

LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR INDUSTRIAL EUROPEO DE LA DEFENSA: BASES PARA SU DESARROLLO Y MODELOS A SEGUIR

PEDRO NÚÑEZ-CACHO UTRILLA

Universidad de Jaén

JAROSLAW GORECKI

Universidad Politécnica de Bydgoszcz

La industria de la defensa (IDF) emerge como uno de los sectores industriales estratégicos de vital importancia para cualquier país. Los acontecimientos de los últimos años han acentuado la necesidad de contar con un sistema de defensa eficaz y autónomo. En este contexto, la adquisición y el desarrollo de tecnologías y materiales se sitúan en el epicentro de los esfuerzos, dado que constituyen los cimientos de la autonomía en materia de defensa.

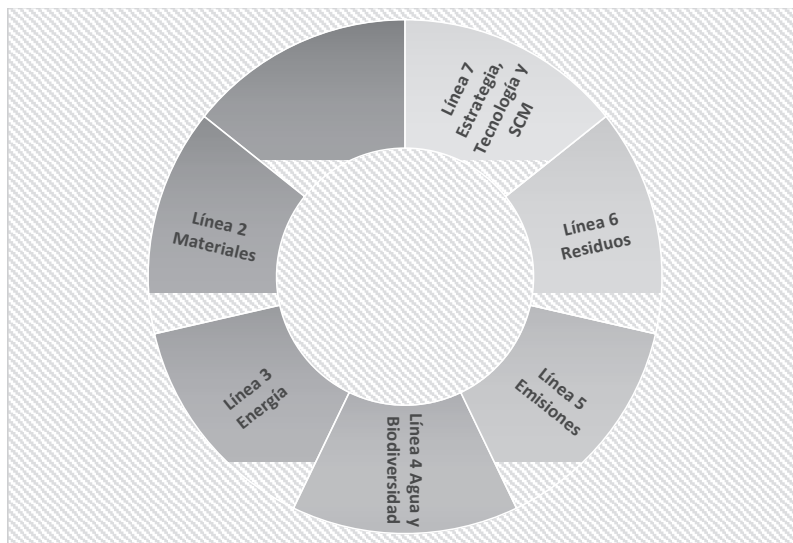
El crecimiento en la contribución porcentual del PIB de los países miembros a la defensa y el aumento de dotación por parte de la Unión Europea (UE) del Fondo Europeo de Defensa han generado un notable aumento en la producción militar. Por otra parte, el sector de la IDF está conformado por un grupo de empresas que facilita a los países la provisión de bienes y servicios, tanto los de uso general para las Fuerzas Armadas como los más específicos para las Fuerzas Armadas (armamento y material) (Pastor-Sánchez, 2016).

La IDF se encuentra ante nuevos desafíos relacionados con la transición hacia la digitalización y la sostenibilidad. Mientras la tecnología se ha ido incorporando con la aparición de nuevos sistemas militares, el tema de la sostenibilidad no ha seguido el mismo ritmo. Por ello, para que el sector de la IDF sea sostenible a largo plazo, se hace imperativo adoptar los principios de la Economía Circular (EC), que son la apuesta de la Unión Europea para alcanzar objetivos de huella de carbono cero.

En este contexto, el Foro de EC en la Defensa Europea ha presentado una serie de líneas estratégicas clave para la implementación de la EC en este sector industrial y abarca áreas como las materias primas, la fabricación aditiva, los materiales circulares, el diseño sostenible, la gestión de residuos, las adquisiciones ecológicas, la gestión de datos y la reutilización, todo ello bajo las indicaciones del documento de análisis de la UE IEEES 66/2022.

Para que la IDF pueda incorporar los modelos productivos de la EC, se requiere una base sólida para su desarrollo, definición de puntos de partida y objetivos (Molina *et al.* 2019). En este sentido, partiendo de modelos ya probados en otros sectores productivos, se presenta un modelo de evaluación de la EC específicamente diseñado para la industria de defensa. El objetivo por tanto de este trabajo es diseñar un modelo fundamental que permita a las empresas del sector adoptar una estrategia de EC. Para facilitar la implementación del modelo, se incluirá en este trabajo prácticas sostenibles relacionadas con

FIGURA 1
DIMENSIONES DEL MODELO DE EC APLICADO A LA INDUSTRIA DE LA DEFENSA



Fuente: Elaboración propia.

la EC que ya están implementando las empresas líderes de la industria de defensa europea.

EL MODELO DE ECONOMIA CIRCULAR EN LA INDUSTRIA DE LA DEFENSA

La Economía circular

La EC se define como un modelo restaurativo y regenerativo por naturaleza y diseño (Ghisellini *et al.*, 2016; Lieder y Rashid, 2016). En un contexto aplicado, la EC es un conjunto de planes y procesos de la organización para crear y entregar productos, componentes y materiales maximizando su utilidad para los clientes y para la sociedad. Para ello se requiere un uso efectivo y eficiente del ecosistema y el cierre del ciclo de vida en la gestión de los recursos (Alhawari *et al.* 2021). A pesar de los avances notables en su aplicación en sectores como la construcción (Gorecki *et al.*, 2019), la agricultura (Belmonte, Plaza-Úbeda y Vázquez-Brusch, 2021) y la industria textil (Esbeith *et al.*, 2021), la IDF ha recibido escasa atención en este contexto, y se han publicado relativamente pocos trabajos al respecto.

La primera cuestión que surge es cómo una empresa del sector de defensa puede adoptar un enfoque circular. Para abordar esta cuestión, hemos dividido la aplicación de la EC en una serie de dimensiones principales que conformarán la EC en la IDF, partiendo del modelo propuesto por Núñez-Cacho *et al.* (2018). Así, nuestro modelo comprende siete dimensiones fundamentales:

Línea 1: Reducir, Reusar y Reciclar (3R's) y Ecodiseño: Esta dimensión abarca las acciones de circularidad de la empresa que buscan transformar su modelo de producción hacia uno circular, toman-

do como referencia los principios de las 3R's y el ecodiseño.

Línea 2: Materiales: Aquí se engloban las acciones de la empresa orientadas a la incorporación de materiales más sostenibles en su sistema y la eliminación de aquellos que generan un mayor impacto ambiental, incluyendo medidas relacionadas con materiales críticos.

Línea 3: Energía: Esta dimensión se centra en las acciones que implican la transición de la empresa hacia el uso de energías renovables y la promoción de redes energéticas descentralizadas.

Línea 4: Agua y Biodiversidad: En esta línea, se consideran las acciones que buscan reducir el consumo de agua, eliminar elementos contaminantes en el agua y mitigar los impactos sobre la biodiversidad.

Línea 5: Emisiones: Esta dimensión aborda medidas destinadas a la reducción de emisiones contaminantes de todo tipo, incluyendo la transformación de los sistemas productivos para reducir la huella de carbono de la empresa y las acciones de compensación.

Línea 6: Residuos: En esta línea se incluyen acciones orientadas a la reducción del volumen de residuos generados, así como la recuperación de productos y la consideración del residuo como un recurso en otro proceso, siguiendo los principios Cradle to Cradle.

Línea 7: Estrategia, Tecnología y Cadena de Suministro (SCM): Esta dimensión se centra en las acciones de la empresa destinadas a incorporar la EC en su estrategia, la creación de departamentos y comités de EC, programas de formación y concienciación, y acciones relacionadas con la cadena de suministro.

**TABLA 1
COMPAÑÍAS ANALIZADAS**

COMPAÑÍA	DESCRIPCION	ORIGEN
BAE SYSTEM	BAE Systems, una compañía global de defensa, aeroespacial y seguridad, ha reconocido la importancia de la economía circular en sus operaciones y ha estado trabajando activamente para integrar prácticas sostenibles en su modelo de negocio.	UK
LEONARDO	Empresa multinacional especializada en aeroespacial, defensa y seguridad, también ha reconocido la importancia de la economía circular y ha tomado medidas para implementar prácticas sostenibles dentro de sus operaciones. Hay varias estrategias que son utilizadas por la empresa.	ITALIA
AIRBUS	Una importante empresa europea aeroespacial y de defensa, al igual que otros actores clave, demuestra un compromiso con la sostenibilidad y la economía circular a través de diversas estrategias e iniciativas	EUROPA
THALES	Empresa multinacional de defensa y tecnología con sede en Francia. Opera en diversos sectores, incluyendo aeroespacial, defensa, seguridad y transporte. La compañía diseña y ofrece sistemas, productos y servicios avanzados para clientes en los sectores de defensa, gobierno y comercial en todo el mundo.	FRANCIA
DASSAULT	Dassault Aviation es una empresa aeroespacial francesa que da forma al futuro diseñando y construyendo aviones militares, jets de negocios y sistemas espaciales. Diseñador y constructor del caza polivalente Rafale, del dron de combate nEUROn, aviones ejecutivos Falcon y constructor de Falcons para misiones especiales, incluidos aviones de vigilancia marítima, inteligencia y evacuación médica.	FRANCIA
SAFRAN	Safran crea nuevas soluciones de visores y dirección de tiro. Fruto de las tecnologías más avanzadas, estos sistemas de dirección permiten perseguir y alcanzar un objetivo con la máxima precisión. Se utilizan en artillería, vehículos blindados y aeronaves.	FRANCIA
ROLLS ROYCE	Rolls-Royce, empresa de ingeniería británica, fabricante de automóviles de lujo y suministradora de motores de aviación y para vehículos militares.	UK
NAVAL GROUP	Naval Group, una empresa líder mundial en defensa naval y tecnología marítima, está comprometida con la sostenibilidad y los principios de la economía circular. La compañía reconoce la importancia de proteger el medio ambiente y busca activamente minimizar su huella ambiental al tiempo que promueve un futuro sostenible.	FRANCIA
Rheinmetall AG	Rheinmetall es un grupo tecnológico global especializado en los sectores de defensa y automoción, se centra en temas relacionados con la sostenibilidad y se desarrolla continuamente. Rheinmetall, automotriz nacional e internacional con numerosos componentes, módulos y sistemas innovadores para la tecnología de motores,	ALEMANIA
SAAB AB	Saab atiende al mercado global con productos, servicios y soluciones líderes a nivel mundial, desde defensa militar en todos los ámbitos hasta seguridad civil. La oferta de mercado de Saab es amplia y se compone de sistemas complejos que implican una extensa investigación y desarrollo, así como servicios con un alto grado de repetición. Con operaciones en todos los continentes, Saab desarrolla, adapta y mejora continuamente nuevas tecnologías para satisfacer las necesidades cambiantes de los clientes.	SUECIA

Fuente: Elaboración propia.

EC y Análisis de Ciclo de Vida

El análisis de ciclo de vida (ACV) se ha utilizado ya en la evaluación de los aspectos ambientales y los impactos potenciales de la producción en instalaciones industriales militares (Costa *et al.* 2015). Su aplicación de la sostenibilidad y en la evaluación del impacto ha aumentado en los últimos años y se muestra como una herramienta muy útil para estos cometidos (Guinée *et al.* 2011; Lester *et al.* 2003). En nuestro caso hemos considerado el modelo de evaluación de Núñez-Cacho *et al.* 2020 compuesto por 5 fases: diseño (1), producción de materiales (2), producción (3), mantenimiento y uso (4), y fin de vida (5).

METODOLOGÍA

El diseño de este modelo para la transición hacia la EC parte de una revisión exhaustiva de la literatura académica pertinente. Esto nos ha permitido

definir las dimensiones más relevantes que son las que se muestran en la figura 1. Posteriormente, hemos realizado una búsqueda sobre las actuaciones desarrolladas en materia de sostenibilidad y EC por las principales compañías europeas de la IDF (Ver tabla 1). Para llevar a cabo esta investigación, hemos aplicado la metodología de Análisis de Contenido, utilizando los informes de sostenibilidad de estas empresas como nuestra principal fuente de información. Siguiendo la metodología propuesta por Campopiano y De Massis (2015), hemos analizado los informes de los últimos tres años para identificar que indicadores y prácticas han utilizado estas empresas en el contexto de la EC, realizando una agrupación de estas prácticas entorno a las 7 dimensiones propuestas en el modelo, alineándolo así con los principios desarrollados en nuestro marco teórico. Para complementar la búsqueda anterior, se ha consultado información disponible de las empresas en sus sitios web (Esrock y Leichty, 1998; Maignan y Ralston, 2002).

Una vez identificadas actuaciones relevantes en la literatura y en los informes de las compañías, se han clasificado y colocado cada actuación la clasificación formada por las siete dimensiones propuestas. Posteriormente se han revisado estas actuaciones y se han codificado para determinar a que fase del análisis de ciclo de vida pertenecen, considerando las siguientes: diseño, acopio de materiales, producción, mantenimiento y fin de vida.

RESULTADOS ↓

Actuaciones en la Línea 1: Ecodiseño y 3R's ↓

Estas actuaciones generalmente se ubican en la fase 1 del diseño del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). A continuación, destacamos las prácticas relacionadas con el ecodiseño de las empresas analizadas:

BAE Systems: Esta compañía integra la sostenibilidad en el diseño y desarrollo de productos, considerando la sostenibilidad para el ciclo de vida completo del producto. Además, busca oportunidades para extender la vida de los productos mediante acciones de reparación, actualización y remanufactura. Estas actuaciones abarcan especialmente la Fase 1 y la Fase 4 del ACV.

Leonardo: En su enfoque de diseño sostenible, considera factores como la selección de materiales, la eficiencia energética y el fin de vida de los productos. Sus productos están diseñados para ser duraderos, fáciles de reparar y desmontar, lo que facilita el reciclaje o la reutilización. Estas prácticas se aplican especialmente en las Fases 1, 2, 4 y 5 del ACV.

Airbus: También incorpora la sostenibilidad en el diseño de productos. Utiliza materiales ligeros para reducir el consumo de combustible, optimiza la aerodinámica para mejorar la eficiencia energética y considera escenarios de fin de vida útil para componentes y materiales. Estas acciones afectan especialmente a las fases 1, 2 y 5 del ACV.

Naval Group: Incorpora consideraciones de sostenibilidad en la fase de diseño de sus sistemas y plataformas de defensa. La empresa se enfoca en desarrollar soluciones innovadoras que optimicen la eficiencia energética, reduzcan las emisiones y minimicen la generación de residuos. Además, utiliza análisis de referencia ambientales a lo largo del ciclo de vida de los barcos, desde el diseño hasta la deconstrucción. La actuación afecta principalmente a la fase 1.

En lo que se refiere a actuaciones 3R's, reducir, reusar y reciclar, destacamos las siguientes:

Thales desarrolló como respuesta a la solicitud de un país de la OTAN un programa de desmantelamiento de 40 cápsulas de reconocimiento suministradas a aviones militares en 1993, tras comprobar que era técnica y financieramente viable. Posteriormente, el programa se puso en práctica en su sede de Élan-

court, para el posterior reciclaje o reutilización de los elementos. Afecta la fase 4 y 5 del ACV

Safran por su parte, enfatiza en la gestión del ACV de sus productos ofreciendo reparación, mantenimiento y actualización, lo que contribuye a reducir la generación de residuos y mejora la eficiencia técnica. Actúa sobre la fase 4 ACV.

Saab: Presenta un modelo de negocio circular a través del alquiler de material de entrenamiento de combate, contribuyendo a un uso más eficiente y circular de los recursos, en línea con la filosofía de «producto como servicio.» Esto afecta principalmente a la fase 4 y 5 del ACV.

Línea de Materiales ↓

En lo que se refiere al análisis de las actuaciones de las compañías objeto de estudio en el ámbito de materiales, todas se encuentran enclavadas en la fase 2 del ACV. Destacamos las siguientes:

BAE Systems: Busca eficiencia en el uso de recursos y la minimización de la generación de residuos, implementando nuevos sistemas de producción en las Fases 2 y 3 del ACV.

Leonardo: Se esfuerza por optimizar el uso de recursos, reducir los residuos y minimizar el impacto ambiental en sus operaciones. Esto incluye la adopción de tecnologías energéticamente eficientes, la optimización de procesos de fabricación para reducir el desperdicio de materiales y la implementación de prácticas de reciclaje y gestión de residuos. La empresa promueve el reciclaje y la reutilización de materiales con el objetivo de reducir los residuos en un 10% para 2025, en las Fases 2 y 3 del ciclo de vida.

Safran: Se compromete a maximizar el reciclaje y la reutilización de materiales, implementando tecnologías avanzadas de reciclaje para recuperar materiales valiosos de productos y procesos al final de su vida útil. Al incorporar componentes reciclados y reacondicionados en sus procesos de fabricación, Safran reduce la dependencia de materiales vírgenes y minimiza los residuos. Por ejemplo, Safran apoya el uso de biocombustibles sostenibles en la aviación, como el combustible de aviación sostenible (SAF), fabricado a partir de residuos y materiales de EC. Se ubica en las fases 2 y 3 del ACV. Por su parte, Airbus está incorporando en sus procesos materiales más ligeros que permitan a sus aeronaves reducir el consumo de combustible.

Línea de Energía ↓

La gestión de la energía es una preocupación relevante para las empresas analizadas, de sus informes destacamos las siguientes actuaciones:

Naval Group: Está firmemente comprometido con la transición energética y está explorando alternativas

a los combustibles fósiles para reducir significativamente la huella ambiental de sus plataformas marítimas. La compañía reconoce el potencial de la transición energética verde en el sector marítimo y se adhiere a los objetivos de reducción de emisiones contaminantes establecidos en los Acuerdos de París. Estas actuaciones se ubican principalmente en las fases 3 y 4 del ACV.

Dassault: La compañía pertenece al Comité de Protección Ambiental de la Aviación de la Organización de Aviación Civil Internacional, por ello apoya el Plan de Reducción y Compensación de Carbono. Está promoviendo el uso del denominado Combustible Alternativo Sostenible en sus aviones Falcon, en lugar del queroseno convencional. Además, Dassault limita su consumo de energía en su actividad ordinaria mediante un plan de transformación denominado «Leading Our Future», que afecta al diseño de sus nuevas instalaciones y edificios, mejorando en un 30% su eficiencia energética sobre los estándares medioambientales actuales. Este esfuerzo también se aplica a los procesos de producción. La actuación se ubica en las fases 2, 3 y 4 principalmente.

Línea de Agua y Biodiversidad ↓

Dentro de las actuaciones sobre agua y biodiversidad una de las únicas que se reporta es por parte de la compañía Leonardo, que analiza en sus laboratorios, soluciones para los retos industriales de la defensa relacionados con la sostenibilidad, entre ellos el análisis de estrés hídrico. Afecta principalmente a la fase 1 del ACV.

Línea de Emisiones ↓

En lo que se refiere a emisiones, la compañía Airbus realiza inversiones significativas en investigación y desarrollo (I+D) para diseñar aviones con un menor consumo de combustible y un mejor rendimiento medioambiental que las generaciones anteriores de productos. Además, Airbus aplica el sistema de gestión medioambiental ISO 14001 para gestionar la huella de sus operaciones industriales. Esto conlleva la reducción de emisiones de NOx y CO2 y afectando a la fase 3 del ACV.

Dassault: Busca la reducción de emisiones de carbono promoviendo iniciativas en áreas como la fabricación industrial y operaciones aéreas. Además, el fomento del teletrabajo en centros logísticos y conferencias remotas contribuyen a reducir la necesidad de viajar y, por lo tanto, disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero. Afecta principalmente a la fase 3 del ACV.

Thales: La compañía ha llevado a cabo la denominada «Green Initiative», es un proyecto de EC que permite a sus empleados intercambiar equipos profesionales. Esto forma parte de la estrategia de la empresa para reducir las emisiones de CO2 en un 50% y otras emisiones, incluyendo las relacionadas

con la compra de bienes y servicios, en un 15% para 2030. Afecta principalmente a la fase 3 del ACV.

Línea de Residuos ↓

Las actuaciones que se han analizado en las compañías que están relacionadas con la gestión de residuos son las siguiente:

Dassault: Utiliza criterios ambientales integrados en sus instalaciones productivas, abordando aspectos como el consumo de recursos, el uso de sustancias químicas, las emisiones atmosféricas y acuosas, así como la generación de residuos. Con estos criterios han logrado reducir la generación de residuos en un 8% en peso en cinco años, valorizando el 77% de los residuos en el año 2019. La empresa asegura que los residuos generados durante los procesos de producción y mantenimiento se gestionan de manera responsable desde una perspectiva ambiental. Esto se engloba en la fase 3 del ACV.

Leonardo: Se compromete a optimizar los procesos de fabricación para reducir el desperdicio de materiales e implementar prácticas de reciclaje y gestión de residuos. Su objetivo es reducir los residuos en un 10% para 2025.

Airbus: Utiliza la eficiencia de producción para reducir los residuos, optimizando el uso de recursos y minimizando la generación de residuos en todos sus procesos de fabricación.

Línea Estrategia, tecnología y Cadena de Suministro ↓

BAE Systems: Colabora con expertos y socios para promover prácticas sostenibles en toda su cadena de suministro. Esto incluye alentar la innovación en enfoques de EC, tecnologías de carbono cero y la promoción de la innovación en materiales, fabricación y reciclaje. La empresa se compromete a ser transparente y a interactuar con las partes interesadas, como clientes, empleados y comunidades, para crear conciencia y recopilar conocimientos sobre la sostenibilidad. También se esfuerza por ser transparente sobre sus avances, objetivos y desafíos en la implementación de prácticas de EC. Se sitúa en la fase 3 del ACV.

Leonardo: Desarrolla laboratorios en disciplinas de ciencia y tecnología, donde los investigadores buscan soluciones para desafíos industriales relacionados con la sostenibilidad. Esto incluye áreas como el reciclaje de baterías, la circularidad de materiales compuestos, alternativas de cromado en procesos industriales, evaluación del ciclo de vida de productos, combustibles de aviación sostenibles, computación y codificación sostenibles, eficiencia del transporte público con datos satelitales. Afecta a fases 2 y 3 del ACV.

Naval Group: Colabora con socios, instituciones de investigación y partes interesadas para impulsar la innovación en tecnologías navales sostenibles. La empresa busca activamente reducir el impacto am-

TABLA 2
RESUMEN DEL ANÁLISIS

		Nº DE ACTUACIONE POR FASE DEL CICLO DE VIDA					TOTAL	PORCENTUAL
		FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5		
LINEA DE ACTUACIÓN		DISEÑO MATERIALES PRODUCCION MANTENIM. FIN DE VIDA						
1	Ecodiseño/3R´s	5	2		5	4	16	38,10%
2	Materiales		4	3			7	16,67%
3	Energía		1	2	2		5	11,90%
4	Agua y Biodiversidad	1					1	2,38%
5	Emisiones			3			3	7,14%
6	Residuos			3			3	7,14%
7	Estrategia, Tech, SCM	2	2	3			7	16,67%
TOTAL		8	9	14	7	4	42	
PORCENTUAL		19,05%	21,43%	33,33%	16,67%	9,52%		

Fuente: Elaboración propia.

biental del ruido del tráfico marítimo en los ecosistemas marinos, participando en proyectos de investigación como el proyecto europeo PIAQUO para la reducción del impacto acústico del tráfico marítimo y la adaptación en tiempo real a los ecosistemas.

Safran: Trabaja activamente con proveedores, clientes y organizaciones de investigación para promover la EC en el sector aeroespacial. A través de alianzas, intercambio de mejores prácticas e impulso a la innovación, Safran contribuye al desarrollo de prácticas sostenibles en toda la industria. Destaca su colaboración con MetaFensch y Eramet en proyectos de desarrollo de la industria del titanio en Francia, que incluyen la producción de polvo de titanio y el reciclaje de residuos de titanio. Safran también prioriza la transparencia y la rendición de cuentas en su desempeño ambiental, publicando informes anuales de sostenibilidad que detallan su progreso, iniciativas y metas relacionadas con la EC.

Saab: Tiene como objetivo extender la longevidad del producto y optimizar el uso de los recursos. Busca activamente oportunidades para desarrollar e implementar modelos de negocio circulares, centrándose en la funcionalidad en lugar de productos o hardware específicos. Colabora estrechamente con los proveedores para promover prácticas responsables y considera el ciclo de vida completo de sus sistemas, desde el diseño y la fabricación hasta el uso y la eliminación al final de su vida útil. Saab también utiliza tecnologías como la Fabricación Aditiva (impresión 3D) para reducir el uso de materias primas y evitar el desperdicio.

Rheinmetall: Como grupo tecnológico especializado en los sectores de defensa y automoción, se centra en temas relacionados con la sostenibilidad. Contribuye significativamente a la reducción de contaminantes, la disminución del consumo, la reducción del peso y la optimización del rendimiento

en la industria automovilística. Busca mejorar procesos y estructuras de ubicación mientras reduce el consumo de energía, agua y materiales. Cumple con normas internacionales de calidad y protección del medio ambiente, y realiza controles de auditoría periódicos para garantizar la transparencia en su desempeño ambiental.

DISCUSIÓN E IMPLICACIONES PRÁCTICAS ↓

El análisis de la literatura y de los informes de las compañías nos ha permitido desarrollar un modelo de EC para su aplicación en el campo de la IDF. En primer lugar, hay que destacar que las empresas se encuentran en un estado muy incipiente del desarrollo de la EC. Prueba de ello es la escasa mención a la EC en sus informes anuales en comparación con compañías de otros sectores (ver tabla 2).

De las informaciones analizadas se desprende que la principal línea de actuación es la 1, Ecodiseño y 3R´s que reúne el 38,1% de las actuaciones, seguida de la línea 2 Materiales y la Línea 7 Estrategia, tecnología y SCM. La industria por tanto está trabajando con intensidad en el desarrollo de actuaciones futuras, aunque en este momento se necesita profundizar en otros aspectos muy importantes como son las líneas 5 y 6, Emisiones y Residuos

En lo que se refiere al ciclo de vida, la fase que recoge mayor número de actuaciones es la 3, producción, con un 33,3%, seguida de materiales con un 21,4%. Se está trabajando en la mejora del sistema productivo y seleccionando materiales que permitan a las compañías ser más sostenible. Por el contrario, el fin de vida del producto es un aspecto muy poco abordado por las compañías, solo un 7,4% de las actuaciones están destinadas a esta fase, cuando es una fase que tiene un alto impacto en la huella de las compañías. Ciertamente, una parte del

armamento o munición puede ser empleada en un conflicto por lo que resultaría difícil gestionar su fin de vida, aunque si se pueden acometer actuaciones que disminuyan su impacto medioambiental.

Esto nos permite recomendar el desarrollo de actuaciones conjuntas de la industria para abordar el fin de vida de los productos de defensa. En otros sectores industriales como el textil, se están desarrollando hub por parte de los fabricantes, que abordan la gestión de los aspectos más complejos del sector relacionados con la sostenibilidad, marca líneas de actuación para el futuro y generan relaciones entre los participantes que impulsen la EC. Por otro lado, la reintroducción en el sistema de materiales permitirá reducir la dependencia exterior, especialmente de aquellos críticos.

Por otra parte, las empresas de la IDF pueden utilizar el modelo aquí presentado para evaluar su situación en este contexto de transición hacia la EC, pueden conocer que actuaciones están llevando a cabo las empresas líderes del sector para tratar de incorporarlas a sus sistemas productivos. El diseño sostenible y la mejora de los sistemas productivos son el caballo de batalla hoy de la industria, pero hay que seguir avanzando en todas las líneas de actuación. El desarrollo en conjunto de estas actuaciones impulsará a las empresas a los modelos de huella de carbono cero.

Hay que destacar por último las limitaciones de la metodología empleada de report análisis, que solo es accesible la información que la empresa publica en sus documentos. Por ello, planteamos como línea futura de trabajo se podría emplear entrevistas con los responsables para profundizar en aspectos que no aparecen mencionados en estos informes.

CONCLUSIONES

La IDF se encuentra en una etapa inicial en la adopción de la Economía Circular (EC), siendo las áreas predominantes en su implementación el Ecodiseño y las 3R's, seguido de Materiales y Estrategia, Tecnología y SCM. En lo que respecta al ACV las fases en las que más se está trabajando para la mejora de la sostenibilidad son la fase de producción y en la fase de selección de materiales. No obstante, se presta poca atención a una fase con gran peso en la generación de residuos, como es la fase de fin de vida del producto, a pesar de su impacto ambiental.

Se recomienda que la IDF desarrolle acciones conjuntas para abordar el fin de vida de los productos y se inspire en ejemplos de otros sectores, como el textil, que han implementado enfoques similares. Las empresas de defensa pueden utilizar el modelo presentado para evaluar su progreso hacia la EC y aprender de las mejores prácticas de líderes del sector. El diseño sostenible y la mejora de los sistemas productivos son prioridades actuales, pero se necesita avanzar en todas las áreas de actuación para alcanzar modelos de huella de carbono cero.

REFERENCIAS

- Alhawari O, Awan U, Bhutta M. *et al.* (2021). Insights from Circular Economy Literature: A Review of Extant Definitions and Unravelling Paths to Future Research. *Sustainability*, 13(2):859.
- Belmonte-Ureña, L., Plaza-Úbeda, J.A., Vazquez-Brust, D., Yakovleva, N. (2021). Circular economy, degrowth and green growth as pathways for research on sustainable development goals: A global analysis and future agenda. *Ecological Economics* 185, 107050
- Campopiano, G. & De Massis, A. (2015). Corporate Social Responsibility Reporting: A Content Analysis in Family and Non-family Firms. *Journal of Business Ethics* 129 (3): 511-534.
- Costa, D. Galante, E., Andrade, I., Cunha, J. (2015) Environmental life-cycle assessment of a military explosive production unit: a preliminary approach. *U. Porto Journal of Engineering*, 1,1, 2-10 DOI 10.24840/2183-6493_001.001_0002
- Esbeih, K.N.; Molina, V.; Núñez-Cacho, P.; Silva, B. (2021). Transition to the Circular Economy in the Fashion Industry: The Case of the Inditex Family Business. *Sustainability*, 13, 10202. <https://doi.org/10.3390/su131810202>
- Esrock, S. L., & Leichty, G. B. (1998). Social responsibility and corporate web pages: Self-presentation or agenda-setting? *Public Relations Review*, 24(3), 305-319.
- Ghisellini, P.; Cialani, C.; Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11.
- Górecki, J., Núñez-Cacho, P.; Corpas, F. & Molina, V. | (2019) How to convince players in construction market? Strategies for effective implementation of circular economy in construction sector, *Cogent Engineering*, 6:1, 1690760, DOI: 10.1080/23311916.2019.1690760
- Guinée, J.B., Heijungs, R., Huppes, G. *et al.* (2011). Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future. *Environ. Sci. Technol.* 45, 1, 90-96 <https://doi.org/10.1021/es101316v>
- Lester, D.L., Parnell, J.A. and Carraher, S. (2003), «Organizational life cycle: a five-stage empirical scale», *The International Journal of Organizational Analysis*, 11, 4, 339-354. <https://doi.org/10.1108/eb028979>
- Lieder M., Rashid A. (2016). Towards Circular Economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry», *Journal of Cleaner Production*, Volume 115, (1): 36-51.
- Maignan, I., & Ralston, D. A. (2002). Corporate social responsibility in Europe and the U.S.: Insights from businesses' self-presentations. *Journal of International Business Studies*, 33(3), 497-514.
- Molina, V.; Núñez-Cacho, P.; Gálvez, F. (2019). Transición hacia la economía circular y sostenibilidad de la industria de defensa. Estudio de los casos de Navantia y Airbus Military. *Economía Industrial*, 412, 149-156.
- Núñez-Cacho Utrilla, P., Górecki, J., Maqueira, J.M. Simulation-Based Management of Construction Companies under the Circular Economy Concept—Case Study. *Buildings* 2020, 10, 94. <https://doi.org/10.3390/buildings10050094>
- Núñez-Cacho P, Górecki J, Molina-Moreno V, Corpas-Iglesias FA. (What Gets Measured, Gets Done. Development of a Circular Economy Measurement Scale for Building Industry. *Sustainability* 10(7):2340. <https://doi.org/10.3390/su10072340>
- Pastor-Sánchez, J. (2016) Procedimiento de estimación del coste del ciclo de vida de un sistema de armas en España. Tesis Doctoral. UNED. Madrid.