las áreas asociadas a la transición energética. Para lograrlo se han puesto en marcha 25 medidas transformadoras encaminadas al desarrollo de tecnología, capacidades industriales y nuevos modelos de negocio, así como su implantación en el tejido productivo del país. Además, se ha creado el sello distintivo Energía NextGen para dar seguimiento a los proyectos relacionados con un mismo objetivo estratégico que reciban distintas ayudas.

También se han implementado 17 medidas de acompañamiento para favorecer el desarrollo del PERTE, como la formación y capacitación que permita la adaptación de las industrias a las nuevas tecnologías y aprovechar las oportunidades de generación de empleo. Finalmente, se ha establecido un sistema de seguimiento, evaluación y análisis del impacto en la cadena de valor de transición energética en España.

Para lograr una sinergia con la economía circular, se podría explorar el uso de hidrógeno verde producido a partir de energías renovables como alternativa sostenible y circular a los combustibles fósiles.

- El PERTE agroalimentario. Busca una sinergia con la economía circular al promover el desarrollo sostenible de toda la cadena agroalimentaria. Esto incluye la reducción de residuos y la utilización de subproductos y materiales de desecho para generar nuevos productos y servicios. Por ejemplo, se pueden utilizar los residuos orgánicos de la producción de alimentos como materia prima para la generación de energía renovable, como el biogás. Además, la digitalización de los procesos puede ayudar a optimizar la producción y reducir el desperdicio de alimentos, contribuyendo así a una economía más circular y sostenible.
- El PERTE industria naval. Busca fomentar la diversificación del sector hacia nuevos productos y mejorar su sostenibilidad ambiental a través de la capacitación de sus empleados y su digitalización. Se busca involucrar a toda la cadena de valor del sector, desde el personal investigador y académico hasta los proveedores y prestadores de servicios. Una sinergia con la economía circular podría lograrse mediante la implementación de prácticas de economía circular en la fabricación de barcos, por ejemplo, utilizando materiales reciclados o renovables en la construcción y reduciendo la generación de residuos durante el proceso de producción. También se podrían explorar modelos de economía circular en la gestión de residuos y en la recuperación y reutilización de materiales al final de la vida útil de los barcos.
- El PERTE para la digitalización del ciclo del agua. Tiene como objetivo transformar y modernizar los sistemas de gestión del agua, mejorar la eficiencia, reducir las pérdidas en las redes de suministro, aumentar la seguridad del suministro y contribuir a la seguridad de las infraestructuras hidráulicas. Además, busca promover la economía circular mediante el uso de técnicas de *big data* y analítica avanzada para la gestión y planificación del recurso hídrico, así como la incorporación de recursos digitales para mejorar la gestión y reducir el consumo de agua y energía.

Una sinergia con la economía circular podría ser la implementación de sistemas de reutilización de agua en industrias o comunidades, permitiendo reducir el consumo de agua y disminuir la contaminación del recurso hídrico. Por ejemplo, se podrían utilizar tecnologías avanzadas para el tratamiento de aguas residuales y su posterior reutilización en procesos industriales o en riego, evitando la necesidad de extraer agua limpia de fuentes naturales y reduciendo la cantidad de agua que se vierte en ríos y mares.

- El PERTE de la descarbonización industrial. Tiene como objetivo apoyar la transición de la industria hacia modelos y procesos más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, con el fin de lograr la neutralidad climática en 2050. Se invertirán 3.100

millones de euros para movilizar un total de 11.800 millones de euros de inversión. Se espera que la inversión en descarbonización y modernización de la industria permita un aumento de la competitividad del sector del 10% y la creación de 8.000 empleos. Además, se prevé una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de hasta 13 millones de toneladas al año.

#### **2.4.2. PERTE para el desarrollo del vehículo eléctrico y conectado.**

El Gobierno español ha presentado el Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica del Vehículo Eléctrico y Conectado (PERTE\_VEC), el cual recibirá financiamiento de los fondos Next Generation EU y está valorado en 3.000 millones de euros. Este es el primer plan aprobado por Bruselas en España (La Moncloa, 2022).

El PERTE es una iniciativa del gobierno español que busca convertir la fabricación del vehículo eléctrico y conectado en un proyecto tractor que refuerce la industria de automoción en todo el país. La Comisión Europea ha autorizado la inversión de 3.000 millones de euros en el proyecto, que será financiado en parte por los fondos Next Generation EU (La Moncloa, 2022).

La iniciativa tiene como objetivo facilitar las inversiones en I+D y medidas de protección medioambiental en la cadena de suministro de vehículos eléctricos y conectados. Estos 3.000 millones de euros supondrán un incentivo para el sector, ya que son proyectos que no se llevarían a cabo en ausencia de apoyo público. Además, el proyecto se complementa con otras ayudas como el Plan Moves, el Programa Moves Proyectos singulares, el Programa Tecnológico de Movilidad Sostenible del CDTI, inteligencia artificial y vehículo conectado (La Moncloa, 2022).

El PERTE va dirigido a uno de los sectores estratégicos de la economía española, que representa el 11% de la cifra de negocios del total de la industria y el 15% del total de las exportaciones españolas. Se espera que la creación de empleo generada por el PERTE alcance los 140.000 puestos de trabajo y que la contribución al PIB se sitúe entre el 1% y el 1,7%. Además, se espera alcanzar en 2023 los 250.000 vehículos eléctricos matriculados y entre 80.000 y 110.000 puntos de recarga desplegados (La Moncloa, 2022).

En cuanto a las sinergias con la economía circular, el PERTE fomenta el desarrollo de vehículos eléctricos y conectados, que son más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente que los vehículos convencionales. Además, el proyecto promueve la inversión en I+D y medidas de protección medioambiental en la cadena de suministro, lo que puede contribuir a reducir el impacto ambiental de la industria de automoción. Por otro lado, el desarrollo de una infraestructura de recarga para vehículos eléctricos puede fomentar el uso de energías renovables y reducir la dependencia de los combustibles fósiles (La Moncloa, 2022).

El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la Economía Española (en adelante, el Plan de Recuperación), está dotado de numerosas iniciativas en materia de inversiones y reformas estructurales, interrelacionadas entre ellas para lograr una España más verde, digital y cohesionada. El Plan de Recuperación como observamos en la **Ilustración 13** gira en torno a tres pilares y está en concordancia con las prioridades europeas, buscando redefinir la industria de la automoción (Gobierno de España 2022).



**Ilustración 13:** “Pilares del Plan de Recuperación”

**Fuente:** Gobierno de España (2022)

La iniciativa tiene como finalidad crear un ecosistema completo para la fabricación y el desarrollo del vehículo eléctrico y conectado en España, abarcando toda la cadena de valor industrial. Para lograrlo, se requiere la participación de los actores de la cadena de valor de la industria automotriz española, que deben poseer las capacidades e infraestructuras necesarias para el desarrollo de actividades que permitan la fabricación competitiva del vehículo eléctrico y conectado. Como podemos observar en la **Ilustración 14**, alrededor del proceso de producción de la cadena de valor, se deben instaurar una serie de iniciativas para que el vehículo eléctrico y conectado sea una realidad palpable. La instauración alrededor de la cadena de valor industrial permitirá una transición ecológica hacia el Pacto Verde, facilitará la reindustrialización del sector agilizando

procesos y haciéndolo más eficiente y una transición hacia lo digital que permita gracias al análisis de datos, alinearnos con los proyectos europeos (Gobierno de España 2022).



**Ilustración 14:** “Ecosistema PERTE VEC”

**Fuente:** Gobierno de España (2022)

El PERTE VEC se compone de dos ámbitos de actuación diferenciados. El primero se enfoca en el impulso de los proyectos transformadores de la cadena de valor del VEC, incidiendo tanto en elementos centrales de la cadena industrial como en elementos complementarios y transversales relacionados con la economía circular, la digitalización y la formación. La característica más importante de esta medida es su enfoque holístico respecto a toda la cadena de valor del VEC. Además, se incluyen medidas de apoyo específicas para eslabones de la cadena de valor relevantes para su transformación, con especial incidencia en la I+D+i y la digitalización (Gobierno de España 2022).

El segundo ámbito de actuación es el de las medidas facilitadoras, que pueden contribuir tanto a la creación de una nueva movilidad como al desarrollo del vehículo eléctrico. Aquí se incluyen tanto las medidas de carácter normativo como otras dirigidas a la electrificación, la economía circular, la digitalización, etc. (Gobierno de España 2022).

El sector de la automoción está cambiando hacia soluciones integrales que conformen ecosistemas colaborativos e interdependientes. Para llevar a cabo esta transformación, es necesario interconectar a las empresas tradicionales del sector con los nuevos agentes de sectores complementarios que trascienden al ámbito puramente sectorial, como el digital o el energético (Gobierno de España, 2022).

El gobierno presenta el Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) para ser financiado principalmente con el Fondo de Recuperación-Next Generation EU, con el objetivo de reforzar la autonomía estratégica, la modernización, la descarbonización y digitalización del sector de la automoción (Gobierno de España, 2022).

Las palancas de este proyecto son garantizar la resiliencia de la economía y de la industria, impulsar la inversión industrial basada en proyectos de innovación, ampliar la autonomía industrial del país, orientación estratégica hacia los compromisos adquiridos por España y la UE a medio y largo plazo, integración de las empresas españolas en las grandes cadenas de valor industriales estratégicas de la movilidad y la automoción, y mejorar la competitividad del sector de la automoción (Gobierno de España, 2022).

El PERTE permitirá articular las inversiones públicas de los distintos componentes del plan, y coordinar las acciones de los distintos eslabones de la cadena de valor. La consecución de los objetivos del PERTE supondrá en términos de impacto, la transformación de la cadena de valor tradicional en una cadena de valor colaborativa e interdependiente (Gobierno de España, 2022).

### **2.4.3. PERTE de Economía Circular**

España se encuentra en una situación de déficit ecológico, donde su demanda de recursos naturales supera con creces su capacidad de producción. Esto no solo tiene impactos ambientales negativos, sino que también hace que la economía sea más vulnerable y menos competitiva al depender en gran medida de recursos externos. Ante esta realidad, la economía circular se presenta como una alternativa que busca maximizar la utilización de productos, materiales y recursos, reducir los residuos generados y valorizarlos para reintegrarlos en los ciclos productivos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

Tanto el Gobierno español como la Unión Europea han destacado la importancia de la economía circular, que se espera que sea uno de los impulsores clave de la reactivación económica. Se estima que su aplicación en toda la economía de la UE podría aumentar el PIB en un 0,5% adicional para 2030 y generar alrededor de 700.000 nuevos empleos. En España, en el año 2019, las actividades relacionadas con la protección del medio ambiente y la gestión de recursos

naturales contribuyeron al 2,11% del PIB, siendo la gestión de residuos responsable de aproximadamente el 23% de esta contribución (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

La economía circular en España ha demostrado su potencial para dinamizar la economía, con un claro enfoque en el desarrollo, la innovación y la generación de empleo. En 2016, las actividades circulares como la reparación, reutilización y reciclaje generaron un valor añadido de casi 147.000 millones de euros, con una inversión de alrededor de 17.500 millones de euros. La promoción de la economía circular implica la creación de empleos, principalmente en los sectores de reciclaje, reparación y servicios, debido al aumento en la demanda de servicios en lugar de productos. Estos empleos pueden ser una oportunidad para personas en riesgo de exclusión social, ya que en algunos casos no requieren altas cualificaciones, mientras que otros estarán vinculados a nuevas habilidades y tecnologías (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

Desde una perspectiva sectorial, la economía circular se enfoca en objetivos concretos que buscan mejorar la sostenibilidad y eficiencia de los productos y procesos. Algunos de los objetivos comunes incluyen (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

- **Ecodiseño:** Se busca mejorar el diseño de productos para prolongar su vida útil, mejorar su reciclabilidad y promover el uso de materias primas secundarias en su fabricación. Esto implica considerar aspectos como la durabilidad y facilidad de desmontaje de los productos.
- **Gestión de fin de vida útil:** Se promueve una gestión más efectiva de los productos al final de su vida útil y de los residuos generados. Esto implica fomentar la creación de plantas de tratamiento que aumenten las tasas de preparación para la reutilización, reciclado y valorización de los materiales, con el objetivo de reducir el vertido de residuos y avanzar hacia la recuperación de materias primas clave.
- **Digitalización:** Se busca incorporar o aumentar el uso de tecnologías digitales en línea con los objetivos anteriores. La digitalización puede contribuir a optimizar los procesos de producción, seguimiento y gestión de productos, facilitando la trazabilidad y el intercambio de información relevante para mejorar la eficiencia y reducir el desperdicio.

Estos objetivos reflejan la necesidad de impulsar cambios en los modelos de producción y consumo, promoviendo la circularidad de los recursos y minimizando los impactos ambientales. La adopción de enfoques tecnológicos y estratégicos alineados con estos objetivos contribuirá a avanzar hacia una economía más sostenible y resiliente (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

El Plan Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) tiene como objetivo impulsar la Economía Circular en diferentes ámbitos a través de diversas iniciativas. Se identificaron tres sectores clave de la economía española que requieren medidas específicas para

promover la circularidad: la industria textil, la industria del plástico y la industria de las energías renovables. Estos sectores enfrentan desafíos particulares en términos de sostenibilidad, lo cual justifica la implementación de acciones específicas para fomentar la circularidad en (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

El apoyo individualizado a estos sectores, junto con las ayudas para la adopción de prácticas circulares en las empresas, conformaría un PERTE en Economía Circular que permitiría un avance significativo en la implementación de este nuevo modelo en la industria española. Aunque estos sectores tienen un alto nivel de desarrollo en el país, la gestión de residuos, la reutilización de materiales y la adopción de prácticas circulares aún están en una etapa inicial o requieren un impulso adicional (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

Además, debido al peso y al crecimiento proyectado de estos sectores, se prevé una generación considerable de residuos en los próximos años, lo que demandará una gestión acorde con la jerarquía de residuos. Dado el acceso limitado a la tecnología necesaria para la circularidad en estos sectores y los altos costos asociados a los procesos de reutilización y tratamiento de residuos, es fundamental el apoyo público a proyectos que impulsen esta transformación, complementando los esfuerzos empresariales en estas áreas (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

La inclusión de estos sectores en el PERTE permitirá reintroducir en el ciclo productivo una gran cantidad de recursos que actualmente se desaprovechan, lo que contribuirá a una economía más sostenible, eficiente, competitiva y menos dependiente del exterior. Además, esta selección brinda la oportunidad de posicionar a España como líder tanto a nivel europeo como global, ya que la mayoría de los países carecen o tienen déficits en términos de instrumentos y medidas adecuadas para abordar las necesidades y exigencias normativas nacionales y comunitarias de los últimos años en estos ámbitos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

Además, el PERTE se relaciona directamente con otros PERTE; PERTE, como el de Energías Renovables, Hidrógeno Renovable y Almacenamiento (“ERHA”), el “AGROALIMENTARIO” y el PERTE para el desarrollo del Vehículo Eléctrico y Conectado (“VEC”). Utilizando como vehículo diferentes instrumentos como vemos en la **Ilustración 15**. Las mejoras en I+D+i, mejoraran las técnicas productivas, que obligara la inversión en estructura y tecnología, que a su vez generará ecodiseños más reutilizables que favorezcan la logística inversa u otorgar segundas vidas a los productos. De esta manera la transversalidad del PERTE es enorme y requiere su implementación lo antes posible.

SECTORES	INSTRUMENTOS
 <b>Sector Textil</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ayudas para incentivar la producción e incorporación de <b>materias primas con bajo impacto, recicladas y/o de origen renovable</b> (algodón, cáñamo, lana, reciclados, fibras artificiales, etc.) a través proyectos innovadores.</li> <li>2. Ayudas para el desarrollo de iniciativas colaborativas de <b>I+D+i</b> que permitan la puesta en común del conocimiento, como la realización de proyectos piloto y su escalado para la gestión de residuos, la generación e incorporación de nuevos productos y fibras o la mejora de procesos en clave de reducción de impactos generados, incluyendo el desarrollo de tejidos inteligentes, tejidos técnicos y otros desarrollos de productos textiles innovadores por su componente circular.</li> <li>3. Ayudas destinadas a la inversión en <b>infraestructura y tecnología</b> para todos los estadios de la cadena de valor, incluida la etapa de gestión de residuos (plantas de clasificación y preparación para la reutilización y reciclado de alta calidad), incluyendo maquinaria, equipos e instalaciones.</li> <li>4. Ayudas dirigidas a la implantación y mejora de la <b>trazabilidad</b> que faciliten la circularidad: desarrollo, implantación y despliegue de sistemas de información de toda la cadena, incluida la etapa de gestión de los residuos.</li> </ol>
 <b>Sector plástico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Ayudas dirigidas al <b>ecodiseño</b> de nuevos envases o de nuevos plásticos (nuevos materiales bio o material reciclado), con el objetivo de reducir el uso de recursos no renovables, aumentar el uso de plástico reciclado y su reciclabilidad.</li> <li>6. Ayudas destinadas al impulso de los envases de plástico <b>reutilizables</b> que pueden realizar múltiples circuitos o rotaciones a lo largo de su ciclo de vida, y que permiten un ahorro de materias primas y energía, optimizando su aprovechamiento a través de sistemas de <b>logística inversa</b>.</li> <li>7. Ayudas orientadas al <b>reciclado mecánico simple</b> o hasta alcanzar <b>grado alimentario</b>.</li> <li>8. Ayudas para el <b>reciclado químico</b> destinado a tratar fracciones no reciclables mecánicamente.</li> </ol>
 <b>Aerogeneradores</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Ayudas para el desarrollo del <b>ecodiseño</b> de nuevas generaciones de aerogeneradores que tengan una vida útil más larga y que sean más fácilmente reciclables.</li> <li>10. Ayudas para el aumento de la <b>reutilización</b> de aerogeneradores en otros sectores.</li> <li>11. Ayudas para el desarrollo de sistemas de <b>desmantelamiento in-situ</b> de los elementos más voluminosos de los aerogeneradores, para abaratar y simplificar el traslado de estos residuos hasta las instalaciones de tratamiento.</li> <li>12. Ayudas para la implantación y desarrollo de <b>instalaciones capaces de reciclar</b> de manera eficiente los aerogeneradores, así como para la creación de una <b>cadena de valor completa</b> en torno al reciclaje de los distintos elementos que los conforman.</li> </ol>
 <b>Paneles fotovoltaicos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>13. Ayudas destinadas al <b>ecodiseño</b> de componentes de toda la <b>cadena de valor</b> fotovoltaica para la mejora de la durabilidad, reparabilidad, la capacidad de reutilización y la reciclabilidad.</li> <li>14. Implementación de un sistema de <b>reutilización</b> de paneles fotovoltaicos de plantas en suelo al final de su vida útil para su instalación como autoconsumo.</li> <li>15. Ayudas para la implantación de instalaciones de <b>reciclaje</b> de paneles fotovoltaicos.</li> </ol>
 <b>Baterías</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>16. Ayudas para el establecimiento de <b>instalaciones de tratamiento</b> de pilas y baterías <b>basadas en químicas de litio o ión-litio</b> con el objeto de la recuperación de materiales y compuestos procedentes de estas baterías pudiendo incluir iniciativas de <b>innovación</b> dirigidas al desarrollo de soluciones tecnológicas que mejoren los procesos de tratamiento de residuos.</li> <li>17. Ayudas para el establecimiento de <b>instalaciones</b> o establecimiento de <b>sistemas</b> que implementen la <b>segunda vida</b> de baterías procedentes del sector de la movilidad eléctrica.</li> </ol>
 <b>Ayudas transversales a empresas</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>18. Programa de Ayudas al <b>impulso de la economía circular</b> en el ámbito de la <b>empresa</b>.</li> </ol>

**Ilustración 15:** “Instrumentos Economía Circular”

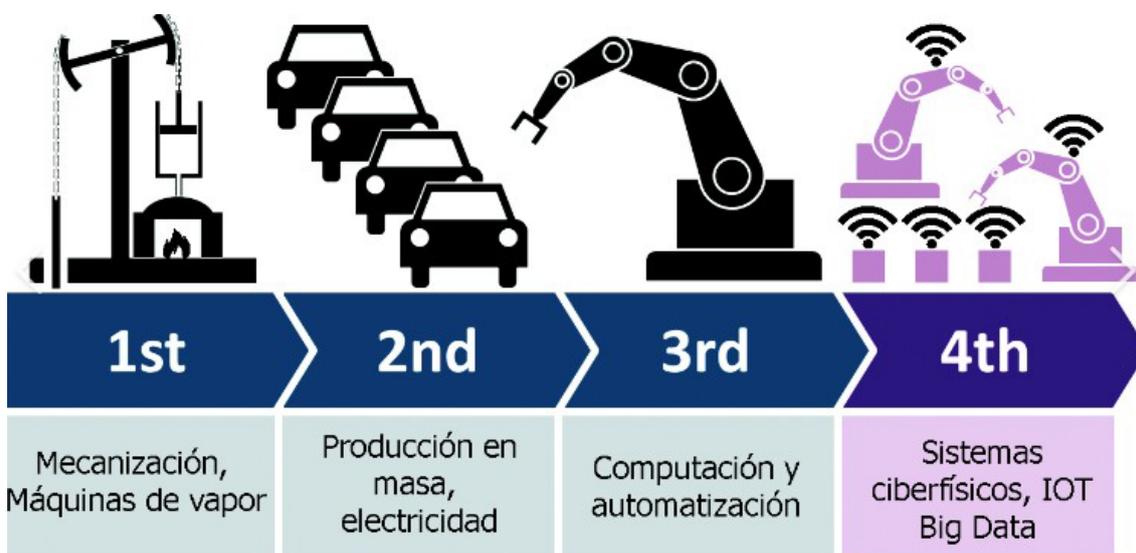
**Fuente:** Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020)

## 2.5. INCIDENCIA DE LA INDUSTRIA 4.0

### 2.5.1. Definición

El concepto de la Industria 4.0 surgió en Alemania a principios de la década de 2010 como parte de un programa de mejora de la productividad de la industria manufacturera. El término fue acuñado por un grupo de especialistas convocados por el gobierno alemán y presentado por primera vez en la Feria de Hannover de 2011. Desde entonces, la Industria 4.0 se ha convertido en un eje central del Plan Estratégico de Alta Tecnología 2020 del gobierno alemán. Como podemos

apreciar en la **Ilustración 16** la Industria 4.0 es la última gran revolución en lo que a métodos de producción se refiere (Samprieto-Salquicela, 2020).



**Ilustración 16:** “De la máquina de vapor a la Industria 4.0”

**Fuente:** TEDEAR (2023)

La Industria 4.0 se refiere a la hipotética cuarta mega etapa de la evolución técnico-económica de la humanidad, contando a partir de la Primera Revolución Industrial. La inteligencia artificial es un elemento central de esta transformación, que implica la acumulación creciente de grandes cantidades de datos ("*big data*"), el uso de algoritmos para procesarlos, y la interconexión masiva de sistemas y dispositivos digitales (Samprieto-Salquicela, 2020).

La conectividad alcanza también a los objetos, lo que es posible mediante internet de las cosas. Así, se conectan las máquinas y las unidades productivas dentro de una misma empresa, e incluso, dentro de las cadenas de valor (proveedores, operarios, áreas comerciales, sistemas logísticos, consumidores, entre otros) (Samprieto-Salquicela, 2020).

La Industria 4.0 genera grandes beneficios y retos. Los desafíos planteados por la desigualdad progresiva son difíciles de medir dado que la gran mayoría de los seres humanos son consumidores y productores. La innovación y la disrupción afectan los niveles de vida y bienestar tanto de manera positiva como negativa. Por lo tanto, es importante tener en cuenta el contexto histórico de la industria para comprender los cambios que se están produciendo y cómo afectan a la sociedad en general (Samprieto-Salquicela, 2020).

### **2.5.2. Importancia y beneficios en la Economía Circular**

Actualmente la Economía Circular y la Industria 4.0 son una unión indisoluble. Las nuevas tecnologías que se desarrollan en torno a la Industria 4.0 son el motor perfecto para llevar a cabo

y potenciar las diferentes iniciativas y procesos relacionados con la Economía Circular. Estas serían varias de las posibilidades que ofrece la Industria 4.0 para la Economía circular a través de las diferentes tecnologías que desarrolla (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2023):

- Gemelo digital. Los gemelos digitales son réplicas digitales de objetos físicos, sistemas o procesos que permiten la simulación y optimización de su funcionamiento en entornos virtuales. En el contexto de la economía circular, los gemelos digitales de productos o procesos pueden proporcionar información valiosa sobre su rendimiento, consumo de recursos, emisiones, huella de carbono y otros aspectos relevantes para la sostenibilidad. Estos gemelos digitales permiten la realización de análisis de ciclo de vida, la identificación de puntos críticos en los procesos de producción y la evaluación de alternativas de diseño y materiales para optimizar el rendimiento ambiental y económico del producto o proceso. También pueden ser utilizados para realizar simulaciones de escenarios futuros, lo que permite a las empresas anticipar las necesidades de sus clientes y adaptar su oferta de productos y servicios a las tendencias del mercado.

En resumen, los gemelos digitales son una herramienta clave para la transición hacia la economía circular, ya que permiten una mejor comprensión y gestión de los sistemas productivos y su impacto ambiental. Su uso combinado con tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0, como el Internet de las cosas, el análisis de datos y la inteligencia artificial, puede generar importantes beneficios para las empresas y la sociedad en general (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2023).

- Internet de las cosas. El análisis masivo de datos puede contribuir significativamente a la transición hacia la economía circular. Al permitir la interconexión digital y la cooperación entre diferentes dispositivos y objetos, se pueden recopilar y analizar datos valiosos en tiempo real sobre el consumo de materiales y recursos en diferentes etapas del ciclo de vida de un producto. Esto puede ayudar a mejorar la gestión de residuos sólidos urbanos y el desarrollo de *Smart cities*, así como a optimizar la cadena de suministro, reducir el consumo de materias primas y minimizar los residuos. Además, la implementación de ambientes industriales inteligentes puede permitir la Re-manufactura y el desarrollo de redes de colaboración a través de la simbiosis industrial, lo que a su vez puede reducir la necesidad de recursos y minimizar los residuos generados por las actividades económicas (ATIGA, 2023).
- Fabricación aditiva. Es una tecnología clave en la transición hacia la economía circular, ya que permite la producción de productos y componentes de manera más sostenible y eficiente. La utilización de materiales reciclados y biomateriales como materia prima reduce la dependencia de materias primas vírgenes y minimiza la generación de residuos. Además, los procesos de fabricación aditiva tienen un menor consumo energético y

generan menos residuos en comparación con los métodos de producción tradicionales. La capacidad de fabricar piezas y componentes de diferentes geometrías permite la reparación y el remanufacturado, lo que prolonga la vida útil de los productos y reduce la necesidad de fabricar nuevos productos. La fabricación aditiva tiene el potencial de mejorar significativamente la sostenibilidad de la cadena de suministro y contribuir a la economía circular (ATIGA, 2023).

- **Robótica colaborativa.** Puede contribuir a la eficiencia energética en la fabricación al permitir una mejor gestión del consumo de energía y reducción de residuos. Los robots pueden ajustar su velocidad y consumo de energía en función de la carga de trabajo y trabajar de manera más eficiente en términos de consumo energético que los procesos manuales. Asimismo, la fórmula máquina-hombre hace de los robots un aliado perfecto para agilizar y evitar tareas poco ergonómicas. En resumen, la robótica es una herramienta clave en la transición hacia una economía circular, permitiendo una producción más eficiente y sostenible (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2023).
- **Simulación.** Es útil para la optimización del diseño de productos y la reducción de su impacto ambiental. Al permitir la evaluación virtual de diferentes alternativas de diseño, se pueden identificar y eliminar posibles problemas ambientales en la fase de diseño, reduciendo así los costos y los residuos generados en la fase de producción. De esta manera, la simulación puede ayudar a fomentar la innovación y la adopción de prácticas más sostenibles en la industria (ATIGA, 2023).

### **2.5.3. Retos Industria 4.0 en la Economía Circular**

La Industria 4.0 tiene numerosos beneficios, pero al igual que toda revolución se enfrenta a una serie de barreras difíciles de franquear.

- **Reto legislativo.** Una de las principales barreras a la hora de aplicar la industria 4.0 en la economía circular es la falta de regulaciones claras y específicas que promuevan el uso de tecnologías sostenibles y la economía circular. Las empresas necesitan un marco legal estable y coherente para poder desarrollar estrategias de economía circular basadas en la tecnología.
- **Bajo número de aplicaciones reales.** A pesar de que la Industria 4.0 ofrece un gran potencial para la economía circular, todavía hay un bajo número de aplicaciones reales y casos de éxito. Es necesario que se desarrollen más iniciativas y proyectos concretos que demuestren la viabilidad de esta combinación.
- **Escasa inversión.** La implementación de la Industria 4.0 en la economía circular requiere una importante inversión en tecnología y recursos humanos. Muchas empresas, especialmente las pymes, no disponen de los recursos necesarios para llevar a cabo esta transición hacia la economía circular, lo que puede frenar su adopción.

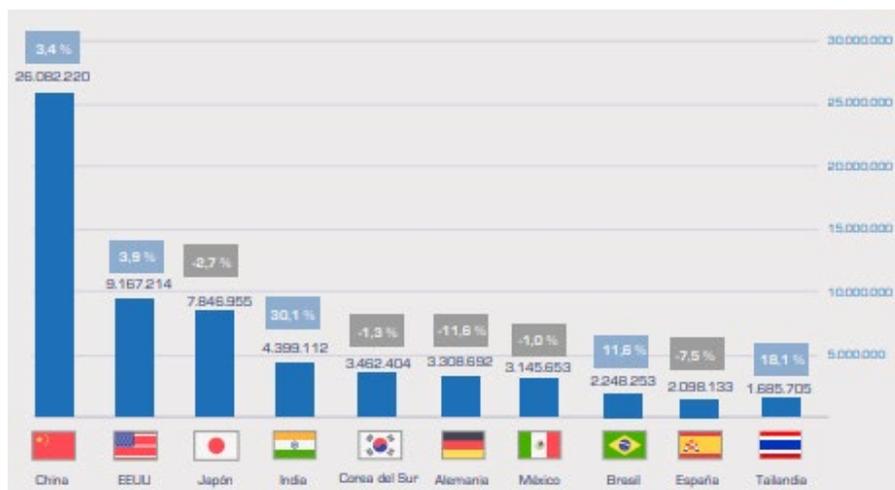
- Falta de datos. La economía circular se basa en la recopilación y análisis de grandes cantidades de datos, lo que puede resultar un reto para muchas empresas. La falta de datos, o la falta de acceso a ellos, puede impedir la implementación efectiva de la economía circular y la toma de decisiones informadas.
- Reto cultural. La implementación de la Industria 4.0 en la economía circular también requiere un cambio cultural en las empresas, que deben estar dispuestas a compartir información y colaborar con otras empresas de la cadena de valor. Es necesario un enfoque más colaborativo y cooperativo para poder aplicar con éxito la economía circular y la tecnología.
- La interoperabilidad. La Industria 4.0 se basa en la interconexión de diferentes sistemas y tecnologías, lo que puede resultar un reto en términos de interoperabilidad. Las empresas deben ser capaces de integrar diferentes tecnologías y sistemas para poder aplicar con éxito la economía circular y la tecnología.
- Formación y capacitación. La implementación de la Industria 4.0 en la economía circular también requiere una formación y capacitación adecuada de los trabajadores. Las empresas deben invertir en la formación de sus empleados para poder adaptarse a los nuevos procesos y tecnologías.
- Privacidad y la seguridad de los datos. La recopilación y transferencia de grandes cantidades de datos también plantea problemas de privacidad y seguridad. Es necesario establecer medidas de seguridad adecuadas para garantizar la privacidad y la protección de los datos de las empresas y los consumidores.

### 3. MARCO PRÁCTICO

#### 3.1. EVIDENCIAS EN EL SECTOR DEL AUTOMÓVIL

Uno de los pilares estratégicos para la economía española es la industria de la automoción. España es el segundo mayor fabricante de vehículos europeo y el noveno a nivel mundial en 2021 como podemos apreciar en la **Ilustración 17**. Un total de 2.1 millones de vehículos fueron ensamblados en España, en 17 plantas diferentes de 9 marcas, incluyendo 16 modelos eléctricos (ICEX, 2022).

El 18% del total de las exportaciones en españolas viene de la mano del sector del automóvil y representa el 10% del PIB español, alcanzando un superávit comercial de 18,900 millones de euros en 2021 (ICEX, 2022).



**Ilustración 17:** “Ranking mundial de productores”

**Fuente:** ANFAC (2022)

La industria del automóvil representa una bocanada de aire fresco para el I+D+i ya que se destinan de media unos 4000 millones de euros al año en ampliación y modernización de las plantas de producción, generando gran atracción entre los grandes inversores internacionales, siendo España el segundo país europeo más atractivo para los proyectos de automoción en los últimos 5 años (ICEX, 2022).

Durante el año 2021, el 86% de los vehículos y el 60% de los componentes fabricados en España fueron destinados a mercados internacionales, lo que evidencia la importancia del sector de la automoción en la economía del país. En concreto, se exportaron un total de 1.820.727 vehículos a diferentes países del mundo (ICEX, 2022).

La Unión Europea sigue siendo el principal destino de los vehículos españoles, pero cada vez se está produciendo una mayor presencia en mercados fuera de la UE. África, principalmente en países como Argelia, Marruecos y Sudáfrica, EE. UU., México y Chile, Japón y EAU son algunos de los mercados emergentes en los que se está observando una creciente relevancia de los vehículos españoles (ICEX, 2022).

Es importante destacar que España es una localización de referencia para nuevos proyectos de la industria de automoción y movilidad, gracias a una serie de ventajas competitivas que ofrece el país. La amplia implantación de la industria en el territorio permite una mayor proximidad a los clientes y un acceso más fácil a los mercados. Además, la posición internacional de liderazgo del sector en España es un factor clave para su expansión en el mercado global (ICEX, 2022).

Otra ventaja, es la disponibilidad de profesionales altamente cualificados y la inversión en innovación, lo que permite a las empresas desarrollar nuevas tecnologías y mejorar los procesos productivos. La cadena de suministro completa y los costes competitivos también son factores relevantes para la elección de España como localización para nuevos proyectos de la industria de automoción y movilidad (ICEX, 2022).

Hay que recalcar que el sector se encuentra en una fase de recuperación. La crisis de componentes provocada por la falta de aprovisionamiento y el aumento de la demanda de semiconductores en diferentes sectores industriales afectó gravemente los ritmos de producción de las fábricas españolas y europeas, especialmente en el sector de la automoción. A pesar de que la Unión Europea ya ha puesto en marcha una ley para fomentar la apertura de centros de producción de estos componentes y reducir la dependencia de los países asiáticos, se prevé que la situación no se normalice completamente hasta 2023 (ANFAC, 2022).

A pesar de los retos a los que se enfrenta el sector, la producción de vehículos alternativos sigue aumentando, alcanzando un 11,6% de la producción total en España en 2021. Con un total de 242.380 unidades de vehículos de cero y bajas emisiones producidos en el mismo año, esto representa un aumento del 33,8% en comparación con el año anterior y un importante avance hacia los objetivos de descarbonización (ANFAC, 2022).

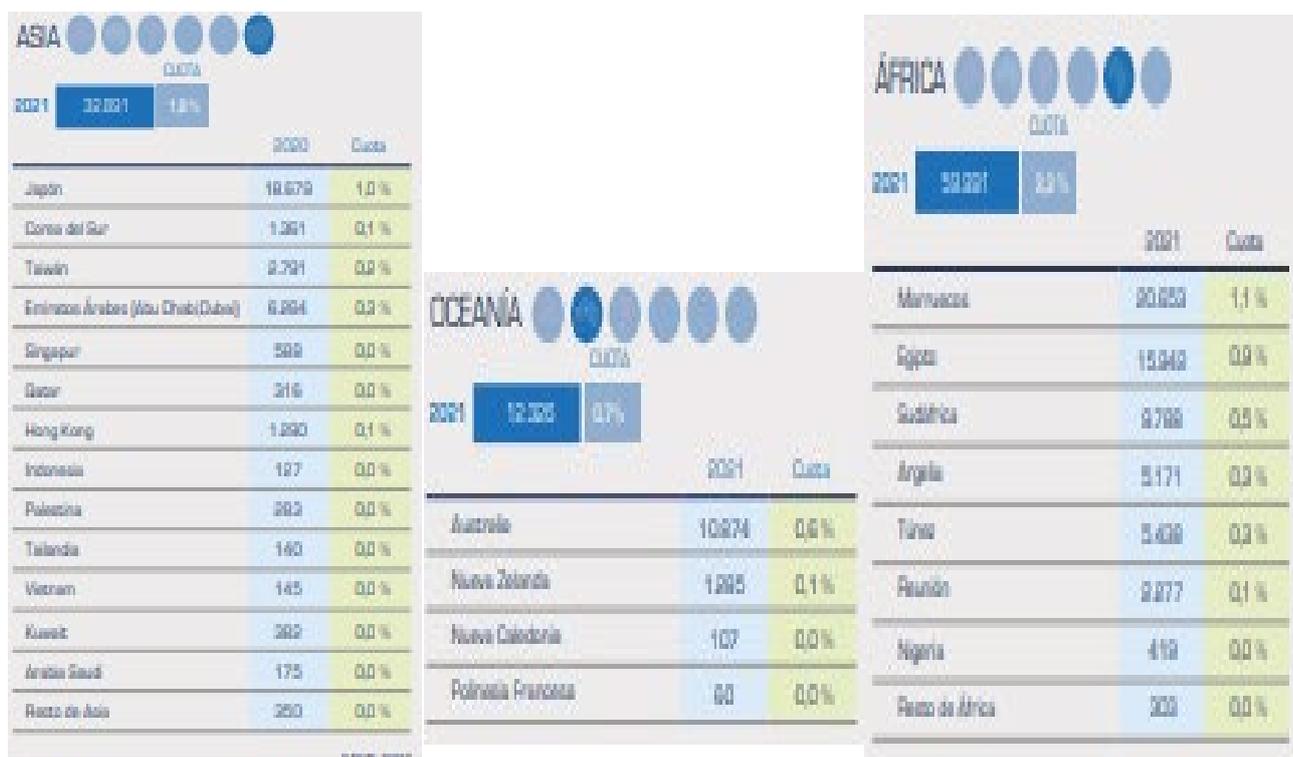
Durante el 2021, la industria automotriz española enfrentó una crisis de componentes que afectó gravemente la producción de vehículos y, por consiguiente, las cifras de exportación. En total, se exportaron 1.820.727 unidades, lo que representó una disminución del 6,7% respecto al año anterior. La falta de producción debido a la escasez de microchips y la baja demanda en los mercados europeos influyeron en la cantidad de exportaciones se puede observar en la **Ilustración 18**. De hecho, nueve de cada diez vehículos exportados desde España tienen como destino algún país europeo y la mayoría de ellos experimentó una reducción en el número de vehículos exportados, como Francia (-15,5%), Alemania (-17,6%) e Italia (-2,1%) (ANFAC, 2022).



**Ilustración 18:** “Variación porcentual de la importación y exportación de vehículos en España, respecto de la economía española y mundial”

**Fuente:** ANFAC (2022)

Por otro lado, como podemos observar en la **Ilustración 19**, las exportaciones a otros continentes sí aumentaron en su mayoría, especialmente en Oceanía (+55,3%), África (+40,4%) y Asia (+20,6%). Aunque en EE. UU. el crecimiento fue menor con un aumento del 3,2%. Cabe destacar que, aunque la demanda de vehículos aumentó en estos destinos, solo representaron el 9,5% del total de las exportaciones realizada (ANFAC, 2022).



**Ilustración 19:** “Nivel exportaciones Asia, Oceanía y África”

**Fuente:** ANFAC (2022)

A pesar de las dificultades en los mercados internacionales, el porcentaje de exportación del sector automotriz sobre la exportación total fue del 13,9% en 2021. Además, la actividad comercial de exportación e importación del sector logró un balance positivo de 18.984 millones de euros (ANFAC, 2022).

El avance de los países africanos es notorio, en concreto Marruecos aumentando la cuota al 1,1% un porcentaje más que reseñable teniendo en cuenta el subdesarrollo de su economía. Sin embargo, la falta de control sobre las emisiones de efecto invernadero, la baja calidad de la mano de obra y la falta de respeto de los derechos humanos hace de esos países un polvorín para el fomento de la inversión (ANFAC, 2022).

Otro factor esencial para entender la situación del sector del automóvil sería el número de matriculaciones. La falta de sincronización entre la oferta y la demanda de vehículos resultó en un incremento mínimo del 1% en el número de matriculaciones en comparación con el año anterior, totalizando 859.477 unidades vendidas. Si se compara este dato con el año 2019, previo a la pandemia, se observa una reducción del 32% en las matriculaciones, lo que evidencia que el sector aún se encuentra lejos de alcanzar resultados favorables (ANFAC, 2022).

Es importante destacar que España no fue el único país afectado por una importante caída en el mercado, ya que Italia (-27,5%), Alemania (-26,9%) y Francia (-15,1%) también experimentaron una notable contracción en las ventas de vehículos de pasajeros. De hecho, dentro de la Unión Europea, solo los mercados de Bulgaria, Croacia, Letonia y Eslovenia lograron expandirse durante el año 2021 (ANFAC, 2022).

## **3.2. ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DEL AUTOMÓVIL**

La Economía circular es una realidad. El sector del automóvil necesita una reestructuración para sintonizarse con las exigencias europeas, de residuos y emisiones. Tomando como referencia el PERTE de vehículo eléctrico y conectado muchas empresas están en transición hacia un modelo más sostenible. A pesar de sus altos requerimientos en inversión inicial, generará a medio y largo plazo un crecimiento económico muy superior. Por ello a través de este apartado vamos a desarrollar las diferentes iniciativas que las empresas automovilísticas están llevando a cabo para alinearse con el modelo circular.

### **3.2.1. Refactory Renault**

El fabricante automotriz Renault ha implementado un programa de economía circular llamado *Re-Trofit*, que se enfoca en alargar la vida útil de los vehículos mediante actualizaciones y adaptaciones de componentes y sistemas. Comenzó en la fábrica de *Flins* (Francia) en 2020 y se extendió a la fábrica de Sevilla (España) en 2021, con una capacidad de reacondicionamiento de 10,000 vehículos y 1,000 baterías anuales. La gestión de los procesos vinculados a la fabricación, reutilización y reciclaje de baterías es para Renault uno de los principales desafíos de la electrificación (Renault, 2022).

Una vez que Renault dio el salto a instaurar estos procesos en su fábrica de Sevilla. El objetivo principal de Refactory Sevilla, es fomentar la innovación y promover iniciativas de economía circular para lograr un balance de carbono negativo para el año 2030; se alinea así, con la ambición europea de alcanzar un impacto cero para el año 2050. Esta transformación sostenible y responsable, tanto desde el punto de vista medioambiental como social, se basa en la experiencia industrial de la planta y sus colaboradores (Renault, 2022).

La fábrica de Sevilla, que previamente se especializaba en la fabricación de cajas de cambios durante más de 50 años, está dando un giro significativo para convertirse en el principal centro de innovación de Renault Group en España, enfocado exclusivamente en la movilidad y la economía circular. Con Refactory Sevilla, se busca reinventarse y desarrollar soluciones de movilidad accesibles, sostenibles y libres de emisiones de carbono para todos (Renault, 2022).

El plan Refactory se va a aplicar de manera escalonada entre 2021-2024 y dividirá la fábrica en cuatro líneas de actividad (Renault, 2022):

- Re-Trofit. El mercado de segunda mano está experimentando un crecimiento significativo, impulsado por la conciencia ecológica y nuevas formas de consumo basadas en la preferencia de uso en lugar de la posesión. Con el objetivo de avanzar en esta dirección, el proyecto Re-Trofit combina conocimientos especializados para prolongar la vida útil de los vehículos y maximizar sus usos (Renault, 2022).

El principal desafío de este proyecto es conservar los recursos mediante una gestión eficiente de los flujos de reutilización de piezas y materiales, todo ello en un mismo lugar. Se espera que el proyecto tenga la capacidad de gestionar hasta 10.000 vehículos de segunda mano para el año 2025, comenzando a finales de 2022. Esto se logrará a través de un esquema logístico simplificado, rápido y con costos optimizados gracias a una gestión industrial en la fábrica, dirigida a la red comercial del sur de España (Renault, 2022).

El objetivo principal de Re-Trofit es mejorar la calidad de las prestaciones de los vehículos de ocasión y reducir significativamente los plazos de rotación entre la entrada en el almacén y la nueva venta. Se espera reducir el tiempo promedio de 21 días a 6 días. Esto permitirá preservar al máximo el valor del producto y minimizar el tiempo de inactividad del vehículo, beneficiando así al cliente final (Renault, 2022).

La Refactory Sevilla ofrecerá un servicio completo y exclusivo para la red de concesionarios de Renault. Esto incluirá el establecimiento de un transporte de vehículos optimizado, suministro de piezas de repuesto, renovación, almacenamiento, realización y publicación de fotografías y vídeos. Además, se contará con un seguimiento en tiempo real de cada etapa del proceso (Renault, 2022).

- Re-energy. El proyecto Re-Energy de Renault representa un avance significativo en dos aspectos clave (Renault, 2022):
  - o Reparación de baterías de vehículos eléctricos: Este proyecto se enfoca en prolongar la vida útil de las baterías de vehículos eléctricos mediante la reparación de los módulos que puedan presentar un mal funcionamiento. Mediante un proceso industrializado, se logran eficiencias a través de la especialización y economías de escala, asegurando la calidad y la viabilidad económica del proceso en su conjunto.

- Desarrollo de soluciones para la segunda vida de baterías: Algunas baterías yano son adecuadas para su uso en vehículos eléctricos, pero aún pueden ser utilizadas en otras aplicaciones. Dentro del proyecto Re-Energy, se reutilizarán estas baterías para el almacenamiento estacionario de energía. Esto implica aprovechar el exceso de energía producida por fuentes renovables en momentos de alta producción y utilizar esa energía almacenada cuando la producción renovable no sea suficiente para satisfacer la demanda.

Esta reutilización de baterías permite reducir las emisiones al maximizar el aprovechamiento de la energía producida por fuentes renovables. Las baterías continúan desempeñando un papel importante en la reducción de emisiones al proporcionar una fuente de energía sostenible y contribuir a la integración de las energías renovables en el sistema energético (Renault, 2022).

- Re-Cycle. Se centra en lograr una gestión eficiente de los recursos y del flujo de suministro de piezas y materiales, con el objetivo de aumentar el uso de materiales reciclados o reutilizados. En este contexto, el reciclaje de baterías presenta un potencial muy interesante (Renault, 2022).

Es importante destacar que la mayoría de los materiales presentes en las baterías al final de su vida útil tienen el potencial de ser reciclados. Estas baterías contienen una cantidad significativa de metales preciosos que pueden ser reutilizados mediante un tratamiento adecuado (Renault, 2022).

La reutilización de estos materiales preciosos tiene varios beneficios. En primer lugar, se evitan los procesos de minería y extracción de nuevos materiales, lo que resulta en una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de recursos naturales. En segundo lugar, al reutilizar estos materiales en ubicaciones cercanas a donde serán reincorporados, se minimiza el traslado de materias primas desde lugares distantes, lo que a su vez reduce las emisiones asociadas (Renault, 2022).

El proyecto Re-Cycle busca maximizar el reciclaje y reutilización de materiales en las baterías, lo que conlleva beneficios ambientales significativos, como la reducción de emisiones y el uso más eficiente de los recursos naturales (Renault, 2022).

- Re-Start. Tiene como objetivo facilitar la innovación en economía circular y promover el desarrollo de nuevas competencias. Refactory Sevilla se convertirá en un ecosistema colaborativo en el que se acelerará la investigación y formación sobre la movilidad del futuro, en colaboración con la factoría de Flins en Francia, el Centro I+D+i de Valladolid, socios, startups y centros universitarios (Renault, 2022).

El proyecto Re-Start se basa en tres pilares principales (Renault, 2022):

- Campus de formación: Se ampliará la especialización del centro de formación profesional de la Factoría de Sevilla para incluir nuevas competencias, como electromecánica, carrocería, pintura y control técnico de calidad. Se destinarán

hasta 12.000 horas de formación, que incluirán prácticas en las plantas de Nissan Ávila y Renault Flins, y todos los itinerarios formativos y certificaciones contarán con el respaldo de *Renault Academy*.

- Centro de innovación: Refactory Sevilla se convertirá en una incubadora de ideas abierta a colaboradores y socios externos, como startups, socios académicos, grandes empresas y colectividades locales. Se aprovecharán los espacios de experimentación en las instalaciones de Refactory Flins y el centro de I+D+i de Valladolid, en colaboración con expertos de diversos campos, para desarrollar proyectos innovadores en áreas como la arquitectura del vehículo, materiales, vehículos eléctricos, energía y reciclaje, entre otros.
- Innovación aplicada e intercambio de conocimiento: Se establecerán alianzas con universidades y asociaciones profesionales para impulsar la innovación en economía circular. Se fomentará la transferencia de conocimiento entre sectores más allá de la industria automotriz, a través del *benchmarking* y encuentros entre profesionales, con el objetivo de abordar las necesidades de sostenibilidad más amplias.

En resumen, Re-Start busca promover la innovación accesible para todos, mediante la formación de nuevas competencias, el desarrollo de proyectos innovadores y la colaboración entre diferentes actores, con el fin de avanzar hacia un futuro de movilidad sostenible y economía circular (Renault, 2022).

### **3.2.2. BMW (Battery 2nd life)**

El objetivo principal del programa "Battery 2nd Life" es maximizar el ciclo de vida de las baterías, lo que a su vez reduce la necesidad de extraer y procesar nuevos materiales para la fabricación de baterías. Esto contribuye a la conservación de recursos naturales y a la reducción de la huella ambiental asociada con la producción de baterías (BMW, 2020).

Cuando una batería de un vehículo eléctrico ya no puede proporcionar la autonomía requerida o el rendimiento óptimo para el automóvil, todavía puede tener suficiente capacidad para ser útil en otros usos donde no se requiera la misma potencia instantánea. En lugar de reciclar estas baterías, BMW las recupera y las utiliza para almacenar energía renovable generada por fuentes como paneles solares o turbinas eólicas (BMW, 2020).

El programa "Battery 2nd Life" de BMW es un claro ejemplo de cómo las baterías de vehículos eléctricos pueden ser reutilizadas en aplicaciones estacionarias una vez que han alcanzado el final de su vida útil en movilidad. En lugar de desechar estas baterías, BMW busca aprovechar su capacidad residual y darles una segunda vida útil en sistemas de almacenamiento de energía estacionarios (BMW, 2020).

Un ejemplo destacado de la aplicación del programa "Battery 2nd Life" se encuentra en el Puerto

de Hamburgo, donde BMW ha colaborado con el puerto y otras empresas para desarrollar un sistema de almacenamiento de energía basado en baterías de segunda vida. El objetivo de este sistema es aprovechar las baterías de vehículos eléctricos usadas para almacenar energía generada por fuentes renovables, como paneles solares, y utilizarla posteriormente para abastecer la red eléctrica del puerto. Este proyecto contribuye a equilibrar la oferta y la demanda de energía, optimizando el uso de energía renovable y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (BMW, 2020).

En este caso, las baterías de segunda vida proporcionan un valioso recurso de almacenamiento de energía, ya que su capacidad residual es suficiente para cubrir las necesidades de demanda en el puerto. BMW y sus socios llevan a cabo rigurosas pruebas y controles de calidad para evaluar el estado de las baterías antes de su reutilización, asegurando que cumplan con los estándares de seguridad y rendimiento requeridos (BMW, 2020).

La colaboración entre BMW y el Puerto de Hamburgo es un ejemplo concreto de cómo la reutilización de baterías puede contribuir a la transición hacia una matriz energética más sostenible. Al reutilizar estas baterías en aplicaciones estacionarias, se evita la necesidad de extraer y procesar nuevos materiales para la fabricación de baterías, lo que a su vez reduce la demanda de recursos naturales y la huella ambiental asociada con la producción de baterías (BMW, 2020).

Además del caso del Puerto de Hamburgo, BMW ha estado explorando otras aplicaciones de las baterías de segunda vida. Por ejemplo, en colaboración con la empresa Vattenfall, se ha desarrollado un sistema de almacenamiento de energía en Suecia que utiliza baterías de vehículos eléctricos usadas para estabilizar la red eléctrica y proporcionar servicios de respuesta a la demanda. Esto demuestra cómo la reutilización de baterías puede desempeñar un papel importante en la integración de energías renovables y en la gestión eficiente de la red eléctrica (BMW, 2020).

### **3.2.3. SEAT (Future: Fast Forward)**

La Economía Circular es una economía colaborativa en la que una gran variedad de agentes participa. Con ese fin nace en SEAT la iniciativa *Future: Fast, Fordward*. En este proyecto se pueden apreciar las bondades de la circularidad no solamente en el contexto de la reducción de residuos (Future: Fast Forward, 2023).

*Future: Fast Forward* es la mayor agrupación empresarial de la historia de la automoción en España impulsada por SEAT y se alinea de manera sólida el PERTE-VEC (Future: Fast Forward, 2023).

Este proyecto ambicioso y a nivel nacional tiene como objetivo transformar España en un hub europeo de la movilidad eléctrica, lo cual genera un impacto positivo a nivel socioeconómico en todo el país. Al abarcar toda la cadena de valor del sector del automóvil, *Future: Fast Forward* impulsa la sostenibilidad y la cooperación empresarial, elementos determinantes para abordar los

desafíos futuros (Future: Fast Forward, 2023).

La agrupación cuenta con 62 empresas, de las cuales 52 son socios, representando el 59,6% de PYMES. Estas empresas están desarrollando 86 proyectos en 9 comunidades autónomas de España, incluyendo Cataluña, Comunidad de Madrid, Navarra, País Vasco, Aragón, Castilla y León, Andalucía, Galicia y Comunidad Valenciana (Future: Fast Forward, 2023).

En términos de crecimiento económico, *Future: Fast Forward* tiene como propósito establecer las bases de la reindustrialización del país, impulsando así el sector de la automoción y generando empleo en diferentes regiones. Al promover la movilidad eléctrica, también fomenta la innovación y la competitividad de las empresas españolas en el mercado europeo (Future: Fast Forward, 2023).

Desde la perspectiva de la economía circular, *Future: Fast Forward* se alinea con la construcción de una sociedad del futuro que actúa de forma diferente, consciente de la limitación de recursos y comprometida con un crecimiento sostenible tanto económico como social. La agrupación busca generar un cambio industrial en toda la industria de la automoción, con el objetivo de crear un impacto social positivo en el futuro (Future: Fast Forward, 2023).

La colaboración entre una gran cantidad de empresas, con un enfoque especial en las medianas y pequeñas, demuestra el modelo de cooperación empresarial que impulsa la economía circular. Al trabajar juntas, estas empresas pueden aprovechar sinergias, compartir conocimientos y recursos, y promover la adopción de prácticas sostenibles en el sector de la automoción (Future: Fast Forward, 2023).

*Future: Fast Forward*, como parte del PERTE VEC, se posiciona estratégicamente en todos los bloques destinados a transformar la industria de la automoción y dar respuesta a las necesidades a lo largo de toda la cadena de valor del vehículo eléctrico. Estos nueve bloques representan áreas clave para impulsar la movilidad eléctrica y abordar los desafíos presentes en la industria y las empresas se distribuyen en los bloques como plasma la **Ilustración** (Future: Fast Forward, 2023).



**Ilustración 20:** “Distribución empresarial bloques PERTE-VEC”

**Fuente:** Future: Fast Forward (2023)

En total *Future: Fast Forward* desarrollará 86 proyectos que absorberán el 90% de las ayudas destinadas al PERTE-VEC una inversión de 10.000 millones de euros; 7.000 millones de euros del Grupo Volkswagen, SEAT S.A. y *PowerHoldco* y 3.000 del resto de los socios (Future: Fast Forward, 2023).

Los objetivos económicos principales planteados por el PERTE-VEC son: creación de 140.000 empleos, contribución entre el 1,0% y el 1.7% del PIB, aumentar las matriculaciones en 250.000 unidades y desplegar entre 80.000 y 110.000 puntos de recarga (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

### **3.3. IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0**

La Industria 4.0 es el vehículo perfecto para una transición hacia la circularidad. Las nuevas tecnologías nos permiten ahorrar un sinfín de recursos, reduciendo la huella de carbono y por ello el impacto ambiental de la industria automovilística. Por ello, a través de este apartado vamos a desarrollar las diferentes iniciativas que las empresas automovilísticas están llevando a cabo para utilizar la Industria 4.0 en un entorno circular.

#### **3.3.1. RENAULT**

En España tiene de las plantas más avanzadas. Renault ha implementado medidas para digitalizar su sistema industrial con el objetivo de respaldar a los operarios, fabricar vehículos conectados y personalizados, y dar mayor protagonismo al cliente dentro de la factoría. Esta iniciativa se alinea con los principios de la economía circular, donde se busca maximizar el valor de los recursos y minimizar los residuos y la contaminación (Asociación Prensa Motor de Cataluña, 2017).

En este sentido, Renault ha identificado tres factorías piloto: Cleon (Francia), Valladolid (España) y Curitiba (Brasil), donde se prueban innovaciones a mayor escala. Posteriormente, estas innovaciones se aplicarán en los demás centros de producción, estableciendo así una base de rendimiento compartida entre todos (Asociación Prensa Motor de Cataluña, 2017).

Para garantizar la calidad de los vehículos y la competitividad de su sistema industrial, Renault ha implementado procedimientos basados en la trazabilidad de todas las piezas. Desde que el cliente realiza el pedido, se preparan las materias primas, se informa a los proveedores y se establecen los flujos logísticos. Esto asegura que los plazos se cumplan desde el proveedor hasta la cliente final (Asociación Prensa Motor de Cataluña, 2017).

La utilización de códigos QR y chips RFID en las piezas, junto con una base de datos, permite controlar la calidad de cada componente a lo largo de todo el proceso de fabricación. Esto ayuda a minimizar los desperdicios y garantizar que solo se utilicen materiales de alta calidad (Asociación Prensa Motor de Cataluña, 2017).

Además, Renault ha adoptado el enfoque de "bien a la primera", donde cada operario fabrica cada vehículo como si fuera propio. Los operarios son conscientes de que sus acciones tienen un impacto directo en la calidad del producto final y conocen las demandas y expectativas de los clientes. Para apoyar a los operarios, se imparten presentaciones y se crean espacios de demostración dentro del taller, lo que promueve la calidad y la satisfacción del cliente. (Asociación Prensa Motor de Cataluña, 2017).

En línea con los principios del *lean manufacturing*, Renault busca crear valor añadido para el cliente al eliminar cualquier proceso que ralentice innecesariamente la producción. Los flujos logísticos se automatizan para una mejor gestión del suministro de piezas, lo que mejora la eficiencia y la seguridad de los operarios (Asociación Prensa Motor de Cataluña, 2017).

Además, se implementa el sistema de "*full kitting*" para eliminar los stocks y las cadenas presentes en su totalidad. Con este sistema, todas las piezas necesarias para la secuencia de montaje se preparan de antemano y siguen al vehículo a lo largo de la cadena de montaje, lo que mejora la eficiencia y reduce los residuos (Asociación Prensa Motor de Cataluña, 2017).

Renault también se preocupa por el bienestar de sus empleados en las factorías. Han implementado políticas centradas en la salud, la seguridad y el medio ambiente. Por ejemplo, los *robots de picking* facilitan la manipulación de las piezas, haciendo que el proceso sea más fluido y reduciendo la carga física de los trabajadores. Esto permite que los empleados se concentren en tareas de mayor valor añadido, mientras que las tareas más pesadas tienden a desaparecer gradualmente (Asociación Prensa Motor de Cataluña, 2017).

Además, Renault ha adoptado tecnologías como robots colaborativos, carros filoguiados y carros elevadores sin conductor, lo que contribuye a crear una factoría futurista y perfectamente orquestada. Estos equipos autónomos optimizan los procesos y permiten a los empleados trabajar de manera más eficiente (Asociación Prensa Motor de Cataluña, 2017).

Para respaldar todas estas transformaciones tecnológicas, los managers de Renault han adaptado sus métodos de gestión mediante el fomento del "*Trust Management*". Este enfoque promueve la autonomía, la iniciativa y el trabajo en equipo entre los colaboradores, lo que impulsa la innovación y mejora el rendimiento en la factoría (Asociación Prensa Motor de Cataluña, 2017).

### **3.3.2. BMW Group**

A principios de 2023, BMW Group estará implementando tecnologías innovadoras como los gemelos digitales, la impresión 3D y la realidad virtual en su producción, fusionando así los mundos real y virtual y aprovechando el enorme potencial de la economía circular. Estas tecnologías no solo ofrecen beneficios significativos para la eficiencia y la optimización de la producción, sino que también están alineadas con los principios de la economía circular (BMW Group, 2022).

La implementación de gemelos digitales, que son réplicas virtuales precisas de las instalaciones y los procesos de producción, permite a BMW Group optimizar la planificación y la remodelación de sus estructuras existentes de manera eficiente, precisa y flexible. Al utilizar la planificación virtual y la simulación de procesos, la compañía puede integrar el producto virtual en la fábrica virtual en una etapa temprana, lo que reduce el esfuerzo de planificación y los gastos de capital.

Esto se traduce en una mayor eficiencia en los procesos de producción, así como en una reducción de los residuos y la optimización de los recursos, aspectos clave de la economía circular (BMW Group, 2022).

La colaboración en tiempo real y la posibilidad de desarrollar sistemas de producción en un entorno virtual a través de la realidad virtual también son aspectos beneficiosos para la economía circular. Los planificadores de BMW Group pueden compartir información rápida y fácilmente dentro de la red, lo que facilita la adopción de mejores prácticas y la implementación de estrategias más sostenibles. Al tener una visión holística de todo el sistema de producción de manera virtual, se pueden identificar oportunidades para la optimización de recursos, la reducción de residuos y la implementación de prácticas más sostenibles en todas las etapas de la cadena de suministro (BMW Group, 2022).

La impresión 3D es otra tecnología clave que BMW Group está aprovechando para impulsar la economía circular. La capacidad de crear prototipos y piezas personalizadas utilizando la impresión 3D ayuda a reducir el desperdicio de materiales y a optimizar la producción. Al fabricar piezas según las necesidades específicas, se evita el exceso de inventario y se reduce la generación de residuos. Además, la impresión 3D permite la reparación y el reciclaje de componentes defectuosos o desgastados, lo que prolonga su vida útil y reduce la necesidad de nuevas materias primas (BMW Group, 2022).

En conclusión, la implementación de tecnologías como los gemelos digitales, la impresión 3D y la realidad virtual en la producción de BMW Group no solo impulsa la eficiencia y la optimización de los procesos, sino que también se alinea con los principios de la economía circular. Estas tecnologías permiten una planificación y una colaboración más eficientes, la optimización de recursos y la reducción de residuos, lo que contribuye a un enfoque más sostenible en la producción de vehículos. Como resultado, BMW Group está liderando el camino hacia una economía más circular en la industria automotriz (BMW Group, 2022).

### **3.3.3. SEAT (Volkswagen Group)**

SEAT ha anunciado nuevos proyectos relacionados con la economía circular y el ecodiseño de baterías para coches eléctricos. Como parte de la Industria 4.0, la compañía está utilizando robots para ayudar en la fabricación de estas baterías, lo que representa un paso importante hacia la eficiencia y la sostenibilidad (Neomotor, 2021).

La planta de ensamblaje de baterías en Martorell contará con robots que desempeñarán un papel clave en el proceso de fabricación. Estos robots se encargarán de montar y conectar los packs de módulos de celdas, asegurando una producción de manera precisa y eficiente. Al utilizar robots en la línea de montaje, SEAT puede mejorar la calidad y la velocidad de producción de las baterías, al tiempo que reduce los residuos y el consumo de recursos (Neomotor, 2021).

Además, estos robots también contribuyen a la economía circular al permitir un desmontaje y reciclaje más eficientes de las baterías al final de su vida útil. Con su precisión y capacidad para realizar tareas repetitivas, los robots pueden desmontar y separar los componentes de las baterías de manera más efectiva, facilitando así el reciclaje y la reutilización de materiales (Neomotor, 2021).

En resumen, SEAT está aprovechando los avances de la Industria 4.0 al utilizar robots en la fabricación de baterías con ecodiseños. Estos robots no solo mejoran la eficiencia y la precisión en la producción, sino que también promueven la economía circular al facilitar el reciclaje y la reutilización de los componentes de las baterías (Neomotor, 2021).

#### **4. CONCLUSIONES**

La economía lineal es un modelo productivo nocivo y repleto de externalidades negativas que afectan a los diferentes actores de la economía y la sociedad. Por ello, las empresas tienen que alinear sus estrategias con los modelos de desarrollo sostenible y los objetivos medioambientales propuestos por las instituciones internacionales.

La economía circular se presenta como el nuevo modelo a seguir, una solución inteligente, sostenible y amigable con el entorno representando el modelo contrario a todos los aspectos negativos de la economía lineal. En este sentido, la economía circular es protectora del medio ambiente, reduce la dependencia de materias primas, conduce a la creación de empleo y fomenta la innovación, entre otras ventajas.

No obstante, la economía circular tiene aún mucho camino por recorrer. Las empresas deben comprender que el cambio de paradigma tiene que producirse lo antes posible. Las prácticas circulares que persiguen la sostenibilidad conducirán a las empresas que las lleven a cabo a una situación de ventaja competitiva en el mercado, serán diferenciales y tendrán mayor capacidad de adaptación al marco normativo. Además, generarán numerosas ventajas a nivel económico, social y ambiental.

La economía circular en el mundo avanza de una manera muy dispar. Además, el antiguo modelo lineal y la descentralización de la producción generan que a aquellos países que se encuentran a la cola (África y Latinoamérica) les sea más costoso su cambio de modelo, debido a la falta de desarrollo económico y social, el rol de meros productores y la falta de apoyo institucional. No obstante, las grandes empresas cada vez tienen una mayor concienciación en lo que a sostenibilidad y responsabilidad social corporativa se refiere y están instaurando políticas que acerquen la economía circular.

Por otro lado, Europa es el faro de la economía circular: gobiernos, instituciones nacionales y supranacionales, entes públicos y privados caminan de la mano hacia el cambio. La Unión Europea pretende impulsar este modelo a toda costa y, por ello la Comisión Europea y el Parlamento

Europeo, trabajan de manera coordinada y contrarreloj para generar un marco normativo propicio que fomente la instauración de este modelo económico. La coyuntura internacional no es propicia para el mantenimiento de un modelo lineal: los conflictos bélicos llamando a la puerta del viejo continente y el aprendizaje de la pandemia con la caída a bloque de los mercados y subidas desorbitadas de los precios causa de un escenario inflacionario, son el caldo de cultivo perfecto para fomentar el cambio hacia la circularidad.

La maquinaria normativa no cesa y se pone en marcha el Plan de Acción sobre la Economía Circular, que persigue una Europa más sostenible, climáticamente neutra, amigable con el entorno y circular. Las naciones se alinean con las instituciones internacionales y en concreto España lo hace a partir de los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE), volviéndose un referente a nivel mundial en sostenibilidad.

El marco normativo español incita a la inversión en materia de circularidad y en concreto en el sector del automóvil con el PERTE del Vehículo Eléctrico y Conectado (PERTE VEC). El sector del automóvil representa un 11% de la cifra de negocios industrial y hace de España el noveno país del mundo en exportación de vehículos. Este contexto genera una atmosfera de crecimiento que provoca sinergias con el resto de las industrias y los diferentes PERTE, en concreto, el PERTE de Economía Circular.

Pero la economía circular por sí sola no es suficiente para fomentar el cambio en la industria automotriz. El alto grado de utilización de nuevas tecnologías hacen que con la Industria 4.0 se abra un abanico de posibilidades a nuevas formas de entender la producción, en un sector gravemente herido por la crisis de los microchips, la pandemia y la sombra de los conflictos bélicos alargándose sobre Europa.

Por todo ello, en este trabajo se han analizado, en primer lugar, los fundamentos de la economía circular y el proceso de transición de la economía lineal a la circular, de la mano de la Industria 4.0; para ello se ha tomado como referencia el contexto global, europeo y, en concreto, la situación de esta transición en España. Y, en segundo lugar, el trabajo se ha centrado en el estudio del sector automovilístico y, en concreto, la experiencia de las empresas Renault, BMW y SEAT Volkswagen en la transición a la economía circular con el apoyo de las herramientas habilitadoras de la Industria 4.0. La implantación de estos nuevos procesos de producción permite una gestión más eficiente de las fábricas, reduciendo costes y garantizando su sostenibilidad

En conclusión, es necesario un cambio radical del modelo de producción hacia la circularidad de la mano de la Industria 4.0. Los países e instituciones internacionales facilitarán a las empresas un marco normativo y financiación para llevarlo a cabo. La sociedad en conjunto será la gran beneficiada, ya que un giro hacia la circularidad y la sostenibilidad hará del mundo un lugar mejor.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alianza Africana de Economía Circular y la Red Africana de Economía Circular (2022) - obtenido de [La Red Africana de Economía Circular \(acen.africa\)](#)
2. ANFAC (2022) - obtenido de [01\\_informe\\_anual\\_2021\\_11\\_7\\_22\\_programado.pdf](#)
3. Asociación Prensa Motor de Cataluña, (2017) – obtenido de [Asociación Prensa Motor de Cataluña – Premio Coche del Año en Cataluña \(apmc.cat\)](#)
4. ATIGA (2023) - obtenido de [Economía circular en la industria 4.0 - ATIGA](#)
5. BMW (2020) - obtenido de [El ciclo de una batería de coche eléctrico BMW | BMW.com](#)
6. BMW Group (2022) - obtenido de [BMW Group publica SORDI, el mayor conjunto de datos de código abierto para aplicaciones de IA súper eficientes en producción](#)
7. Coche Gobl, (2023) [Seat anuncia una planta de ensamblaje de baterías \(cocheglobal.com\)](#)
8. Chatham House (2020) - obtenido de [La Economía Circular en América Latina y el Caribe | Chatham House – Think Tank de Asuntos Internacionales](#)
9. Circle Economy, PGGM, KPMG, EBRD y WBCSD (2018) - obtenido de [Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe | McKinsey](#)
10. Comisión Europea (2020) - obtenido de [A new Circular Economy Action Plan \(miteco.gob.es\)](#)
11. Comisión Europea (2020) - obtenido de [Ecodesign your future - Publications Office of the EU \(europa.eu\)](#)
12. Ellen MacArthur Foundation (02 de Diciembre de 2015) - obtenido de [Accelerating towards a circular economy transition | Report \(ellenmacarthurfoundation.org\)](#)
13. Ellen MacArthur Foundation, SUN, McKinsey & Co. (Junio 2015) - obtenido de [Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe | McKinsey](#)
14. EUROSTAT (2022) - obtenido de [Extra-EU trade of raw materials tripled since 2002 - Products Eurostat News - Eurostat \(europa.eu\)](#)
15. EUROSTAT, Agencia Europea del Medio Ambiente, Comisión Europea (2023) - obtenido de [Packaging waste statistics - Statistics Explained \(europa.eu\)](#)
16. EUROSTAT, Agencia Europea del Medio Ambiente, Comisión Europea (2023) - obtenido de [Gestión de residuos en la UE: hechos y cifras \(Infografía\) | Noticias | Parlamento Europeo \(europa.eu\)](#)
17. Fundación Ellen MacArthur (2013) “Toward the Circular Economy”- obtenido de [Towards the circular economy \(mckinsey.com\)](#)

18. Fundación Ellen MacArthur (2020) - obtenido de [La oportunidad de la economía circular para la innovación urbana e industrial en China \(ellenmacarthurfoundation.org\)](https://ellenmacarthurfoundation.org)
19. Fundación Ellen MacArthur (2023) - obtenido de [What is the linear economy? \(ellenmacarthurfoundation.org\)](https://ellenmacarthurfoundation.org)
20. Fundación Ellen MacArthur (2014) - obtenido de [Executive summary SP.pdf \(ellenmacarthurfoundation.org\)](https://ellenmacarthurfoundation.org)
21. Future: Fast Forward, (2020) [dossier-futurefastfoward.pdf \(futurefastforward.es\)](https://futurefastforward.es)
22. Gobierno de España (2022) - obtenido de [120721 resumen ejecutivo perte mincotur digital.pdf](https://www.mincotur.gob.es)
23. Gobierno de España “Plan de recuperación transformación y resiliencia” (2022) - obtenido de [Proyectos estratégicos para la recuperación y transformación económica \(PERTE\) | Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Gobierno de España. \(planderecuperacion.gob.es\)](https://planderecuperacion.gob.es)
24. (ICEX,2022) obtenido de [Sector de la Automoción en España \(investinspain.org\)](https://investinspain.org)
25. La Moncloa (2022) - obtenido de [La Moncloa. 09/12/2021. Luz verde de Bruselas al PERTE del Vehículo Eléctrico y Conectado \[Prensa/Actualidad/Industria, Comercio y Turismo\]](https://www.lamoncloa.gob.es)
26. Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030, (2015) obtenido de [eds-cast-acce.pdf \(mdsocialesa2030.gob.es\)](https://mdsocialesa2030.gob.es)
27. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (2023) - obtenido de [¿Qué es la Economía Circular? - V Congreso de Industria Conectada \(cic40.es\)](https://cic40.es)
28. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) (2020) - obtenido de [PERTE EN EC \(planderecuperacion.gob.es\)](https://planderecuperacion.gob.es)
29. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) (2020) - obtenido de [espanacircular2030\\_def1\\_tcm30-509532\\_mod\\_tcm30-509532.pdf \(miteco.gob.es\)](https://miteco.gob.es),
30. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) (2021) - obtenido de [El Gobierno aprueba el I Plan de Acción de Economía Circular, con un presupuesto de 1.529 millones de euros \(miteco.gob.es\)](https://miteco.gob.es)
31. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (2022) - obtenido de [Economía Circular en la Unión Europea \(miteco.gob.es\)](https://miteco.gob.es)
32. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) (2020) - obtenido de [espanacircular2030\\_def1\\_tcm30-509532\\_mod\\_tcm30-509532.pdf \(miteco.gob.es\)](https://miteco.gob.es)
33. Neomotor, (2021) – obtenido de [Así es el nuevo robot gigante de la planta de Seat en Martorell \(epe.es\)](https://epe.es)

34. Noticias Parlamento Europeo (2023) - obtenido de [Economía circular: definición, importancia y beneficios | Noticias | Parlamento Europeo \(europa.eu\)](#)
35. Panel Internacional de Recursos (2020) - obtenido de [Plan de acción para la economía circular 2020 - Publications Office of the EU \(europa.eu\)](#)
36. Peltroche (2019) - obtenido de [MI BLOG DE ECONOMÍA: ECONOMÍA LINEAL \(miblogdeeconomia1.blogspot.com\)](#)
37. Plan de acción para la economía circular, 2020/2077 (INI), (2020) [TA \(europa.eu\)](#)
38. Renault (2022) - obtenido de [Refractory Sevilla - Movilidad sostenible - Renault España](#)
39. Samprieto-Salquicela (2020) - obtenido de [Dialnet-TransformacionDigitalDeLaIndustria40-7554338.pdf](#)
40. Schume (2020) - obtenido de [Improve product quality and yield with intelligent, secure, and adaptable manufacturing operations - IBM Blog](#)
41. TEDEAR (2023) - obtenido de <http://www.tedear.com.ar/2017/07/18/estamos-viviendo-el-amanecer-de-la-cuarta-revolucion-industrial/>
42. The WorldBank, (2022)- Obtenido de [Squaring the Circle: Policies from Europe's Circular Economy Transition \(worldbank.org\)](#)
43. Van den Beukel, (2017) obtenido de [Industry 4.0 as an enabler of the Circular Economy: preventing the waste of value and permitting the recovery of value from waste - Sustainability - PwC UK blogs](#)