

INFORME DE VIGILANCIA Y COMPETITIVIDAD AMBIENTAL

Sector de la Máquina Herramienta en Euskadi

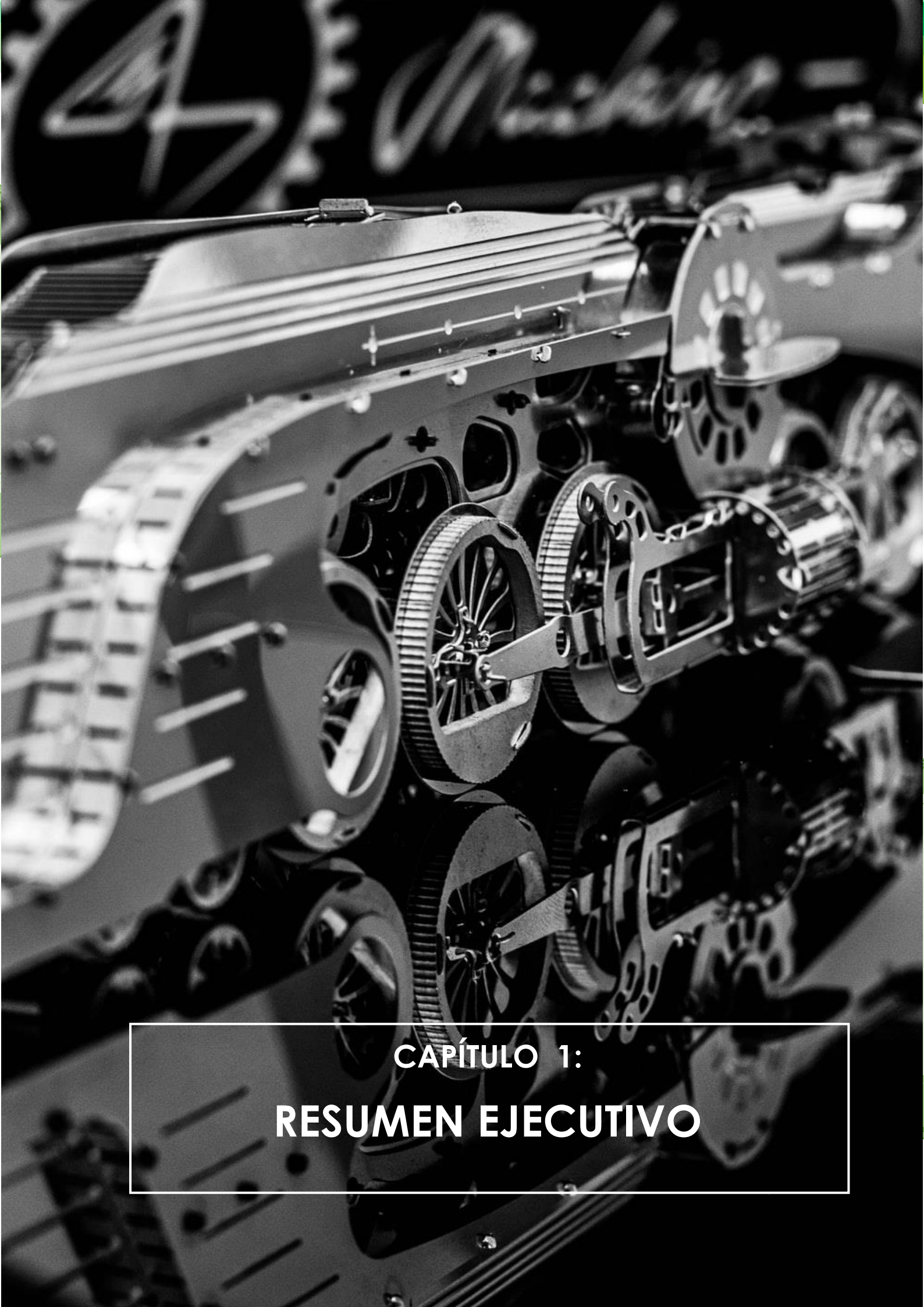
Octubre 2022



ÍNDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO	5
1. LABURPEN EXEKUTIBOA	7
1. EXECUTIVE SUMMARY	9
2. MÉTODOS DE VIGILANCIA	12
3. SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS DEL SECTOR	14
3.1 SECTOR MÁQUINA-HERRAMIENTA A NIVEL MUNDIAL	14
3.2 SECTOR MÁQUINA-HERRAMIENTA A NIVEL EUROPEO	16
3.3 SECTOR MÁQUINA-HERRAMIENTA A NIVEL ESTATAL	19
3.4 SECTOR MÁQUINA-HERRAMIENTA A NIVEL CAPV	21
3.5 TENDENCIAS Y RETOS DEL SECTOR	23
4. MARCO ESTRATÉGICO Y LEGISLATIVO AMBIENTAL	25
4.1 PACTO VERDE EUROPEO	25
4.1.1 Nuevo Plan de acción para la economía circular	25
4.1.2 Estrategia Española de Economía Circular	26
4.1.3 Estrategia de Economía Circular de Euskadi 2030	28
4.2 TRANSPARENCIA Y COMUNICACIÓN AMBIENTAL	31
4.2.1 Propuesta de directiva sobre la diligencia debida en materia de sostenibilidad de las empresas	31
4.2.2 Propuesta legislativa sobre la justificación de las alegaciones ecológicas	32
4.2.3 Reglamento de Taxonomía	32
4.2.4 Normas de mejora ambiental	34
4.3 MATERIAS PRIMAS CRÍTICAS	35
4.4 INICIATIVA SOBRE PRODUCTOS SOSTENIBLES	36
4.5 RESIDUOS	39
4.6 ACEITES Y LUBRICANTES	41

5.	IMPACTO AMBIENTAL DEL SECTOR	44
5.1	CICLO DE VIDA DE UNA MÁQUINA HERRAMIENTA Y SUS IMPACTOS ASOCIADOS	44
5.2	IMPACTOS EN LA FASE DE PRODUCCIÓN	51
5.3	IMPACTOS EN LA FASE DE OPERACIÓN	53
5.4	IMPACTOS EN LA FASE DE TRANSPORTE	56
5.5	IMPACTOS EN LA FASE DE FIN DE VIDA	57
6.	ECONOMIA CIRCULAR	61
6.1	ECODISEÑO	62
6.1.1	Materias primas más sostenibles	62
6.1.2	Piezas ecodiseñadas	64
6.1.3	Fluidos de corte de menor impacto	67
6.1.4	Eficiencia energética.....	744
6.2	PROVEEDORES MÁS SOSTENIBLES	75
6.3	INDUSTRIA 4.0 AL SERVICIO DE LA ECOEFICIENCIA	799
6.3.1	Nuevas tecnologías/procesos	79
6.3.2	Digitalización.....	85
6.3.3	Impresión 3D.....	911
6.4	MODELOS DE NEGOCIO CIRCULARES	94
6.4.1	Remanufactura	95
6.4.2	Servitización	97
6.5	COMUNICACIÓN EXTERNA/AMBIENTAL.....	100
7.	CONCLUSIONES	104
8.	BIBLIOGRAFÍA	107



CAPÍTULO 1:
RESUMEN EJECUTIVO

1. RESUMEN EJECUTIVO

El sector de la máquina herramienta está presente en el **origen** de toda **producción industrial** y se encarga de desarrollar los medios productivos que actúan en los sectores más importantes, fundamentales en la economía actual. Por tanto, el rol que cumple el sector en la industria es de suma importancia hasta el punto de ser **irremplazable**. Debido a esto, los **retos** a los que se enfrenta no solo le afectan al sector directamente si no que a todo el tejido industrial.

Poniendo fin a una tendencia de crecimiento positiva, la pandemia ha impactado a la industria europea y **especialmente** a la máquina herramienta. El **parón** de las actividades industriales, las dificultades en **exportaciones** e importaciones debido a problemas en los transportes y restricciones que afectan a su vez a las **cadena de valor**, problemas de **abastecimiento** y un descenso en los **pedidos** son unos de los factores propiciados por la COVID-19. Adicionalmente, la recuperación económica esperada tras las primeras olas se ha visto ralentizada por nuevas variantes, desabastecimiento de semiconductores y conflictos que han encarecido tanto **materias primas** como la energía.

Con la intención de lograr una **recuperación verde y sostenible** y acelerando las transiciones planeadas, la Comisión Europea presentó el **Pacto Verde Europeo**. En este contexto de mejora ambiental y de reducción de impactos, sectores como el de máquina herramienta que tanto consumen recursos como contribuyen a la industria con sus productos deben **adaptarse** para seguir siendo **competitivos y relevantes**. En consecuencia, CECIMO redactó la Estrategia y el Plan de Acción Europeos del CECIMO para el Pacto Verde creando así oportunidades duraderas para la recuperación y prosperidad.

En línea con el Pacto Verde Europeo varias iniciativas, pactos y estrategias han sido y serán elaboradas que afectarán al sector. Desde la iniciativa de **productos sostenibles**, pasando por la **taxonomía** europea y responsabilidades corporativas con respecto al medio ambiente, hasta propuestas relacionadas con el consumo de materias primas y residuos, el contexto legislativo en el que se desarrollará la industria del futuro inmediato exigirá una **rápida transformación** a la industria.

Para conseguir las mejoras solicitadas tanto por el entorno como por los clientes, es imprescindible identificar y medir los **impactos generados** por el sector, siendo el **análisis de ciclo de vida** una herramienta fundamental para lograr estos objetivos. Así, con la perspectiva del análisis del ciclo de vida de una máquina herramienta se pueden priorizar los impactos más significativos. Al dividirlos en las fases se puede observar que **la fase de uso** es la que mayor impacto tiene, con las de producción, fin de vida y transporte siguiéndolas por detrás. Este reparto de impactos está estrechamente relacionado con la **larga vida útil** de las máquinas herramienta. Con respecto a impactos específicos, el consumo de recursos derivado por el **consumo energético** es el impacto principal, seguido por el consumo de materias primas, relegando al transporte y al fin de vida.

Habiendo identificado los impactos, las áreas y los temas de trabajos relacionados que deben desarrollarse para poder reducir el impacto ambiental y así conseguir una máquina herramienta más sostenible y en línea con los futuros criterios y requisitos se mencionarán a continuación.

El **ecodiseño**, que engloba la fase de producción y uso, es una valiosa herramienta para mejorar la sostenibilidad tanto mejorando el propio diseño de la máquina como en la elección de diferentes componentes o consumibles. En el diseño la **eficiencia energética** resalta como uno de los puntos clave a tratar.

Otra de las mejoras ambientales disponibles para el sector viene de la elección de sus **proveedores**. Adquirir las materias y recursos que provengan de un **origen** más **sostenible** facilitará la reducción de sus impactos.

El sector de la máquina herramienta invierte una cantidad significativa en **I+D+i** ya que las nuevas tecnologías mejoran su competitividad, factor diferenciador y necesario para conseguir la relevancia en el mercado. A su vez, estas mejoras pueden facilitar y ayudar en el aspecto de la sostenibilidad.

Así la **industria 4.0** con sus nuevas tecnologías y un mayor grado de **digitalización** será una contribución indispensable para la reducción del impacto de las máquinas herramienta. Adicionalmente, el peso que está ganando la **fabricación aditiva** en el campo de la sostenibilidad gracias a sus características únicas la convierte en otro aliado perfecto.

Con un sector tradicionalmente centrado en la venta de producto y asistencia en algunos servicios, el cambio de paradigma creado por las nuevas tecnologías y las tendencias de mercado ha habilitado la creación de **nuevos modelos de negocio** en el sector de la máquina herramienta. Desde cambios de ofrecer un producto a ofrecer **valor** en forma de servicios mediante la **servitización**, hasta la recuperación de máquinas en su fase de fin de vida gracias a la **remanufactura**, estas propuestas ayudaran al sector a proporcionar más valor a sus clientes, consiguiendo así un sector más **circular**.

Para un sector integrado dentro de la cadena de valor es imprescindible contar con la capacidad de **transmitir** la **sostenibilidad** propia mediante una comunicación externa sistematizada y eficaz. Con **criterios de sostenibilidad** ganando cada vez más importancia hasta llegando a ser imprescindibles y obligatorios para clientes los fabricantes de máquina herramienta deberán adoptar sistemas de gestión que les permitan poder informar de las implicaciones ambientales a sus clientes para mantener la competitividad en el mercado e incluso poder captar nuevos clientes guiados por criterios verdes.

Así, la **transición** hacia una **fabricación sostenible y circular** implicará un cambio significativo en el sector, lo que conllevará un cambio gradual hacia nuevas prácticas y tecnologías que minimicen sus impactos ambientales y no agoten excesivamente la energía y los recursos naturales. En este contexto, las máquinas herramienta pueden desempeñar un papel fundamental en la mejora de la sostenibilidad, ya que inciden directamente en la productividad y competitividad de casi todos los procesos de fabricación.

Ihobe y el Basque Ecodesign Center, con el apoyo de La Asociación Española de Fabricantes de Máquina Herramienta, Accesorios, Componentes y Herramientas, AFM, Advanced Manufacturing Technologies, presentan este informe de vigilancia y competitividad ambiental con el deseo de impulsar al sector vasco de la máquina herramienta, a tomar el testigo de las empresas líderes del mercado y adoptar la mejora ambiental como una política corporativa que asegure su competitividad y sostenibilidad.

1. LABURPEN EXEKUTIBOA

Makina-erremintaren sektorea **industria-ekoizpen** ororen **jatorrian** dago, eta egungo ekonomian funtsezkoak diren sektore garrantzitsuenetan jarduten duten produkzio-bitartekoak garatzeaz arduratzen da. Beraz, sektoreak industrian betetzen duen rola oso garrantzitsua da, are **ordezkaezina** ere. Hori dela eta, aurre egin beharreko **erronkek** sektoreari zuzenean eragiteaz gain, industria-sare osoari ere eragiten diote.

Hazkunde-joera positiboari amaiera emanez, pandemiak eragina izan du Europako industrian eta, **bereziki**, makina-erremintan. COVID-19ak honako faktore hauek eragin ditu, besteak beste: industria-jardueren **geldialdia**; esportazioetan eta inportazioetan dauden zailtasunak, garraio-arazoak eta **balio-kateei** eragiten dieten murrizketak tarteko; **hornidura-arazoak** eta **eskaeren** beherakada. Gainera, lehen olatuen ondoren espero zen susperraldi ekonomikoa moteldu egin da aldaera berrien, erdieroaleen hornidurarik ezaren eta **lehengaiak** zein energia garestitu dituzten gatazken ondorioz.

Susperraldi berde eta jasangarri bat lortzeko asmoz eta aurreikusitako trantsizioak bizkortuz, Europako Batzordeak **Europako Itun Berdea** aurkeztu zuen. Ingurumena hobetzeko eta inpaktuak murrizteko testuinguru horretan, besteak beste makina-erremintaren sektorea –baliabideak kontsumitzen dituzte eta industriari, bere produktuekin, ekarpena egiten diote– **egokitu** egin behar da **lehiakorrek eta garrantzitsuak** izaten jarraitzeko. Ondorioz, CECIMOk Itun Berderako CECIMOren Europako Estrategia eta Ekintza Plana idatzi zituen, eta, horrela, susperraldirako eta oparotasunerako aukera iraunkorrak sortu zituen.

Europako Itun Berdearen ildotik, sektoreari eragingo dioten hainbat ekimen, itun eta estrategia landu dira eta landuko dira. **Produktu jasangarrien** ekimena, Europako **taxonomia** eta ingurumenarekiko erantzukizun korporatiboak, lehengaien kontsumoarekin eta hondakinekin lotutako proposamenak... Etorkizun hurbileko industria garatuko den legegintza-testuinguruak industria **azkar eraldatzea** eskatuko du.

Inguruneak eta bezeroek eskatutako hobekuntzak lortzeko, ezinbestekoa da sektoreak **sortutako inpaktuak** identifikatzea eta neurtzea, eta **bizi-zikloaren azterketa** helburu horiek lortzeko funtsezko tresna bat da. Horrela, makina-erreminta baten bizi-zikloaren azterketaren ikuspegitik, inpaktu esanguratsuenei lehenatasuna eman dakieke. Faseetan banatzean, ikus daiteke **erabilerako faseak** duela inpaktu handiena, produkzioko, bizitza-amaierako eta garraioko faseak atzetik dituela. Inpaktuen banaketa horrek lotura estua du makina-erremintan **balio-bizitza luzearekin**. Inpaktu espezifikoei dagokienez, **energia-kontsumoak** eragindako baliabideen kontsumoa da inpaktu nagusia, eta, ondoren, lehengaien kontsumoa dago, garraioa eta bizitza-amaiera alboratuta.

Ingurumen-inpaktua murrizteko eta, horrela, jasangarriagoa den eta etorkizuneko irizpideekin eta eskakizunekin bat datorren makina-erreminta bat lortzeko garatu behar diren inpaktuak, arloak eta lan-gaiak identifikatu ondoren, honako hauek dira.

Ekodiseinua, ekoizpeneko eta erabilerako fasea barne hartzen duena, jasangarritasuna hobetzeko tresna baliotsu bat da, bai makinaren diseinua bera hobetuz, bai hainbat osagai edo kontsumigarri hautatuz. Diseinuan, **energia-efizientzia** da landu beharreko funtsezko puntuetako bat.

Sektorerako eskuragarri dagoen beste ingurumen-hobekuntzetako bat **hornitzaileak** aukeratzetik dator. **Jatorri jasangarriago** batetik datozen gaiak eta baliabideak eskuratzeak haien inpaktuak murriztea erraztuko du.

Makina-erremintaren sektoreak kopuru esanguratsu bat inbertitzen du **I+G+Bn**; izan ere, teknologia berriek bere lehiakortasuna hobetzen dute. Lehiakortasuna faktore bereizlea da, eta merkatuan garrantzia lortzeko beharrezkoa. Era berean, hobekuntza horiek jasangarritasunaren alderdian lagundu dezakete. Horrela, **4.0 industria**, teknologia berriei eta digitalizazio-maila handiagoarekin, makina-erremintan inpaktua murrizteko ezinbesteko ekarpen bat izango da. Gainera, fabrikazio gehigarria, bere parekorik gabeko ezaugarriek esker, jasangarritasunaren arloan hartzen ari den pisua dela-eta, beste aliatu perfektu bat da.

Tradizioz produktuen salmentan eta zerbitzu batzuetako laguntzan zentratu izan den sektorearekin, teknologia berriek eta merkatuko joerek sortutako paradigma-aldaketak **negozio-eredu berriak** sortzea ahalbidetu du makina-erremintaren sektorean. Produktu bat eskaintzetik **serbitutzioaren** bidez **balioa** –zerbitzuak– eskaintzera igarotzea, eta, **birmanufakturari** esker, makinak bizitza amaierako fasean berreskuratzea. Proposamen horiek sektoreari bere bezeroei balio handiagoa ematen lagunduko diote, eta, horrela, sektorea **zirkularragoa** izango da.

Balio-katearen barruan integratutako sektore batentzat ezinbestekoa da kanpo-komunikazio sistematizatu eta eraginkor baten bidez **jasangarritasun propioa transmititzeko** gaitasuna izatea. **Jasangarritasun-irizpideak** gero eta garrantzi handiagoa hartzen ari dira, eta are ezinbestekoak eta nahitaezkoak bezeroentzat. Hori horrela, makina-erreminten fabrikatzaileek kudeaketa-sistemak ezarri beharko dituzte, beren bezeroei ingurumen-inplikazioen berri eman ahal izateko, hartara, merkatuko lehiakortasunari eusteko eta are irizpide berdeek gidatutako bezero berriak erakarri ahal izateko.

Horrela, **fabrikazio jasangarri eta zirkular baterako trantsizioak** aldaketa nabarmena ekarriko du sektorean, eta horrek pixkanaka praktika eta teknologia berrietarantz aldatzea ekarriko du, ingurumen-inpaktuak minimizatzeko eta energia eta baliabide naturalak gehiegi ez agortzeko. Testuinguru horretan, makina-erremintek funtsezko rol bat joko dezakete jasangarritasuna hobetzeko, zuzenean eragiten baitute fabrikazio-prozesu ia guztien produktibitatean eta lehiakortasunean.

Ihobek eta Basque Ecodesign Centerrek, AFM Advanced Manufacturing Technologies Makina-erreminta, Osagarri, Osagai eta Erreminten Fabrikatzaileen Espainiako Elkartearekin batera, ingurumen-zainketako eta -lehiakortasuneko txosten hau aurkeztu dute, EAEko makina-erremintaren sektorea merkatuko enpresa liderren lekukoa hartzera eta ingurumen-hobekuntza beren lehiakortasuna eta jasangarritasuna bermatuko dituen politika korporatibo gisa hartzera bultzatzeko.

1. EXECUTIVE SUMMARY

The machine tool sector is present at the **origin** of all **industrial production** and is responsible for developing the productive means that operate in the current economy's most important and fundamental sectors. Therefore, the role the sector plays in the industry is of utmost importance, to the point of being **irreplaceable**. For this reason, the **challenges** that it faces affect not only the sector directly, but the entire industrial fabric at large.

By putting an end to the positive growth trend, the pandemic has impacted European industry, and **especially** machine tools. The **shutdown** of industrial activities, the difficulties with imports and **exports** due to transportation problems, and restrictions that ultimately affect **value chains**, **supply** problems, and a drop in **orders** are some of the factors that COVID-19 has contributed to. In addition, the economic recovery expected after the first waves has been slowed by new variants, a shortage of semiconductors, and conflicts that have made **raw materials** like energy more expensive.

With the aim of achieving **green** and **sustainable recovery**, and accelerating planned transitions, the European Commission presented the **European Green Deal**. In this context of environmental improvement and reducing impacts, sectors such as machine tools that consume resources and contribute to industry with their products must **adapt** to remain **competitive and relevant**. As a result, CECIMO wrote the CECIMO European Action Plan and Strategy for the Green Deal, thereby creating long-lasting opportunities for recovery and prosperity.

In line with the European Green Deal, various initiatives, pacts, and strategies that will affect the sector have been and will be produced. From the **sustainable products** initiative, European **taxonomy**, and corporate responsibility in terms of the environment, to proposals relating to waste and raw materials, the legal context in which industry of the immediate future will develop will require **rapid** industry **transformation**.

In order to complete the improvements requested by the environment and clients, it is essential to identify and measure the **impacts generated** by the sector, with the **life cycle analysis** being an essential tool for achieving these targets. As such, through the lens of machine tool life cycle analysis, the most significant impacts can be prioritised. By dividing them into phases, it can be observed that **phase one** has the most impact, with production, end of life, and transportation following. This distribution of impacts is closely linked to the **long useful life** of machine tools. In terms of specific effects, resource consumption derived from **energy consumption** is the main impact, followed by raw materials consumption, relegating transposition and end of life to the back.

Having identified the impacts, the areas and related work topics that must be developed in order to be able to reduce environmental impact and create more sustainable tools in line with future criteria and requirements are as follows.

Ecodesign, which covers the production and use phase, is a valuable tool when it comes to improving sustainability by improving the machine's own design, as well as the selection of different components or fuels. **Energy efficiency** design stands out as one of the key points to address.

Another environmental improvement available to the sector comes in the form of **supplier** selection. Acquiring materials and resources from more **sustainable sources** will facilitate impact reduction.

The machine tool sector invests a significant amount of money in **R&D**, as new technologies improve competitiveness, and are a differentiating factor that is necessary when it comes to market relevance. In turn, these improvements can facilitate and assist with the sustainability aspect. As such, **industry 4.0** with its new technologies and a higher degree of **digitalisation** will make an indispensable contribution to machine tool impact reduction. In addition, the weight that **additive manufacturing** is gaining in the field of sustainability thanks to its unique characteristics is transforming it into another perfect ally.

With a sector that is traditionally focused on product sale and assistance with some services, the paradigm shift created by new technologies and market trends have allowed for the creation of **new business models** in the machine tool sector. From changes of offering a product to offering **value** in



the form of services through **servitisation**, to recovering machines in their end-of-life stage thanks to re-manufacturing, these proposals will help the sector provide more value to its clients, achieving a more **circular** economy as a result.

For a sector that is integrated into the value chain, having the ability to **express** its own **sustainability** through systematic and efficient external communication is essential. With **sustainability criteria** gaining increasing importance to the point where they are essential and obligatory for clients, machine tool manufacturers will have to adopt management systems that will allow them to be able to inform their clients of environmental implications in order to remain competitive on the market, and even attract new clients with green criteria.

The **transition** towards **sustainable, circular manufacturing** will involve a significant change in the sector, which will involve a gradual change towards new practices and technologies that minimise their environmental impacts and avoid excessively depleting natural resources and energy. In this context, machine tools can play a fundamental role in improving sustainability, since they have a direct impact on productivity and competitiveness in almost all manufacturing processes.

Ihobe and the Basque Ecodesign Center, with the support of the Spanish Association of Manufacturers of Machine Tools, Accessories, Components, and Tools, AFM, Advanced Manufacturing Technologies, present this environmental monitoring and competitiveness report with the aim of encouraging the Basque machine tool sector to follow market leaders and adopt environmental improvement as a corporate policy that ensures future competitiveness and sustainability.





CAPÍTULO 2:

MÉTODOS DE VIGILANCIA

2. MÉTODOS DE VIGILANCIA

La metodología de vigilancia ambiental empleada para el desarrollo de este informe está concebida siguiendo la **norma UNE 166006 Vigilancia e Inteligencia**. Ésta, establece una serie de pasos en el llamado ciclo de vigilancia.

En una primera fase (**1. Análisis de necesidades**) se sugiere el análisis de las necesidades de vigilancia (temáticas de interés), así como una revisión de las fuentes que se están siguiendo hasta el momento. Una vez llevado a cabo este paso, se inicia el ciclo. A lo largo de este proceso se podrán identificar alertas de interés (**2. Identificación de alerta**), lo que dará como resultado una serie de fichas de alerta que serán procesadas en la base de datos interna. Una vez identificada, se procederá a la búsqueda y ampliación de la información con nuevas referencias trazables (**3. Búsqueda, tratamiento y validación**). Finalmente, tras validar la información, se procederá a su puesta en valor (**4. Puesta en valor**), la cual se podrá materializar en informes, propuestas de proyecto, etc.

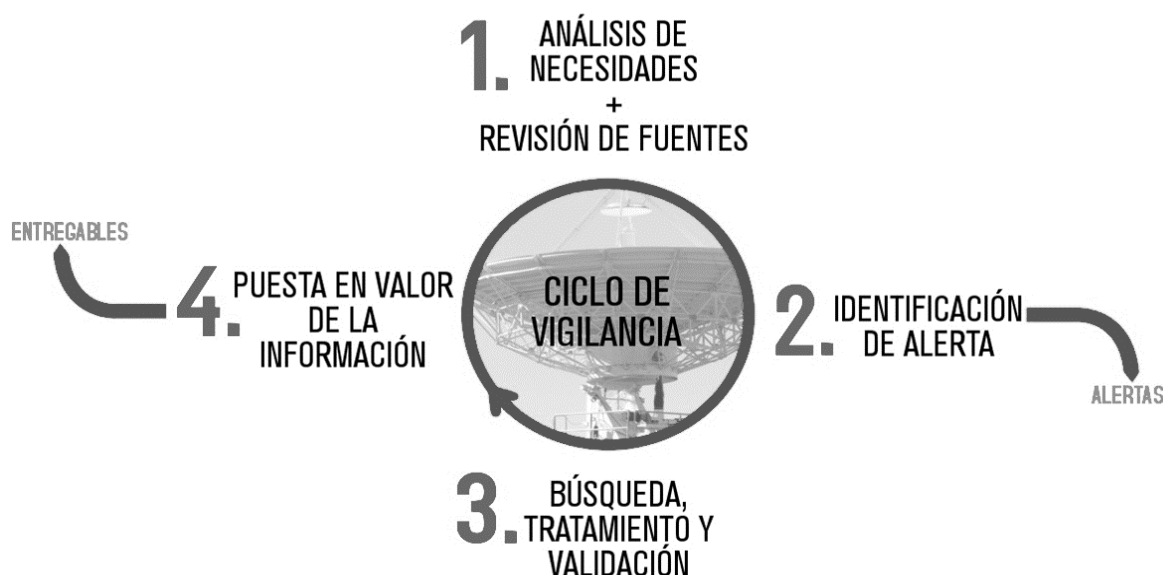


Figura 1 Metodología de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (UNE 166006).

Teniendo en cuenta que, en el sector agroalimentario cada vez se llevan a cabo más actuaciones ambientales, el **Basque Ecodesign Center** ha decidido desarrollar este Informe de Vigilancia y Competitividad Ambiental, dirigido al sector de la construcción en Euskadi.

En primer lugar, se ha estudiado la situación actual del sector, trazando su futura trayectoria y haciendo hincapié en la legislación e implicaciones ambientales. A continuación, se han identificado tendencias innovadoras y se ha detectado que **algunas grandes empresas ya han comenzado a trabajar en atenuar el impacto ambiental derivado de su actividad, estando de plena actualidad la inclusión del enfoque de Ciclo de Vida y la Economía Circular**. En relación con esto, se han incluido alertas sobre diferentes organismos o marcos de trabajo para la reducción del impacto, así como herramientas de trabajo y programas de investigación y actuación, con el objetivo de poner a disposición del sector posibles líneas de trabajo para el futuro.

**CAPÍTULO 3:
SITUACIÓN ACTUAL Y
TENDENCIAS DEL SECTOR**

3. SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS DEL SECTOR

El sector de la máquina-herramienta es esencial en el trabajo industrial de metales y puede servir como referente de la capacidad de producción de una nación, ya que las máquinas herramientas se usan con el fin de servir y apoyar la fabricación. Aun teniendo continuadas previsiones de crecimiento, en 2020 el mercado global de maquinaria y equipos industriales se vio fuertemente afectado por la crisis inducida por la pandemia del COVID-19, ya que el cierre de fronteras internacionales dificultó tanto la gestión de la cadena de suministro, como la exportación de la maquinaria. Después de una buena pero limitada recuperación en 2021 las previsiones auguran un crecimiento estable, aunque se espera una ralentización si los problemas de suministros y nuevas variantes continúan.

3.1 SECTOR MÁQUINA-HERRAMIENTA A NIVEL MUNDIAL

El crecimiento industrial se desaceleró en 2018 debido al estancamiento del comercio mundial, las incertidumbres geopolíticas y un sentimiento empresarial más débil. Se esperaba que continuara esa desaceleración en 2019, pero se recuperase algo de impulso en 2020. Sin embargo, debido a la crisis derivada por la pandemia, una de las industrias más afectadas ha sido la manufactura, con sus complejas cadenas de suministro, procesos intensivos en mano de obra e interdependencias. Las estrategias de fabricación modular, subcontratación para la reducción de costos y aumento de eficiencia, han hecho que el sector manufacturero sea más vulnerable a las restricciones de cierre y ha supuesto una desaceleración del mercado.

3.1.1 Producción Y Consumo

A lo largo de los últimos años, el mercado de la máquina-herramienta ha perdido su estabilidad, y aunque se preveía que el mercado global mejorase, con crecimientos sustanciales y altos, la crisis sanitaria ha supuesto un descenso importante que comenzó en 2019 y se acentuó en 2020 (Figura 2). La producción mundial de máquina-herramienta se concentra en unos pocos países; principalmente en **China, Alemania y Japón con el 29 %, 15 % y 14 % de la producción de 2020 respectivamente** (Statista,

2021).

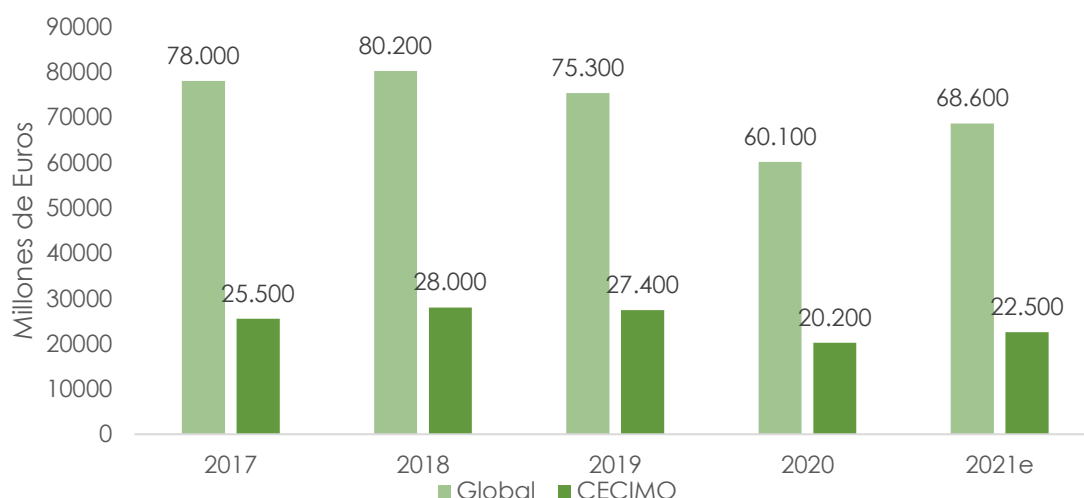


Figura 2 Evolución de la producción mundial de la máquina-herramienta (2017-2021). Fuente de datos: (CECIMO, 2021e)

China, encabeza la lista de mayores productores de máquina-herramienta y se encuentra en una fase de transición: de la producción de gama baja a la fabricación de productos de gama media-alta, para satisfacer la demanda global en los principales mercados, como en industrias de la aviación y marina, para motores de aviación y turbinas de gas marino.

En cuanto a Alemania, en 2018 se apuntó otro récord, con un aumento del 9 % en producción, respecto a 2017 y, a pesar de la desaceleración industrial sufrida en 2019 y acentuada aún más en 2020 (30 % menos de pedidos), con el repunte en 2021 hay previsiones de un crecimiento retenido del 5 % debido a los cuellos de botella que retrasan la entrega de maquinaria. Sin embargo, se espera una recuperación de dos dígitos para 2022 (VDW, 2021).

Por último, Japón continúa emprendiendo en iniciativas de 'Industria Conectada' promoviendo conceptos de la nueva era Industria 4.0, aumentando así la producción en el sector (Kline, 2020) mientras se va recuperando favorablemente después del inicio de la pandemia (CECIMO, 2021e).

En 2020, el consumo mundial total de máquinas-herramienta fue de 55.300 millones de euros, un 19,27 % menos que en 2019 (CECIMO, 2021c).



Figura 3 Evolución del consumo mundial de la máquina-herramienta desde 2016 hasta 2025. Fuente de datos (CECIMO, 2021e)

Entre los países con más demanda se encuentran, China, Estados Unidos, Alemania, Japón, Italia, Corea del Sur, India, México, Brasil y Rusia.

El mercado asiático es responsable de la mitad del consumo de las máquinas-herramientas globales. Así destaca China, seguida por Japón y Corea del Sur. Al igual que ocurre con la producción, gran parte del consumo en China se limita a la maquinaria anticuada que no se comercializa en el extranjero, ya que la gran mayoría es producida en el mismo país asiático. Respecto a los siguientes países consumidores en la lista, éstos se encuentran principalmente en América (EE. UU) y Europa (Alemania) con un número de ventas significativamente menor, relegando a Oriente Medio (CCEAG) y África (Sudáfrica) a los últimos puestos en el ranking mundial (Market Data Forecast, 2021).

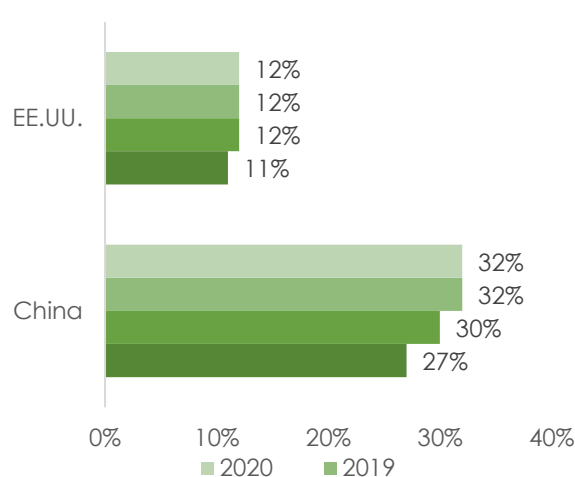


Figura 4 Representación de los dos principales consumidores de máquinas-herramienta (Fuente de datos: (Statista, 2021))

Según los datos y predicciones de CECIMO, se espera que los niveles de consumo de máquina herramienta en América y Asia hayan alcanzado el nivel medio de 2019 en el 2021, por otro lado, según las últimas previsiones de Oxford Economics, la recuperación europea se retrasaría hasta 2022 (CECIMO, 2021d).

3.1.2 Exportaciones e Importaciones

La exportación total de máquinas-herramienta a nivel mundial durante el 2019 fue aproximadamente de 39.000 millones de euros, un 13 % menos que durante el 2018 (Market Prospects, 2020). **Entre los principales países exportadores se encuentran: Alemania, Japón, China, Italia y Taiwán.**

Alemania, que es uno de los países líderes en exportación, experimentó en 2019 una bajada del 14,8 %. Igualmente, en Japón las exportaciones totales fueron un 16 % menos que en 2018. Entre los principales mercados de exportación, únicamente China mostró una tendencia de crecimiento, con un aumento de más del 7 % con respecto al 2018 (Market Prospects, 2020).

En lo **que importadores se refiere, los principales países son China, Estados Unidos, Alemania, México e Italia.** El volumen de la importación de estos países presenta una caída respecto a 2018 (China - 26,4 % y EE. UU. -6 %); excepto en México, que depende de la producción y el suministro global del resto de países dada su débil base industrial productora (Market Prospects, 2020).

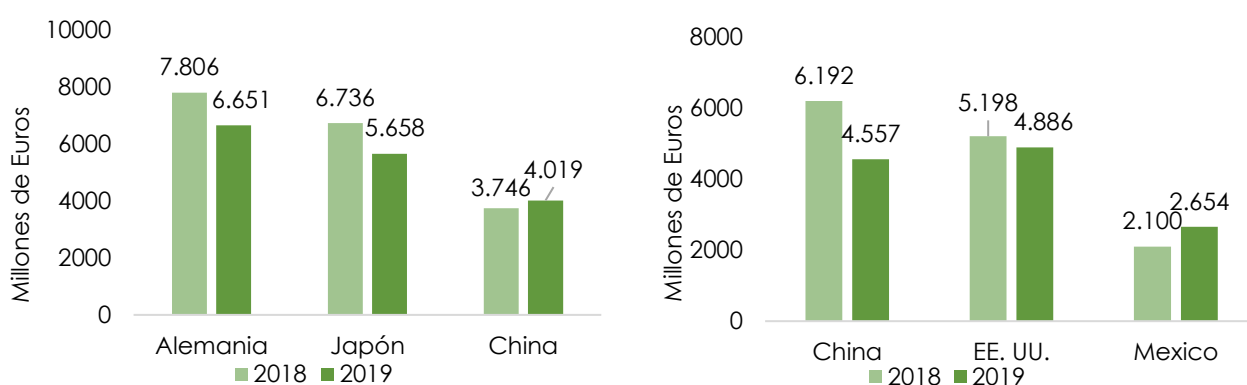


Figura 5 & 6 Exportadores e importadores más representativos de máquina herramienta en 2018-2019 (Fuente de datos: (Market Prospects, 2020; Market Prospects, 2020)

3.2 SECTOR MÁQUINA-HERRAMIENTA A NIVEL EUROPEO

Como en todo el mundo, el sector de la máquina-herramienta europeo también se ha visto afectado por la pandemia, lo que ha repercutido en una disminución en la demanda durante 2020. Después de una recuperación que ha comenzado con fuerza en el inicio de 2021 y que ha tenido sus expectativas revisadas a la baja dada la evolución de la situación económica, se espera que la fabricación vuelva a niveles normales en 2022.

3.2.1 Producción Y Consumo

Replicando la misma tendencia mundial, la producción a nivel europeo ha sufrido un fuerte descenso desde 2019.

Aun así, la industria europea de máquina-herramienta tiene unos cimientos sólidos y el conocimiento tecnológico para mantenerse en el mercado, por lo que su **participación en el mercado global de producción en 2020 fue del 33 %** (Market Data Forecast, 2020). Por su parte, CECIMO mostró una perspectiva bastante optimista para 2021, con un crecimiento de producción esperado del 11,5% y la previsión de un escenario positivo para el sector europeo de Máquina-Herramienta en 2022 (AFM, 2021b). Además, los factores medioambientales y políticos que afectan en especial al sector de la automoción también traccionan al sector de la máquina-herramienta para que los fabricantes mejoren la productividad y la sostenibilidad, ofreciendo mayores oportunidades para la innovación. **En este escenario, se espera que el mercado europeo de máquinas-herramienta supere los 33.979 millones de euros para finales de 2025** (Market Data Forecast, 2020). Si a nivel mundial, Alemania está dentro del ranking de mayores productores de máquina-herramienta, a nivel europeo es el primer país productor en este sector, seguido por Italia y Suiza (CECIMO, 2020 & 2022).



Figura 7 Evolución de la producción europea desde 2017 hasta 2021e (Fuente de datos: (CECIMO, 2021e))

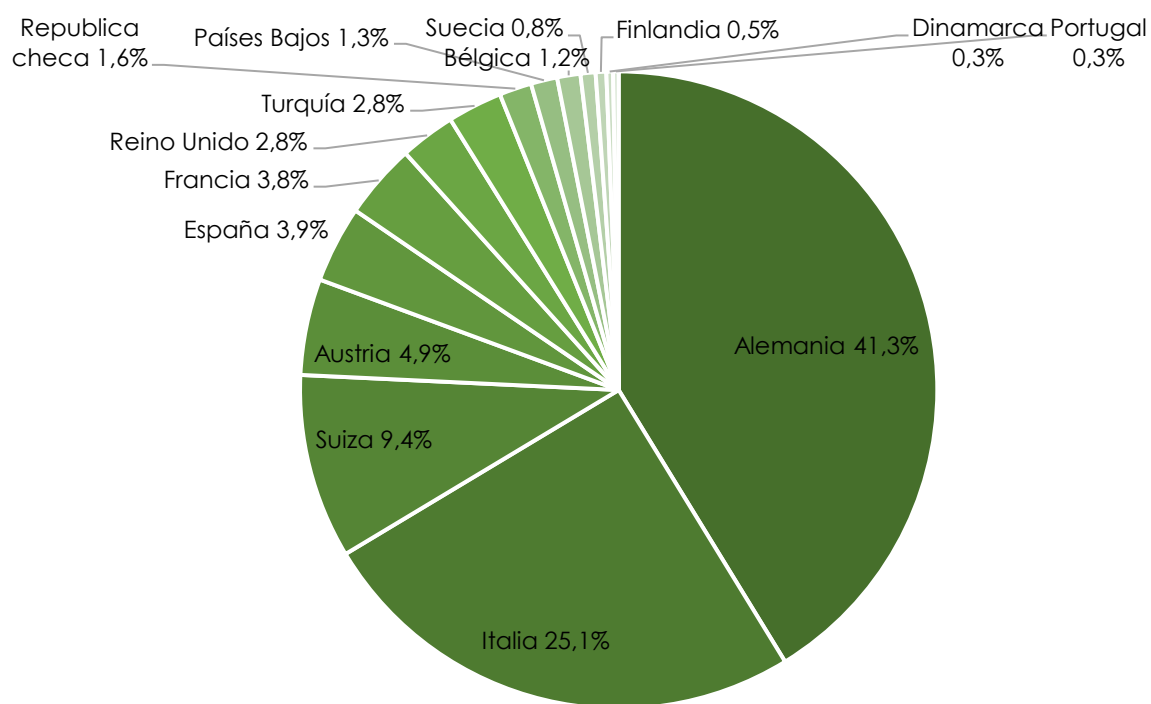


Figura 8 Producción europea 2021 (Fuente de datos: (CECIMO, 2022))

Respecto al consumo, ha seguido la misma tendencia de descenso desde 2019 y, aunque la pandemia ha obligado a corregir continuamente las expectativas de la industria, se esperan crecimientos de un 15,2 % en 2022, 6,1 % en 2023 y 4 % en 2024, siendo este último año cuando se espera que Europa vuelva a los niveles de consumo anteriores a la crisis sanitaria (CECIMO, 2021c; CECIMO, 2021d)

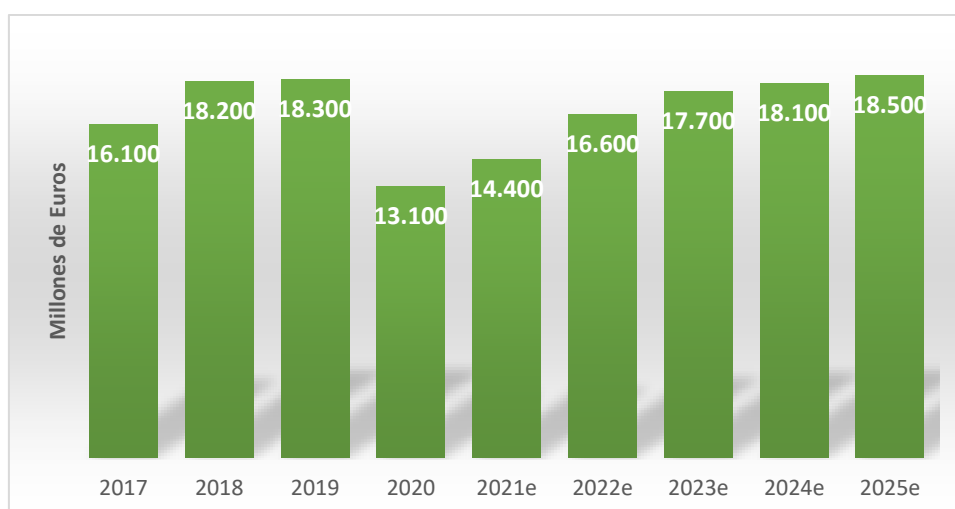


Figura 9 Evolución del consumo europeo. (Fuente de datos: (CECIMO, 2021e))

Dentro del continente el mayor consumidor de máquina-herramienta es también Alemania, con el 33 % del consumo seguido por Italia y Turquía (CECIMO, 2022).

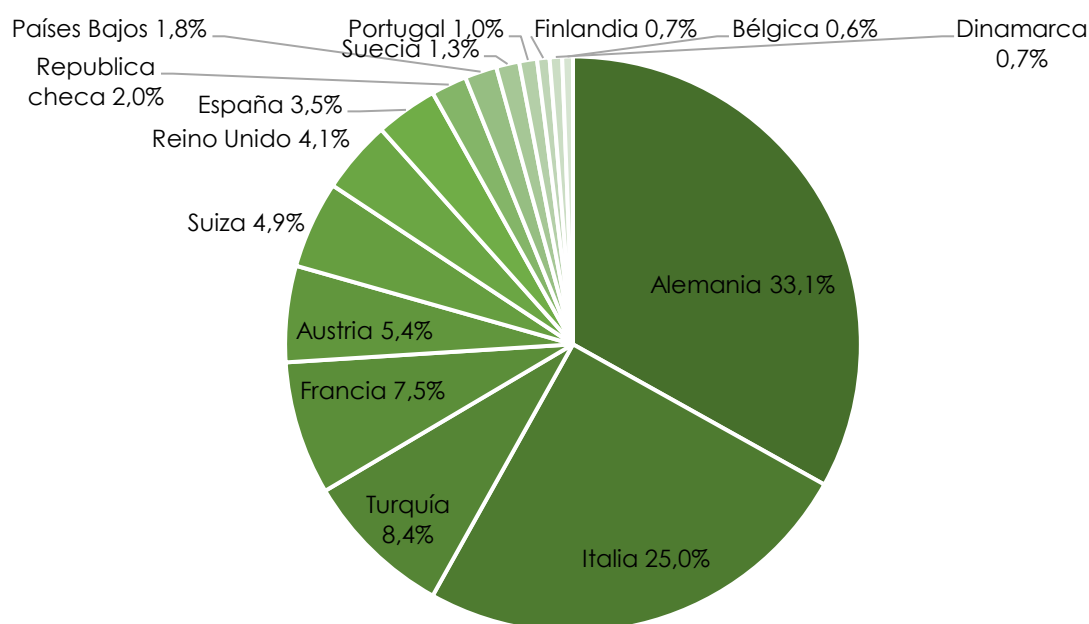


Figura 10 Consumo de máquina-herramienta de los países europeos (Fuente de datos: (CECIMO, 2022))

3.2.2 Exportaciones e Importaciones

A nivel europeo, los fabricantes de CECIMO facturaron en 2020 15.000 millones de euros en exportación (CECIMO, 2021a) siendo **China, Estados Unidos, Polonia, México y Rusia los principales destinos de exportación fuera del conjunto CECIMO.**

En el caso de las importaciones totales de máquinas-herramienta, estas llevan experimentado una bajada incluso desde antes de los efectos de la pandemia (CECIMO, 2021b). Se espera que tanto exportaciones e importaciones totales hayan aumentado en un 12 % y un 13 % respectivamente en 2021 (AFM, 2021b).



Figura 11 Desarrollo de las importaciones y exportaciones europeas. Fuente de datos: (CECIMO, 2021a)

3.3 SECTOR MÁQUINA-HERRAMIENTA A NIVEL ESTATAL

Tras varios años de crecimiento del sector estatal de máquina-herramienta, ese crecimiento se vio frenado durante el 2019 debido a la incertidumbre inversora. Igualmente, en 2020, debido a que los principales sectores de cliente, como automoción o aeronáutica, han estado inactivos, la demanda ha sido mínima. Sin embargo, se espera que a lo largo de los años siguientes haya un repunte de actividad en dichos sectores.

3.3.1 Producción y consumo

A pesar del importante descenso en la producción derivada de la crisis sanitaria, en 2020 España alcanzó el tercer puesto en la producción de máquina-herramienta a nivel europeo, y el noveno a nivel mundial (CECIMO, 2021b). Es un puesto que se ha logrado debido al firme compromiso de los fabricantes, la innovación tecnológica, la internacionalización y el desarrollo de las personas. El porcentaje de la producción española respecto a la europea es del 4 %, mientras que respecto a la mundial es del 1,4 %.

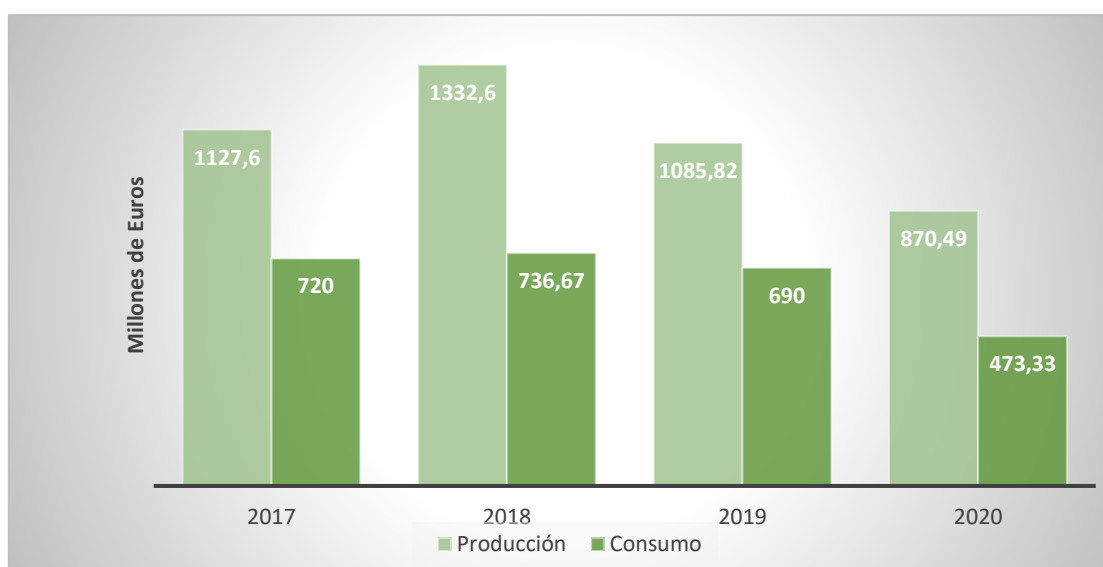


Figura 12 Consumo y producción de máquina-herramienta España (2017-2020). (Fuente de datos: (AFM, 2021c))

Respecto al consumo, España es predominantemente productora por lo que no está dentro de los mayores consumidores de máquinas-herramienta, ocupando el octavo puesto europeo con apenas una representación del 3,4 %.

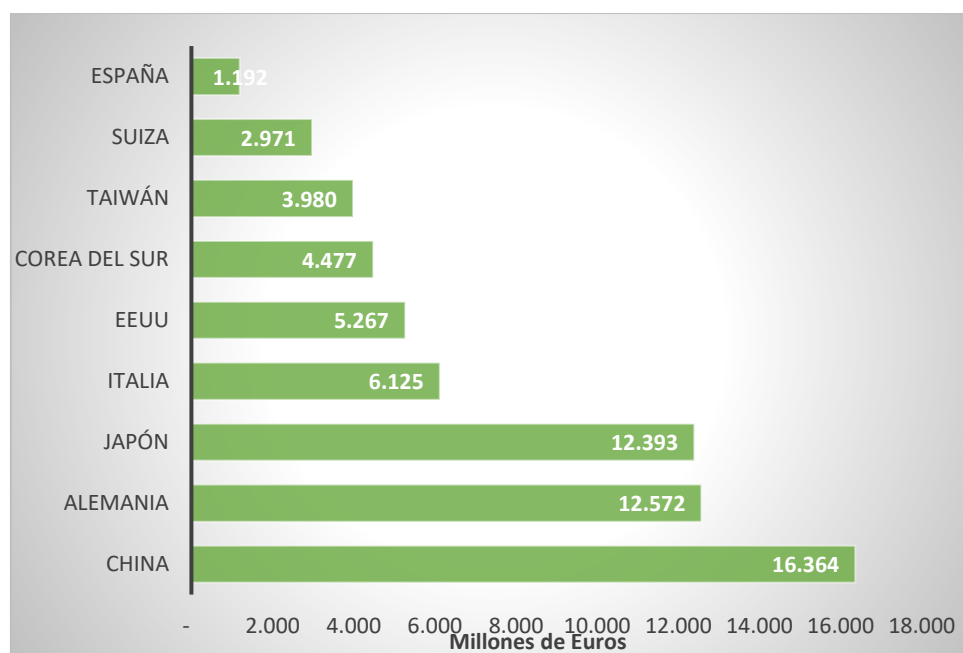


Figura 13 Representación del valor de la producción global de las máquinas-herramienta en 2018 (Fuente de datos: (Statista, 2020))

3.3.2 Exportaciones e Importaciones

Como ya se ha mencionado, España es un país principalmente productor más que consumidor de máquina herramienta, lo que se refleja en la figura 14.

Tal y como se observa, en 2020 las exportaciones cayeron un 22,5 % dada la importante bajada de la demanda y las restricciones afianzando la bajada de 2019 (AFM, 2021c).

Aun así, en 2020 España logró alcanzar el **tercer puesto en exportaciones de la UE y el noveno del mundo** (AFM, 2020; AFM, 2021c). En este sentido, mantener la competitividad es indispensable para un país exportador de máquina-herramienta como España. En cuanto a **los principales países de destino de las exportaciones, destacan Alemania**, Estados Unidos, Francia, China e Italia (AFM, 2021c).



Figura 14 Evolución de las importaciones y exportaciones estatales (AFM, 2021c)

En 2020 todas las exportaciones disminuyeron e incluso algunos países descendieron del top 5 anual como Portugal, que se vio superado por China y México.

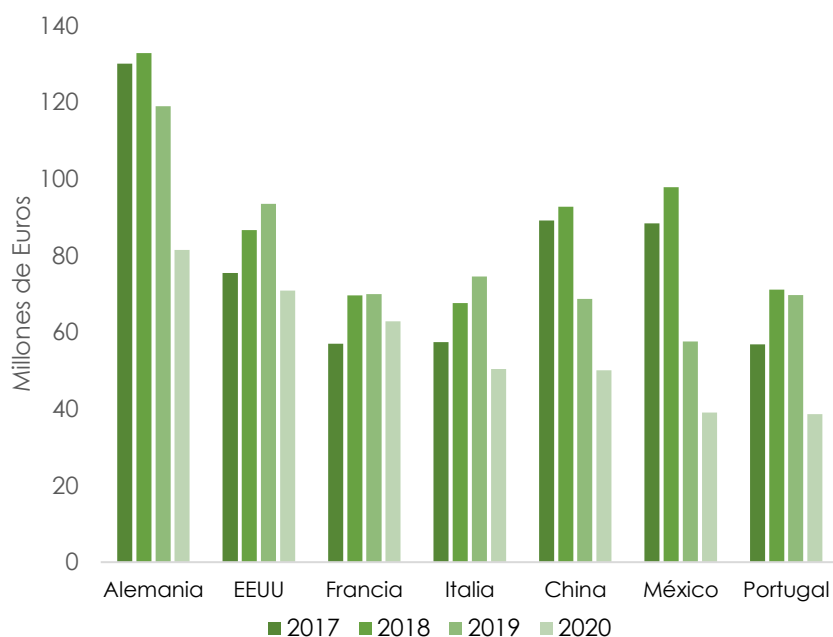


Figura 15 Exportaciones estatales por países 2017-2020 (AFM, 2021c)

Respecto a al tipo de maquinaria exportada, los pedidos muestran que las mejores cifras dentro del arranque, se las lleva el subsector del fresado; mientras que, dentro de la deformación, el subsector de las prensas mecánicas ha sido el que ha salido más favorecido.

Respecto a las importaciones, siguen la misma tendencia de contracción: se redujeron hasta un 4 % y 39,59 % en 2019 y 2020 respectivamente y las pérdidas se notaron sobre todo en las máquinas de arranque (43,85 %) y en las de deformación (28,47 %) (AFM, 2021c). Los principales países de destino en 2020 fueron Alemania, Italia, China, Japón y Francia (AFM, 2021c).

3.4 SECTOR MÁQUINA-HERRAMIENTA A NIVEL CAPV

A nivel de la Comunidad Autónoma del País Vasco el sector de la máquina-herramienta ha sufrido una gran pérdida, siguiendo la tendencia observada hasta ahora, y es que las empresas de los tres principales destinos (Alemania, China y Francia), redujeron de forma significativa las compras durante 2019 y 2020. En 2021 al igual que a nivel europeo, después de una subida significativa que duro hasta agosto, la situación económica causo una reducción en el crecimiento. Mientras, se espera que en el 2022 se recupere la normalidad.

3.4.1 Producción y consumo

A pesar de la crisis sanitaria, el País Vasco sigue siendo una de las regiones industriales más importantes a nivel estatal. Concretamente, en 2018 alrededor del 90% de la máquina herramienta estatal se construyó en la CAPV (Irekia, 2018) y dentro del ranking de fabricantes de máquina-herramienta a nivel estatal en el 2019, más del 55 % de las empresas eran vascas, siendo el territorio guipuzcoano el que encabeza. Esto posiciona a la CAPV como la principal productora de máquina-herramienta a nivel estatal y, a su vez, la sitúa fundamentalmente como productora, más que consumidora.

Siguiendo la misma tendencia estatal, la industria de la fabricación de máquina-herramienta de la CAPV ha vivido un 2020 duro donde, especialmente la producción, ha sufrido fuertes bajadas con una caída de las ventas del 21% (F., 2021).

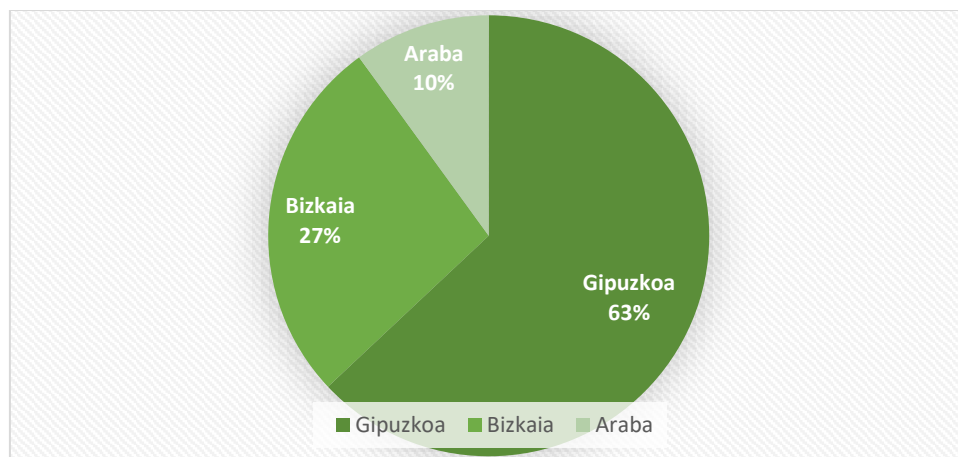


Figura 16 Reparto de la producción en las tres provincias del País Vasco (2019) (Fuente de datos: (AFM, 2020))

Dentro de las tipologías de maquinaria producidas en la CAPV en el 2019, aproximadamente el 60 % fueron de arranque de viruta, mientras que el 40 % eran de deformación de materiales. Esto se debe a que el subsector de la deformación está directamente ligado al sector de la automoción, y este flaqueó durante la crisis. (Europapress, 2020).

Aunque los datos de la siguiente imagen se correspondan con datos estatales, son una muestra representativa de la producción también de la CAPV, que comparte cifras similares

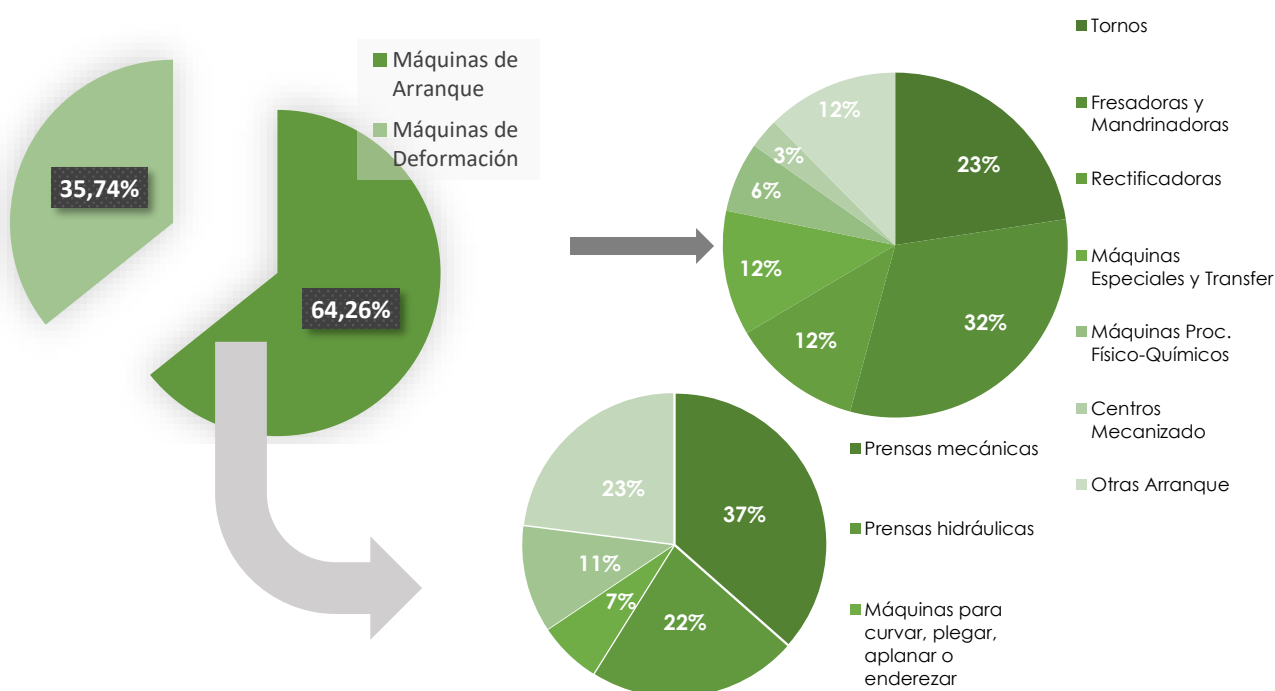


Figura 17 Producción de máquina-herramienta por tipología en 2020 (Fuente de datos: (AFM, 2021c))

3.4.2 Exportaciones e Importaciones

Como territorio productor de máquina-herramienta, la CAPV es sobre todo exportadora, principalmente a países europeos como Alemania y Francia, manteniéndose entre los primeros puestos europeos (AFM, 2020). En 2020, siguiendo la tendencia observada en los anteriores niveles, las exportaciones del sector en la CAPV cayeron un 22 % (F., 2021).

3.5 TENDENCIAS Y RETOS DEL SECTOR

Una vez analizada la situación actual del sector de la máquina-herramienta, se plantea la incógnita de cuál va a ser su futuro. ¿Hacia dónde se dirige el sector? ¿Cuáles son las previsiones a corto y largo plazo? Muchos expertos coinciden en que, después de la crisis sanitaria, la producción de la máquina despegará, permitiendo a las empresas superar el bache de los últimos años.

Tras una buena recuperación en el primer trimestre de 2021, los problemas de la cadena de suministro, expresados por la escasez de materias primas, el aumento de los precios de los insumos, los problemas de transporte y los retrasos en las entregas dieron lugar a un crecimiento limitado de la producción. En el apartado económico, las enormes subidas en los precios de las materias primas, los componentes y la energía afectan a los costes de producción que la industria debe afrontar tanto directamente (los materiales) como indirectamente (el impacto del coste de la energía en la producción aguas arriba y aguas abajo). En lo social, la situación derivada por la pandemia ha imposibilitado la capacidad de estar presente en los mercados exteriores, donde reside la mayor parte de los clientes. Es más, en lo que respecta específicamente a las máquinas herramienta, donde no se puede llevar a cabo la compra por remoto salvo en excepciones, la imposibilidad de estar presente para las actividades de instalación y pruebas finales ralentiza la cobertura de la demanda. Cabe destacar que esto se debe en parte a las normas inestables relacionadas con cuarentenas y vacunaciones que no comparten todos los países que dificultan los procesos y la burocracia relacionada con los viajes y desplazamientos de negocios. Aun con todo se prevé una trayectoria ascendente para la industria de máquinas-herramienta para 2022. El **ecodiseño** es una de las herramientas clave en el camino hacia la circularidad en el sector. Por eso es imprescindible disponer de una estrategia de diseño sostenible relacionado con la economía circular. Áreas de trabajo como la mejora de eficiencia energética, la modularización, mejoras en taladrinas y lubricantes, la remanufactura y nuevos modelos de negocio necesitan una base de ecodiseño para llevarse a cabo eficazmente.

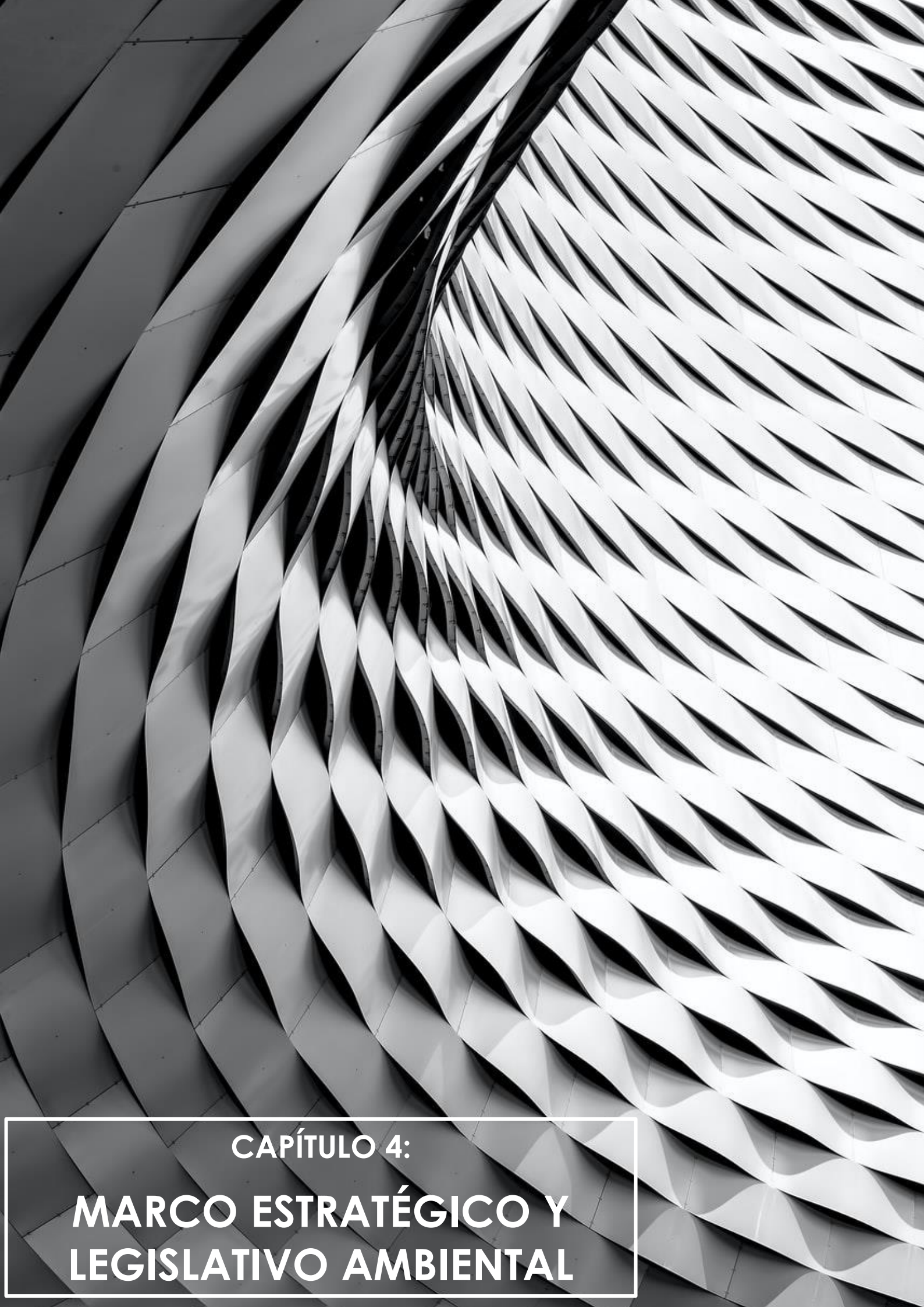
La Revolución Industrial del sector de la máquina-herramienta pasa por la adopción de la **tecnología 4.0**. La implementación de esta tecnología traerá mejoras en un gran número de áreas del sector siendo indispensable la inversión en I+D+i. Mejoras como la conectividad y la automatización, las bases de datos y las nubes/plataformas, redes de interconexiones, IA y gemelos digitales, puesta en marcha virtual e incluso el mantenimiento predictivo solo son posibles gracias a los avances tecnológicos. Adicionalmente la fabricación aditiva habilita una perspectiva sostenible y ambiental que permitirá unos productos **más tecnológicos y de mayor complejidad** gracias a su flexibilidad tecnológica.

Uno de los retos importantes del sector es la **sostenibilidad de los proveedores**. Debido a la estructura de la cadena de valor será necesario justificar la sostenibilidad de las actividades llevadas a cabo a clientes que lo soliciten. Para lograr esto es necesario convencer a los proveedores que justifiquen su sostenibilidad priorizando a aquellos que presenten un menor impacto. La implementación de un criterio de compra verde acompañado de acciones como la descarbonización en la distribución y transporte en toda la cadena de valor, o el uso de diseños que faciliten el transporte y reduzcan su impacto son formas de asegurar la sostenibilidad.

La **comunicación ambiental externa** es necesaria para la justificación de la sostenibilidad propia. El uso de sistemas de gestión ambientales, huellas ambientales corporativas y certificaciones ambientales externas como las ISO 14000 informaran de una forma rápida y directa sobre la sostenibilidad a los clientes.

En la **mejora ambiental de las instalaciones** entran medidas como reducir el consumo energético de las instalaciones mejorando su eficiencia y logrando buenas calificaciones energéticas, una gestión de agua y residuos que reduzca su consumo y el uso de tecnologías renovables en la empresa.

Otra de las áreas que necesita estar alineada con la sostenibilidad es la plantilla. Al impartir en los trabajadores formación en sostenibilidad incrementara la concienciación permitiendo que apliquen la sostenibilidad a su actividad diaria y poder incluir a toda la plantilla en la estrategia de la empresa y en las acciones a tomar.



CAPÍTULO 4:

**MARCO ESTRATÉGICO Y
LEGISLATIVO AMBIENTAL**

4. MARCO ESTRATÉGICO Y LEGISLATIVO AMBIENTAL

4.1 PACTO VERDE EUROPEO

A finales de 2019, la Comisión Europea hizo público el Pacto Verde Europeo, una estrategia de crecimiento destinada a transformar la UE en una sociedad equitativa y próspera, con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, en la que no habrá emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050 y el crecimiento económico estará disociado del uso de los recursos.

El Pacto Verde Europeo contempla varios ámbitos de aplicación, algunos de ellos con una afección directa en el sector de máquina-herramienta, como la apuesta por una **industria limpia y circular** o la aspiración por una **contaminación cero evitando el uso de sustancias tóxicas**.

Medidas que afectan al sector de máquina-herramienta:

- **Energía limpia.** Conseguir que el mercado energético europeo esté plenamente integrado, interconectado y digitalizado para la consecución de los objetivos climáticos de 2030 y 2050. Las fuentes de energía renovables desempeñarán un papel clave en la transición hacia una energía limpia.
- **Industria: economía limpia y circular.** A través de la Estrategia Industrial Europea se pretende llevar a cabo una transformación verde y digital. En relación con la transición ecológica, hace hincapié en las cadenas de valor industriales y en el desarrollo de un modelo económico circular. Para ello, sustentará el diseño circular de todos los productos dando prioridad a la reducción y reutilización de los materiales antes de su reciclado; y, además, se reforzará la responsabilidad ampliada del productor. La estrategia industrial también incide en la importancia de la descarbonización de las industrias de gran consumo energético, como la industria del acero, para producirlo sin emisiones de carbono para 2030. Por otro lado, gracias a la transición digital, Europa se valdrá de nuevas tecnologías digitales, para poder competir por liderar la nueva carrera tecnológica.
- **Contaminación cero.** Se buscará reducir la contaminación de grandes instalaciones con una revisión de las medidas de contaminación y la mejora de la prevención de accidentes que afecten al medioambiente.

4.1.1 Nuevo Plan de acción para la economía circular

Con el objetivo de acelerar el cambio transformador que requiere el Pacto Verde Europeo, la Comisión Europea publicó en marzo de 2020 el *Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y competitiva*. El plan presenta un conjunto de iniciativas interrelacionadas cuyo fin es establecer un marco sólido y coherente para la *política de productos sostenibles* que convierta en norma la sostenibilidad de productos, servicios y modelos de negocio, además de transformar las pautas de consumo para evitar que se produzcan residuos en primer lugar. Consecuentemente, se otorgará prioridad a los grupos de productos identificados en las **cadenas de valor clave** y los productos intermedios de alta resistencia, como **el acero y los productos químicos**.

Dada la crisis derivada de la pandemia, la EU ha presentado el plan de recuperación NextGenerationUE, un instrumento temporal para impulsar la recuperación tras el Covid-19, que será el mayor paquete de estímulo jamás financiado en Europa, con un total de 750.000 millones de euros. Tiene como objetivo una Europa más ecológica, digital y resiliente, y también contribuirá al cumplimiento del Plan de Acción de Economía Circular

Tras la publicación del plan de acción de economía circular europeo, CECIMO (asociación europea de industrias de la máquina-herramienta y tecnologías de fabricación relacionadas) redactó una respuesta para la consulta abierta del plan, acogiendo con satisfacción el nuevo plan y planteando consideraciones para el sector máquina-herramienta:

- En la **Política de productos sostenibles y diseño para la circularidad**, dado el consumo de energía y el impacto medioambiental durante la fase de uso, los fabricantes de máquinas-herramienta se centrarán en la eficiencia energética durante la fase de diseño y en otros pasos como la reparación o el mantenimiento predictivo para aumentar su sostenibilidad.
- En materia de **información fiable, verificable y comparable sobre las características de sostenibilidad de los productos**, valiéndose de las nuevas tecnologías digitales, se puede mejorar la transparencia en la producción y su sostenibilidad.
- **Priorizar la reutilización y la reparación antes que el reciclaje**. Dado el valor relativamente alto de las máquinas-herramienta, su reacondicionamiento y refabricación son muy comunes.
- **Reducir la generación de residuos**. Las tecnologías de fabricación avanzadas permiten procesos con menos residuos y una mejor gestión de los recursos. Dado que los componentes metálicos son valiosos, existe un incentivo para recuperarlos al final de la vida útil, ya sea por parte del fabricante o de los desguaces.
- **Fabricación aditiva y economía circular**. CECIMO representa también la industria de la fabricación aditiva (AM). La AM es un ejemplo excelente de una tecnología facilitadora que ha adoptado la circularidad en la práctica y la ha convertido en un modelo de negocio como reparaciones y refabricaciones más fáciles y rentables.
- **Oportunidades de innovación e inversión en tecnologías facilitadoras**. La innovación y las oportunidades de inversión y/o los incentivos fiscales y las ventajas financieras pueden apoyar una transición más rápida a una economía circular. La ralentización de la demanda de nuevos equipos obstaculiza la capacidad de desplegar tecnologías más eficientes y limpias y de acelerar la digitalización de la industria europea.
- **Iniciativas de la UE a lo largo del ciclo de vida de los productos**. CECIMO apoya las medidas de autorregulación y las iniciativas impulsadas por la industria en forma de programa de gestión para reducir los residuos y aumentar el reciclaje de los productos. El compromiso de la industria en el desarrollo de prácticas empresariales sostenibles es clave para el éxito del plan de acción de la economía circular.

4.1.2 Estrategia Española de Economía Circular

La Estrategia Española de Economía Circular (EEEC) o España Circular 2030, aprobada por Acuerdo del Consejo Ministerial el 2 de junio de 2020, se alinea con los objetivos del nuevo Plan de Acción de Economía Circular europeo, además de con el Pacto Verde Europeo y la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible.

La estrategia tiene una visión a largo plazo para 2030, que será alcanzada a través de sucesivos planes de acción trienales, que permitirán incorporar los ajustes necesarios para culminar la transición en 2030. En este contexto, la estrategia establece unas orientaciones estratégicas a modo de decálogo y se marca una serie de objetivos cuantitativos a alcanzar para el año 2030, de los cuales los siguientes afectan al sector de máquina-herramienta:

- Reducir en un 30 % el consumo nacional de materiales en relación con el PIB, tomando como año de referencia el 2010.
- Reducir la generación de residuos un 15 % respecto de lo generado en 2010.

Reducir la emisión de gases de efecto invernadero por debajo de los 10 millones de toneladas de CO₂ equivalente.

El primer plan trienal, **el Plan de Acción de Economía Circular**, que abarca el periodo **2021-2023**, recoge ocho líneas de actuación con objetivos específicos a cumplir para el año 2023. El plan aborda los seis sectores prioritarios de actividad identificados en la EEEC para una España Circular, siendo el sector industrial uno de ellos. Entre los ejes y líneas de actuación, cabe destacar los siguientes por su afección al sector de la máquina-herramienta:

Dentro del eje de **Producción** en la producción industrial (circularidad en los ciclos tecnológicos) se priorizan cuestiones como el ecodiseño, las mejoras en el etiquetado o la no incorporación de materias peligrosas en los productos, teniendo siempre presente el principio de jerarquía de los residuos. Para ello se seguirán las siguientes medidas:

- Se impulsará nueva normativa de ecodiseño tanto en la revisión y posterior desarrollo nacional de la normativa europea como en comités de productos comunitarios para desarrollar normas específicas.
- Se incluirán criterios de EC en el Marco Estratégico para la Industria Española y sus agendas. El MINCOTUR introducirá criterios de Economía Circular en las nuevas agendas que se acuerden o en la revisión que se haga en su caso de las existentes.
- Con el objetivo de impulsar la adaptación al uso de tecnologías que mejoren la circularidad se ofrecerán ayudas a la iniciativa industria conectada.
- El MINCOTUR introducirá requisitos puntuables relacionados con la EC en las líneas de préstamos de competitividad industrial, primando mejoras en reducción de materias primas y reutilización, ecodiseño que permita la valorización final del producto o la eficiencia energética de los procesos productivos, o información del producto que permita su reparabilidad.
- El MINCOTUR implementará la iniciativa PYME Circular, que tiene como objetivo integrar la EC en las PYME mediante un programa de ayudas a planes de innovación y sostenibilidad en el ámbito de la industria manufacturera a través del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) del Gobierno.
- Se pretende incluir de criterios de EC en las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) sobre todo relacionados con mejorar la eficiencia en el consumo de materias primas de los procesos industriales, adoptándose niveles de comportamiento ambiental que sirvan de referencia a cada sector industrial concreto. Cabe destacar que probable que también se incluya la obligación de que los titulares de las instalaciones dispongan de un "Plan de Eficiencia de Recursos y Economía Circular", con el que se promueva la mejora continua de la eficiencia en el uso de los recursos a nivel de instalación.
- Se ha incluido financiaciones relacionadas con la implementación de la EC en el ámbito empresarial en el Plan de apoyo a la implementación de la política de residuos y de la economía circular en el ámbito empresarial circular. Las inversiones impulsaran proyectos innovadores relacionados con ecodiseño, reparabilidad y durabilidad, simbiosis industrial, modelos de negocio circulares y reciclabilidad entre otros.

En el eje de **gestión de residuos** la EC exige una política que minimice la generación y favorezca la circularidad. Así con en el plan de acción se pretende desarrollar un marco normativo avanzado que revise en profundidad el régimen jurídico básico de la gestión de residuos en España.

Dentro de la revisión del régimen jurídico de flujos de residuos clave:

- Se reforzará el régimen jurídico para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos mediante transposiciones de medidas europeas y se llevará a cabo una revisión para adaptar nuevos requisitos sobre la responsabilidad ampliada del productor en el marco jurídico.
- El potencial que presentan los aceites usados como materia secundaria traerá un nuevo marco para facilitar su aprovechamiento con vistas a garantizar su idoneidad como posibles materias primas secundarias de calidad.

El uso de instrumentos de planificación en materia de residuos es fundamental para orientar la política de residuos hacia las deficiencias detectadas y reforzar las actuaciones exitosas.

- Para facilitar esto se impulsará la elaboración y aprobación de nuevos Programas de Prevención de Residuos y el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) que deberán reforzar sus contenidos conforme a lo que establece la normativa comunitaria y realizarán un diagnóstico de la situación actual proponiendo nuevos objetivos y orientaciones para lograrlos.

Dentro de las medidas para la mitigación del cambio climático en el sector residuos, que pasan por aplicar una buena gestión, destacan los Planes de Impulso al Medio Ambiente (PIMA) y los PIMA Residuos que buscan impulsar actuaciones que simultáneamente permitan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y avanzar en los objetivos de la ley de residuos.

Uno de los pilares sobre los que se asienta la EC es la reintroducción de materias primas secundarias (MPS) en el ciclo productivo teniendo dedicado en el plan de acción el eje de **Materias Primas Secundarias**.

Dentro de las materias que Europa recomienda garantizar su suministro se encuentran las materias primas críticas (MPC/CRM). En el caso de España es necesario avanzar en la identificación y aprovechamiento de (MPC) y otras materias primas esenciales.

- Uno de los pasos que se tomara es la creación de un inventario nacional público de instalaciones cerradas o abandonadas de Residuos de la Industria Extractiva (RIE) que contengan materias primas críticas para que empresas puedan explotar estos recursos.
- Además, también se aprobará una hoja de ruta para la gestión sostenible de las materias primas minerales que permita garantizar el suministro de manera más sostenible, eficiente y maximizando los beneficios a lo largo de la cadena de valor.

Uno de los problemas que dificultan el reciclado y la reducción del uso de materias primas es el hecho de que la información sobre la presencia de sustancias preocupantes no está fácilmente disponible. Adicionalmente, los residuos pueden contener sustancias que ya no están permitidas en nuevos productos.

- Para ayudar con estos problemas se impulsarán metodologías que abordarán la interfaz entre sustancias químicas, productos y residuos para promover una EC no toxica. Por ejemplo, se impulsará la sustitución de sustancias preocupantes por químicos más seguros o se apoyarán aquellas iniciativas que favorezcan la transición hacia un modelo de "seguridad y sostenibilidad desde el diseño"

4.1.3 Estrategia de Economía Circular de Euskadi 2030

De cara a fomentar la transición hacia una economía más circular, la Comisión Europea ha adoptado un papel principal, estableciendo los pilares y el camino a seguir. Al mismo tiempo, la Comunidad Autónoma del País Vasco lleva años trabajando con éxito en materia de economía circular y en este contexto, se ha desarrollado una estrategia de economía circular para Euskadi, involucrando a todos los agentes implicados y permitiendo disponer de una hoja de ruta para la «circularización» de la economía vasca.

La Estrategia de Economía Circular de Euskadi 2030 se articula en torno a 4 ámbitos de actuación, de los que se despliegan 10 líneas de actuación, cada una de las cuales representa una ambición de futuro, alineada con los objetivos estratégicos definidos.



Figura 18 Líneas de actuación clave en la Estrategia de Economía Circular de la CAPV

La Estrategia de Economía Circular de Euskadi considera al sector industrial como sector clave sobre el que articular la transformación hacia una economía circular dada su contribución a la economía vasca (casi un 25 % al PIB), el uso que realiza de las materias primas, el volumen de generación de residuos a lo largo de sus procesos productivos y la capacidad para la reincorporación de materias primas secundarias.

	SECTORES						
	Industria					Agroalimentación y Bioeconomía	Construcción
	Automoción	Otros medios de transporte	Maquinaria	Energía y equipos eléctricos	Metal		
Competitividad e Innovación							
Reto 1 Impulsar la creación de nuevos modelos de negocio más circulares	●	●	●	●	●	●	●
Reto 2 Innovar en materiales (avanzados y renovables), procesos y productos	●	●	●	●	●	●	●
Producción							
Reto 3 Prolongar la vida útil de los productos	●	●	●	●	●	○	●
Reto 4 Reducir el consumo de materias primas y la generación de residuos	●	●	●	●	●	●	●
Consumo							
Reto 5 Fomentar un modelo de consumo más circular	●	●	●	●	●	●	●
Reto 6 Reducir el despilfarro alimentario	○	○	○	○	○	●	○
Reto 7 Promover el uso más eficiente de plásticos	●	●	●	●	●	●	●
Gestión de residuos y uso de materias primas secundarias							
Reto 8 Aumentar la tasa de reutilización, reciclaje y recuperación de residuos	●	●	●	●	●	●	●
Reto 9 Incrementar el uso de materias primas secundarias	●	●	●	●	●	●	●

Figura 19 Líneas de actuación y retos de los sectores en la Estrategia de Economía Circular de la CAPV. Destacados los retos para el subsector de maquinaria.

Dentro del sector industrial, destacan las oportunidades asociadas al subsector de la maquinaria y, concretamente, son varias las medidas que se llevarán a cabo para promover su circularidad en el marco de la Estrategia de economía circular 2030 de Euskadi:

- **Reto 2:** Los procesos de innovación deben favorecer tecnologías avanzadas que permitan la sustitución de determinadas materias primas y que produzcan menos externalidades negativas sobre el entorno como alternativa al modelo actual. Dentro de la ecoinnovación planteada en la economía circular encontramos el foco en producto y servicio donde destacan el ecodiseño, la remanufactura y reparación avanzada, así como la servitización. El otro foco de ecoinnovación se centra en materiales, donde destaca el incremento de la eficiencia productiva y el reciclaje tanto en la transformación de plástico como en los metales clave, aleaciones de valor y metales no féreos. Adicionalmente también se le da una gran importancia a que la innovación debe ser global en todas las fases de la cadena de valor: preproducción, producción y postproducción.
- **Reto 3:** Existen diversas actuaciones orientadas a dar una segunda vida a los productos recuperados, tanto para su uso en mercados de segunda mano, como para su uso como

nuevo producto, desde la reparación, la reutilización, la renovación estética, el reacondicionamiento y la remanufactura. El sector cuenta con un gran potencial para la aportación de valor añadido en la fase de uso, especialmente mediante la remanufactura y la reparación avanzada. Para conseguir este cambio es necesaria una normativa que regule las diferentes acciones en las empresas e incentivar un cambio en los proveedores.

- **Reto 4:** Sabiendo que el 55 % de los residuos totales que se generaron en 2016 pertenecían al sector industrial, el reto de reducir la generación de residuos cobra especial importancia en la máquina herramienta.
- **Reto 9:** A nivel de la Unión Europea, y también de Euskadi, el uso de materias primas secundarias en la producción es aún pequeño en proporción, debido a una serie de barreras con las que cuentan para penetrar en el mercado como la incertidumbre sobre su composición, su precio y su suministro. Se requieren innovaciones a nivel organizativo para dar salida al mercado a todas las fracciones de materiales de valor obtenidas a partir del reciclaje.

4.2 TRANSPARENCIA Y COMUNICACIÓN AMBIENTAL

4.2.1 Propuesta de directiva sobre la diligencia debida en materia de sostenibilidad de las empresas

La Comisión Europea ha adoptado el 23 de febrero de 2022 una propuesta de Directiva sobre la diligencia debida de las empresas en materia de sostenibilidad. La propuesta tiene por objeto fomentar un comportamiento empresarial sostenible y responsable a lo largo de las cadenas de suministro mundiales ya que las empresas desempeñan un papel clave en la construcción de una economía y una sociedad sostenibles. Así, se exigirá que determinen, prevengan, atajen o mitiguen los efectos adversos de sus actividades en los derechos humanos y en el medio ambiente (por ejemplo, contaminación y pérdida de biodiversidad). Estas nuevas normas aportarán seguridad jurídica y condiciones de competencia equitativas para las empresas y más transparencia para consumidores e inversores.

Las normas se aplicarán a empresas de la UE más de 500 personas y a las de más de 250 empleados si tienen actividades en sectores de gran impacto y a empresas de terceros países que cumplan ciertos criterios. Las pequeñas y medianas empresas (pymes) no entran directamente en el ámbito de aplicación de esta propuesta si bien se verán afectadas ya que la propuesta implica las actividades propias de la empresa, sus filiales y sus cadenas de valor.

Como uno de los importantes actores en las cadenas de valor industriales, el sector de máquina herramienta puede verse afectado por las peticiones de sus clientes que exigirán criterios de sostenibilidad a sus proveedores. En este aspecto cabe destacar la necesidad que tendrán las empresas afectadas por la directiva de comunicar públicamente sobre las diligencias que han tomado, siendo imprescindible para eso la información de sus suministros. La comunicación ambiental ganará así más peso aún en el sector.

La propuesta también incluye medidas de acompañamiento que apoyarán a todas las empresas, incluidas las pymes, que puedan verse afectadas indirectamente. La propuesta se presentará al Parlamento Europeo y al Consejo para su adopción durante 2022. Una vez concluido el proceso, los Estados miembros dispondrán de dos años para incorporar la Directiva al ordenamiento jurídico nacional y comunicar los instrumentos pertinentes a la Comisión.

4.2.2 Propuesta legislativa sobre la justificación de las alegaciones ecológicas

Esta propuesta de reglamento exigirá a las empresas utilizar métodos estandarizados para que justifiquen la información ambiental que dan de sus productos o servicios. El objetivo es lograr que las declaraciones ambientales sean fiables, comparables y verificables en toda la UE, y reducir así el "blanqueo ecológico" o "greenwashing" (dar una impresión equivocada del impacto medioambiental). La iniciativa debería ayudar a los compradores y a los inversores a tomar decisiones más sostenibles y a aumentar la confianza de los consumidores en la información y las etiquetas ecológicas.

Estas medidas afectarán a las empresas que tratan directamente con los consumidores finales. En este sentido, las empresas que tengan que hacer cálculos de huella ambiental para informar a sus clientes requerirán información a sus proveedores, que pueden incluir a las empresas del sector Máquina-Herramienta. De esta forma se ampliará la información ambiental disponible a lo largo de la cadena de valor.

Su adopción estaba prevista para el primer trimestre de 2022.

4.2.3 Reglamento de Taxonomía

El Reglamento sobre la taxonomía (Reglamento (UE) 2020/852) es un elemento importante para aumentar las inversiones sostenibles y poner en práctica el Pacto Verde europeo. La taxonomía de la UE establece un sistema de clasificación a escala de la Unión Europea para identificar las actividades económicas que contribuyen a la consecución de los objetivos medioambientales. Para ello se utilizan umbrales de rendimiento para identificar las actividades respetuosas con el medio ambiente. Todas las empresas (de más de 500 empleados) que entren en el ámbito de aplicación de la Directiva de la UE sobre información no financiera 2014/95 (NFRD) están obligadas a realizar declaraciones específicas a partir del 1 de enero de 2022. Al ser un sector proveedor de diversas industrias a las que les afectara este reglamento, estas nuevas exigencias impulsarán el desarrollo sostenible también en el sector de máquina herramienta, ya que deberá adaptarse a una creciente demanda de criterios de sostenibilidad en el mercado.

Se considera que una actividad es sostenible si cumple los siguientes tres criterios:

- 1- Contribuye de forma sustancial a uno o más de los seis objetivos medioambientales especificados en el Reglamento de la Taxonomía: los criterios técnicos de selección definen lo que significa "contribuir sustancialmente" a un objetivo.
- 2- No causa "ningún daño significativo" a ninguno de los otros objetivos medioambientales, de nuevo, tal y como se define en los criterios técnicos de selección.
- 3- Se lleva a cabo de conformidad con las salvaguardias sociales mínimas (Líneas Directrices de la OCDE y Principios Rectores de las Naciones Unidas).

Los objetivos medioambientales enumerados en el artículo 9 del Reglamento son:

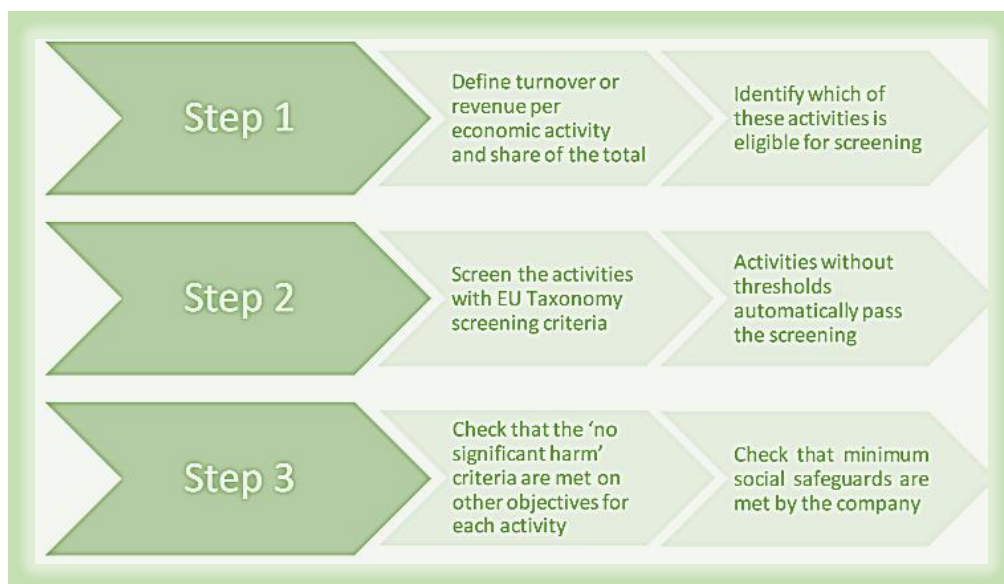
- 1- Mitigación del cambio climático
- 2- Adaptación al cambio climático
- 3- Uso sostenible y protección de los recursos hídricos y marinos
- 4- Transición a una economía circular
- 5- Prevención y control de la contaminación
- 6- Protección y restauración de la biodiversidad y los ecosistemas.

La Comisión Europea (CE) publicó un primer acto delegado sobre actividades sostenibles para los objetivos de (1) mitigación y (2) adaptación al cambio climático que fue adoptado formalmente el

4 de junio de 2021. En 2022 se publicará un segundo acto delegado para el resto de los objetivos. Estos actos delegados establecen las normas concretas para la divulgación de información sobre la sostenibilidad medioambiental y sirven de apoyo a la inversión sostenible, aclarando cuáles son las actividades económicas que más contribuyen al cumplimiento de los objetivos medioambientales de la UE. Como solo se han definido los criterios de alineación para los primeros dos objetivos climáticos, para el informe de 2022 (que cubre el ejercicio 2021) solo se deberán tener en cuenta los dos objetivos climáticos.

El peso de la taxonomía en sectores consumidores de máquina herramienta (sector automovilístico y aeroespacial) obligará un cambio en los criterios de compra que afectará definitivamente de una forma u otra a los fabricantes. Teniendo en cuenta el poco margen de tiempo cedido para la implementación de la taxonomía es fundamental estar preparado para las posibles consecuencias en el mercado europeo.

CECIMO: Directrices de las empresas para la taxonomía



Enfoque de 3 pasos para el cumplimiento de la normativa por parte de las empresas

Con el fin de ayudar a las empresas del sector máquina herramienta a prepararse para la taxonomía, CECIMO presenta recomendaciones para el cumplimiento de los nuevos requisitos de información:

- Identificar las actividades económicas que estén cubiertas por la clasificación europea (consultar el EU Taxonomía Compass como guía referencial)
- Estudiar detenidamente la metodología usada para el cálculo de los indicadores y los criterios de alineación
- Cuando sea necesario, adaptar sistemas y procesos de información para la recogida y producción

4.2.4 Normas de mejora ambiental

Las normas que se especifican a continuación están ligadas al sector de la máquina-herramienta, y pueden ser herramientas útiles para cumplir el marco legislativo previamente analizado.

ISO 14955-1:2017. Máquina-herramienta. Evaluación ambiental de máquinas-herramientas. Parte 1: Metodología de diseño para la eficiencia energética de las máquinas-herramientas durante la fase de uso.

- Identifica las funciones principales y los componentes de la herramienta que son responsable de la demanda de energía durante la fase de uso.
- Se comparan con los componentes anteriores o con el estado de la técnica para su mejora futura.
- Define los métodos para establecer un proceso de integración de los aspectos de eficiencia energética en el diseño de las máquinas herramienta.

ISO 14955-2:2018. Máquina-herramienta. Evaluación ambiental de máquinas-herramientas. Parte 2: Métodos para medir la energía suministrada a la máquina-herramienta y a los componentes de la máquina-herramienta.

Soporta la metodología de diseño de ahorro de energía de acuerdo con la ISO 14955-1, proporcionando métodos prácticos para medir la energía suministrada.

- Los resultados de las mediciones están orientados a documentar las mejoras en el diseño, específicamente en los aspectos energéticos, y/o a permitir la evaluación de la energía involucrada en la fabricación de una pieza determinada por una máquina herramienta determinada.

ISO 14955-3:2020. Máquina-herramienta. Evaluación ambiental de máquinas-herramientas. Parte 3: Principios para la comprobación de la eficiencia energética de las máquinas herramienta de corte de metales.

Define un enfoque metodológico para evaluar los estados de funcionamiento relevantes de la máquina-herramienta basadas en un escenario de referencia individual para la evaluación energética de las máquinas-herramienta y la integración de los aspectos de eficiencia energética en el diseño de estas.

ISO 14955-4:2019. Máquina-herramienta. Evaluación ambiental de máquinas-herramientas. Parte 4: Principios para medir las máquinas-herramienta para la conformación de metales y las máquinas-herramienta de procesamiento laser con respecto a la eficiencia energética.

Aplicable a las máquinas-herramienta que transmiten la fuerza mecánicamente o transmiten la energía por medio de la luz láser para cortar, conformar o trabajar el metal u otros materiales, que varían en tamaño.

ISO 14955-5:2020. Máquina-herramienta. Evaluación ambiental de máquinas-herramientas. Parte 5: Principios para evaluar máquinas-herramientas para trabajar la madera con respecto a la energía suministrada.

Especifica los requisitos técnicos de los procedimientos de ensayo para la evaluación de la energía suministrada durante la fase de uso para el diseño de máquinas-herramienta para el tratamiento de la madera y de materiales con características físicas similares a la madera. También define los estados de funcionamiento pertinentes, los regímenes de cambio y las actividades opcionales.

UNE-EN ISO/ASTM 52910:2020 Fabricación aditiva. Diseño. Requisitos, directrices y

recomendaciones: requisitos, pautas y recomendaciones para utilizar la fabricación aditiva en el diseño de productos. Es aplicable durante el diseño de toda clase de productos, dispositivos, sistemas, componentes o piezas fabricados por cualquier tipo de sistema aditivo. Dentro de las consideraciones de diseño se mencionan las de sostenibilidad.

4.3 MATERIAS PRIMAS CRÍTICAS

Las materias primas fundamentales (MPF) son esenciales para el funcionamiento y la integridad de una amplia variedad de ecosistemas industriales, entre los que se encuentra la máquina-herramienta, en concreto en el caso de los usuarios y clientes del sector y los herramentistas. Asegurar el acceso a los recursos es una cuestión de seguridad estratégica necesaria para la ambición de Europa de sacar adelante el Pacto Verde. La nueva Estrategia Industrial Europea propone reforzar la autonomía estratégica abierta de Europa y para ello se recomienda reducir el uso de materiales y reutilizarlos antes de reciclarlos.

Entre los materiales usados en la manufactura de las máquinas-herramientas, encontramos tres incluidos en la lista de materias primas fundamentales para la UE en 2020: el tungsteno, el cobalto y el hafnio. La metodología de evaluación de la criticidad podrá revisarse de cara a la siguiente lista (que se publicará en 2023) para integrar los conocimientos más recientes disponibles aumentando el número de materias incluidas.

El éxito de la UE en la transformación y modernización de su economía depende de que se aseguren de forma sostenible las materias primas primarias y secundarias necesarias para ampliar las tecnologías limpias y digitales en todos los ecosistemas industriales de la UE. Para ello, en septiembre del 2020 publicó el Plan de Acción sobre las MPF, con el que se persigue:

- desarrollar cadenas de valor resilientes para los ecosistemas industriales de la Unión;
- reducir la dependencia de materias primas fundamentales originales a través del uso circular de los recursos, la sostenibilidad de los productos y la innovación;
- Fortalecer el abastecimiento y la transformación sostenibles y responsables de materias primas a escala interna en la Unión Europea;
- Diversificar el suministro a través de un abastecimiento sostenible y responsable desde terceros países, reforzando el comercio abierto regulado de materias primas y eliminando las distorsiones al comercio internacional.

Para alcanzar estos objetivos, la Comunicación Europea define diez acciones concretas, siendo la primera la creación de una Alianza Europea de Materias Primas (ERMA). La alianza se anunció en septiembre de 2020 y está formada por todos los grupos de interés pertinentes, incluidos los agentes industriales a lo largo de la cadena de valor, los Estados miembros y las regiones, los sindicatos, la sociedad civil, las organizaciones de investigación y tecnología, los inversores y las ONG. La alianza se encargará de:

- Impulsar la creación de innovaciones e infraestructuras ambientalmente sostenibles y socialmente equitativas.
- Implementar una economía circular de productos complejos como vehículos eléctricos, tecnología limpia y equipos de hidrógeno.
- Apoyar la capacidad de la industria europea de materias primas, para extraer, diseñar, fabricar y reciclar materiales.

Promover la innovación, la inversión estratégica y la producción industrial en cadenas de valor específicas.

4.4 INICIATIVA SOBRE PRODUCTOS SOSTENIBLES

A fin de conseguir que todos los productos sean adecuados para una economía climáticamente neutra, eficiente en el uso de los recursos y circular, reducir los residuos y garantizar que las prestaciones de los pioneros de la sostenibilidad se conviertan progresivamente en la norma, la Comisión propone una iniciativa legislativa sobre una política de productos sostenibles. El resultado es la Iniciativa de Productos Sostenibles de la Comisión Europea, que engloba los siguientes objetivos:

- Establecer principios generales de sostenibilidad de los productos.
- Establecer normas de la UE para que los productores sean responsables de proporcionar productos más circulares.
- Establecer normas para exigir requisitos sobre el etiquetado obligatorio de sostenibilidad y/o divulgación de información.
- Establecer normas para implantar requisitos mínimos obligatorios de sostenibilidad.
- Requisitos para abordar los aspectos sociales a lo largo del ciclo de vida del producto.
- Medidas sobre los procesos de producción, por ejemplo, para facilitar el contenido reciclado o la remanufactura y para rastrear el uso de sustancias peligrosas en dichos procesos.

Medidas para prohibir la destrucción de bienes duraderos no vendidos.

Adicionalmente la iniciativa también se ocupará de la presencia de sustancias químicas nocivas en diversas categorías de productos dentro de los cuales destaca el grupo de acero, cementos y sustancias químicas, materiales destacados en el sector de la máquina herramienta.

A continuación, se detallan las acciones a través de las cuales se está materializando esta iniciativa.

4.4.1 Revisión de la Directiva de Ecodiseño ErP

La Directiva 2009/125/CE, transpuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 187/2011 sobre diseño ecológico, instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía. Dicha regulación es pues, un elemento clave en la política de la UE para la mejora del rendimiento energético y medioambiental de dichos productos. La Directiva de Ecodiseño es una Directiva marco, lo que significa que no establece obligaciones directas para el fabricante, sino que fija requisitos vinculantes en materia de ecodiseño mediante la adopción de medidas específicas para cada grupo de productos. La citada Directiva, por tanto, únicamente establece las condiciones y criterios para la adopción de las medidas de ejecución por medio de los Reglamentos asociados que se vayan publicando.

Así, la Iniciativa de Productos Sostenibles, revisará esta Directiva y se propondrán las medidas legislativas adicionales que se consideren oportunas. Con estas medidas se pretenderá conseguir unos productos más duraderos, reutilizables, reparables, reciclables y eficientes desde el punto de vista energético que redundarán en beneficio de los consumidores, el medio ambiente y el clima. Adicionalmente, se llevará a cabo una investigación, ya que se prevén repercusiones económicas, sociales o medioambientales significativas, que resultará en un informe de evaluación de impacto. Este informe ayudará a determinar qué objetivos pueden alcanzarse mediante la revisión de la Directiva sobre diseño ecológico y cuáles (si los hay) requerirían otras iniciativas. La comisión ha abierto un plazo del 03 de abril al 22 de junio de 2022 para recibir comentarios en la fase de adopción y así alimentar el debate legislativo de la directiva. Adicionalmente a lo largo de 2022 se prevé la inclusión de nuevos sectores como el del acero en la directiva que supondrá la obligatoriedad de incluir requisitos de circularidad que cumplan con los estándares que se impondrán en los productos. Esta inclusión de uno de los sectores principales proveedores de la máquina herramienta facilitará el objetivo de conseguir una cadena de valor sostenible. Mandato 543 CE

Desarrolla estándares genéricos, que cubren los requisitos de diseño ecológico relacionados con aspectos de eficiencia de los materiales (como la reciclabilidad, recuperabilidad, reutilización, durabilidad, desmontaje y tiempos de extracción al final de la vida útil). Estos estándares se emplean para dar soporte a la implementación de la Directiva de Ecodiseño, de tal manera que se pueda contribuir a la transición hacia la economía circular.

A continuación, se indica un listado de los informes técnicos (TR) y estándares normalizados (UNE-EN), que tratan los principales aspectos de la eficiencia del material:

- (UNE-CLC/TR 45550:2020) Definiciones relacionadas con la eficiencia material
- (TR 45551) Guía sobre cómo usar estándares genéricos de eficiencia material cuando se redactan entregables específicos de estandarización de productos relacionados con la energía.
- (PNE-EN 45552:2021) Método general para la evaluación de la durabilidad de productos relacionados con la energía
- (UNE-EN 45553:2021) Método general para la evaluación de la capacidad de refabricación de los productos relacionados con la energía
- (UNE-EN 45554:2020) Métodos generales para la evaluación de la capacidad de reparación, reutilización y actualización de productos relacionados con la energía
- (UNE-EN 45555:2020) Métodos generales para la evaluación de la reciclabilidad y la valorizabilidad de los productos relacionados con la energía
- (UNE-EN 45556:2020) Método general para la evaluación de la proporción de componentes reutilizados en los productos relacionados con la energía
- (UNE-EN 45557:2021) Método general para la evaluación de la proporción de contenido de material reciclado en los productos relacionados con la energía
- (UNE-EN 45558:2019) Método general para la declaración del uso de materias primas críticas en productos relacionados con la energía
- (UNE-EN 45559:2019) Métodos para proporcionar información relacionada con aspectos de eficiencia de materiales de productos relacionados con la energía

4.4.1.1 Reglamento (UE) 2019/1781 sobre motores eléctricos y convertidores

Para establecer requisitos de diseño ecológico para los motores eléctricos y los convertidores de velocidad de conformidad con la Directiva 2009/125/CE, se define el Reglamento (UE) 2019/1781.

Dado que muchos motores están integrados en otros productos, el diseño ecológico de los motores ayudará a maximizar el ahorro rentable de energía, aplicando el reglamento a dichos motores siempre que se pueda comprobar su eficiencia por separado. Asimismo, los sistemas que sean accionados por motores pueden ver su consumo de energía reducido cuando esos motores que se utilizan en aplicaciones de velocidad y de carga variables sean equipados con convertidores de velocidad. Si dichos convertidores se rigen por sus propios requisitos mínimos de eficiencia energética se aumentará aún más el ahorro energético.

El Reglamento se aplica a los motores eléctricos de inducción sin escobillas y convertidores, preparados para funcionar a 50 Hz, 60 Hz o 50/60 Hz de tensión sinusoidal y convertidores de velocidad trifásicos.

El reglamento establece un calendario para la introducción de requisitos de diseño ecológico (con fecha inicial de 1 de julio de 2021, cuando entro en rigor, y requisitos adicionales que se introducen a partir del 1 de julio de 2022 y del 1 de julio de 2023). Estos abarcan:

- El rendimiento energético de los motores eléctricos;
- Los requisitos en materia de información sobre el producto para motores eléctricos;

Los requisitos en materia de rendimiento e información sobre el producto para VSD;

- Establece el procedimiento de evaluación de la conformidad y, en el anexo II, los métodos de medición y los cálculos que deben seguirse.

Este reglamento traerá como consecuencia la normalización del uso de motores más eficientes energéticamente, permitiendo así que el sector de la máquina herramienta sea más eficiente a su vez. Además, entre los requisitos de diseño ecológico está el incluir información ambiental sobre el producto, lo que ayudará a los posibles compradores, como los fabricantes de máquina herramienta, a tomar decisiones de compra con criterio ambiental.

4.4.1.2 Reglamento (UE) 2019/1784 sobre equipos de soldadura

El Reglamento (UE) 2019/1784 establece requisitos de diseño ecológico para los equipos de soldadura de conformidad a la Directiva 2009/125/CE. Los puntos clave incluyen lo siguiente:

- Los **valores mínimos de eficiencia** para la fuente de potencia utilizada
- El consumo máximo de potencia en estado de reposo
- Los requisitos no relacionados con la energía para **facilitar la reparación, el desmontado, la prolongación de la vida útil y la reutilización** de los equipos de soldadura y sus componentes, incluido lo siguiente:
 - Poner a disposición de los reparadores profesionales las piezas de recambio durante un período mínimo de diez años,
 - Poner a disposición de los reparadores profesionales, de forma gratuita, información específica sobre reparación y mantenimiento a través del sitio web del fabricante de los equipos de soldadura, el importador o un representante autorizado.

El reglamento pasó a ser aplicable a partir del 1 de enero de 2021. En esta misma fecha se introdujeron también tanto los requisitos sobre la información del producto, donde destaca la necesidad de proporcionar información sobre las materias primas fundamentales utilizadas, así como los requisitos de utilización eficiente de los recursos (la disponibilidad de piezas de repuesto, información de mantenimiento y reparación...). Para completar los requisitos de diseño ecológico, a partir del 1 de enero de 2023 se introducirán los **requisitos de eficiencia energética para equipos de soldadura y consumo inactivo**.

4.4.1.3 Mandato 559 CE

Desarrollo de nuevas **normas para la medición y el cálculo de parámetros de productos para equipos de soldadura** en apoyo a la implementación de la Directiva 2009/125/CE, sobre el diseño ecológico.

- EN 14717:2005: Soldadura y procesos afines. Lista de comprobación medioambiental
- ONR 192102:2014: Etiqueta de excelencia para dispositivos eléctricos y de diseño duraderos y fáciles de reparar

4.5 RESIDUOS

El Parlamento Europeo publicó a mediados de 2018 un paquete de medidas cuya finalidad es la de avanzar en el tratamiento del problema de los residuos. Este paquete está compuesto por tres directivas, entre las que destacan la **Directiva 2018/851** por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre residuos.

4.5.1 Directiva (UE) 2018/851 sobre los residuos

Para hacer frente a las repercusiones negativas sobre el medio ambiente y la salud humana de la generación y gestión de los residuos, así como para la mejora del uso eficaz de los recursos, se establece la Directiva (UE) 2018/851 sobre los residuos.

Los principales aspectos influyentes en el sector de la máquina-herramienta, son los siguientes:

- Reducción de la generación de residuos en procesos relacionados con la producción industrial, extracción de minerales, fabricación, construcción y demolición.
- Comunicación a la Comisión sobre los aceites minerales o sintéticos, industriales o de lubricación comercializados, y sobre los aceites usados recogidos de forma separada y tratados, para cada año natural.
- Evitar un tratamiento de los residuos que bloquee recursos en los niveles más bajos de la jerarquía de residuos, aumentar los índices de preparación para la reutilización y de reciclado, permitir un reciclado de alta calidad y estimular la utilización de materias primas secundarias de calidad.

Reciclado o regeneración de metales y de compuestos metálicos (incluye la preparación para la reutilización).

4.5.2 Ley de Residuos y Suelos Contaminados para una Economía Circular

El 23 de diciembre de 2021 el Congreso de los diputados aprobó el Dictamen de la Comisión de Transición Ecológica y Reto Demográfico sobre el Proyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados para una Economía Circular. Mediante esta Ley, se deroga la Ley 22/2011, de 28 de julio, y se transponen dos directivas comunitarias: la Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos, y la Directiva (UE) 2019/904 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente.

Uno de los puntos a los que la nueva norma otorga un papel protagonista es la prevención de residuos, mediante la inclusión de objetivos concretos y cuantificables, con una **reducción del peso de los residuos producidos** de un 13 % en 2025 y un 15 % en 2030 respecto a los generados en 2010.

La ley define aceites usados a todos los aceites industriales o de lubricación, de origen mineral, natural o sintético, que hayan dejado de ser aptos para el uso originalmente previsto, como los aceites usados de motores de combustión y los aceites de cajas de cambios, los aceites lubricantes, los aceites para turbinas y los aceites hidráulicos, excluidos los aceites de cocina usados.

Así, la gestión de los residuos específicos incluye los **aceites usados** con las siguientes medidas:

- Separar los aceites para la recogida, salvo que la recogida separada no sea técnicamente viable, teniendo en cuenta las buenas prácticas.
- Se tratarán, dando prioridad a la regeneración o, de forma alternativa, a otras operaciones de reciclado con un resultado medioambiental global equivalente o mejor que la regeneración.
- No se mezclarán ni entre aceites de diferentes características ni con residuos o sustancias que impidan su regeneración u otra operación de reciclado.
- Para cumplir todo esto se establecerán las medidas necesarias mediante desarrollo reglamentario.

La ley también incluye un apartado para la **responsabilidad ampliada del productor** para así alargar la vida útil de los productos. El texto recoge que habrá que fomentar el diseño, la fabricación y el uso de productos que sean **eficientes en el uso de recursos, duraderos, reparables, reutilizables y actualizables**, así como fomentar la implantación de sistemas que promuevan actividades de reparación y reutilización.

Entre las operaciones de valorización planteadas en el anexo II de la ley, se encuentra la **R09 Regeneración u otro nuevo empleo de aceites**, que la ley define como cualquier operación de reciclado que permita producir aceites de base mediante el refinado de aceites usados, en particular mediante la retirada de los contaminantes, los productos de la oxidación y los aditivos que contengan dichos aceites. La R09 incluye:

- R0901 Regeneración de aceites usados para la obtención de aceites bases lubricantes: Instalaciones de regeneración de aceites usados.
- R0902 Reciclado de aceite usado para otros usos: Instalaciones de tratamiento del aceite usado para su preparación como aceite de desmoldeo o como lubricante en sistemas hidráulicos y maquinaria de corte.

El impulso hacia la regeneración de aceites usados es previsiblemente una de las vías que se desarrollarla en próximas normativas. Con este posible marco de referencia es posible que los usuarios de aceites se vean incentivados a llevar a cabo procesos de regeneración lo que supondría un cambio en la gestión de estos aceites en el sector de la máquina herramienta. Adicionalmente, los productos obtenidos mediante estas regeneraciones podrían ser una alternativa con menor impacto ambiental y que partirían con mayor disponibilidad en el mercado de los aceites, facilitando las compras con criterios sostenibles para el sector en el área de consumibles.

4.5.3 Real Decreto 27/2021.

Este Real Decreto tiene por objeto modificar varias normativas, entre ellas el Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Tiene el fin de incorporar al ordenamiento jurídico español la Directiva (UE) 2018/849, de 30 de mayo de 2018, que modifica a su vez varias directivas, entre ellas la relativa a RAEEs, y velar por el principio de precaución y prevención en la gestión de estos residuos. Pretende mejorar la gestión de los RAEE estableciendo una norma más clara que aumente el nivel de seguridad jurídica.

Aunque no se mencionen las máquinas herramienta en legislación relacionada con los RAEEs, debido a la gran cantidad de dispositivos y equipos electrónicos que poseen las herramientas y la tendencia de incluir aún más componentes electrónicos según las tecnologías avanzan, es posible que un futuro próximo se vean incluidas las máquinas en la gestión de estos residuos.

4.6 ACEITES Y LUBRICANTES

4.6.1 REACH

REACH hace referencia al registro, evaluación y autorización de sustancias químicas, así como a las limitaciones aplicables a dichas sustancias, siendo un **reglamento que afecta a las empresas ubicadas en la UE**. El principal objetivo es mejorar la protección de las personas y el medio ambiente, fomentando la innovación mediante el fortalecimiento del conocimiento sobre productos químicos y la comunicación entre los participantes en la cadena de uso. ¿Qué efecto tiene REACH de forma general sobre las empresas de máquina herramienta? Afecta a los **importadores** si compran fuera de la UE o del EEE ya que es probable que tenga alguna responsabilidad con arreglo a REACH. Afecta también a los **usuarios intermedios** que pueden tener algunas responsabilidades con arreglo a REACH si manipulan productos químicos en su actividad industrial o profesional. Adicionalmente, las empresas establecidas fuera de la UE no están obligadas a cumplir con el reglamento, incluso si exportan sus productos dentro del territorio de la UE. La responsabilidad radica en los importadores con establecimiento en la UE o en el representante exclusivo de un fabricante de fuera de la UE.

REACH tiene una gran influencia en el sector, ya que, siendo una legislación sobre productos químicos, los **aceites lubricantes usados**, entran dentro del ámbito de aplicación de este reglamento.

Adicionalmente la iniciativa sobre la revisión del Reglamento REACH para contribuir a lograr un entorno sin sustancias tóxicas está abierta a consulta para recabar opiniones de distintas partes interesadas y ciudadanos sobre la revisión específica del Reglamento REACH [Reglamento (CE) n.º 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos]. Esta revisión pretende comprobar que las disposiciones del Reglamento REACH se ajusten a los objetivos de la Comisión en materia de innovación y buena protección de la salud y el medioambiente como se anunció en la Estrategia de sostenibilidad para las sustancias químicas. Esta consulta abierta permitirá al sector comprobar la importancia que se le da a los aceites y taladrinas en las revisiones venideras.

4.6.2 Decisión 2018/1702 sobre criterios de la etiqueta ecológica de la UE para lubricantes

El ecoetiquetado se ha convertido en una excelente herramienta para el consumidor a la hora de tomar decisiones informadas en la compra de bienes y contratación de servicios.

La necesidad de transparencia ha dado lugar a la aparición de **sistemas normalizados voluntarios identificar productos o servicios con un impacto ambiental reducido**, entre los cuales destaca la **Decisión 2018/1702** de la Comisión por la que se establecen criterios de la **etiqueta ecológica de la Unión Europea para lubricantes**.

Criterios para la concesión de la etiqueta ecológica de la UE a la categoría de productos "Lubricantes":

- Sustancias excluidas o restringidas
- Requisitos adicionales sobre la toxicidad acuática
- Biodegradabilidad y potencial de bioacumulación
- Requisitos relativos a los ingredientes renovables
- Requisitos relativos a los embalajes o recipientes
- Características técnicas mínimas
- Información al consumidor sobre la utilización y eliminación

Información que debe figurar en la etiqueta ecológica de la UE

Características técnicas mínimas para los productos lubricantes:

Lubricantes para cables metálicos Fluidos empleados en la metalurgia	Apto para el uso previsto, acreditada, como mínimo, por una aprobación de los clientes solicitantes
Aceites para engranajes	Engranajes Cerrados: ISO 12925-1 (Especificaciones para lubricantes para sistemas de engranajes cerrados) Engranajes Abiertos: Apto para el uso previsto, acreditada, como mínimo, por una aprobación de los clientes solicitantes
Sistemas Hidráulicos	ISO 15380 (Especificaciones para fluidos hidráulicos en las categorías HETG, HEPG, HEES y HEPR)
Protección temporal contra la corrosión	ISO/TS 12928 (Lubricantes y aceites industriales para la protección temporal contra la corrosión) o Apto para el uso previsto , acreditada, como mínimo, por una aprobación de los clientes solicitantes
Grasas lubricantes	Grasas para rodamientos de rodillos, cojinetes y superficies deslizantes: DIN 51825 Todas las demás grasas: ISO 12924 o Apto para el uso previsto , acreditada, como mínimo, por una aprobación de los clientes solicitantes
Biolubricantes	Contenido mínimo en carbono biogénico del producto final será del 25 %, de acuerdo con la norma EN 16807

The background of the entire page is a complex, repeating geometric pattern. It consists of numerous faceted, triangular and polygonal shapes in various shades of teal, blue, and light grey. These shapes are arranged in a way that creates a three-dimensional, crystalline effect, with sharp edges and deep shadows. The overall color palette is cool and modern.

CAPÍTULO 5:

IMPACTO AMBIENTAL DEL SECTOR

5. IMPACTO AMBIENTAL DEL SECTOR

El sector de la máquina herramienta habilita acciones que generan diversos efectos negativos en el medioambiente. Así, en esta sección se identifican los principales impactos asociados a la máquina herramienta usando su Ciclo de Vida como referencia.

5.1 CICLO DE VIDA DE UNA MÁQUINA HERRAMIENTA Y SUS IMPACTOS ASOCIADOS

Se considera como Ciclo de Vida de un producto a la sucesión de etapas implicadas en la vida de este, desde que se obtienen las materias primas o componentes necesarios para su producción hasta que este llega a su fin de vida. Para comprender el ciclo de vida de un producto se lleva a cabo un análisis de ciclo de vida. Este es un método cuantitativo, que estudia los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados al ciclo de vida completo de un producto, proceso o servicio: compilando un inventario de las entradas y salidas en las etapas del ciclo de vida; evaluando los impactos asociados a esas entradas y salidas e interpretando los resultados obtenidos en relación con los objetivos del estudio.

Llevando a cabo el análisis ambiental del producto o sistema de productos del sector de máquina herramienta, se podrá identificar el nivel y características del impacto ambiental del sistema en su conjunto, de forma integral, valorando las interdependencias existentes. Siguiendo esta metodología se obtendrá una medida cuantitativa de los impactos ambientales más importantes de cada fase de vida que se clasificarán utilizando distintas categorías de impactos.

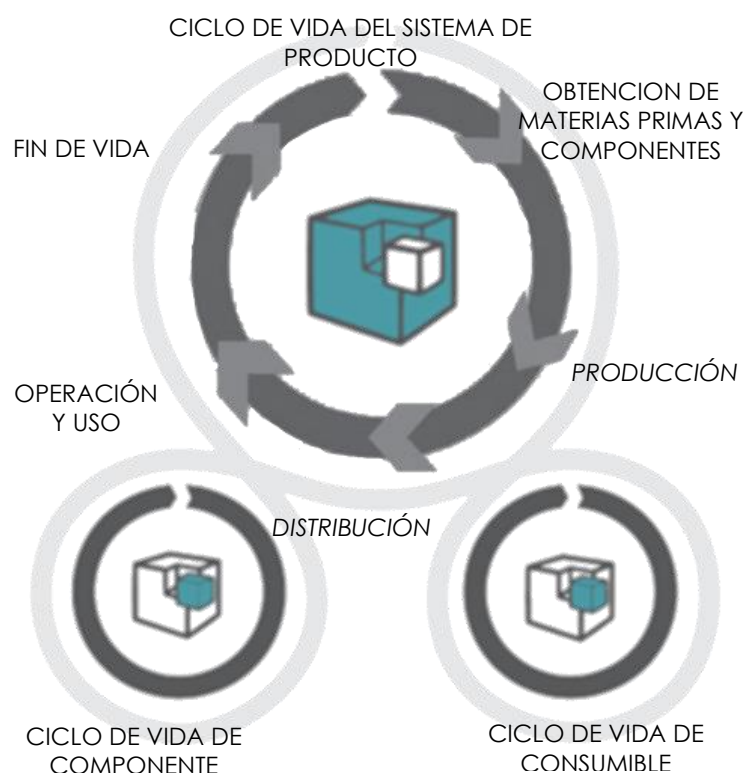


Figura 20: Ilustración del ciclo de vida de la máquina herramienta (Sistema de producto) junto a los otros ciclos de vida implicados (componente y consumible)

Como se puede observar en la figura 20, los agentes implicados a lo largo del ciclo de vida de una máquina herramienta muestran la complejidad que presenta llevar a cabo este tipo de análisis. Cabe destacar que el modelo utilizado es el más estándar posible y que la diversidad que puede presentar un ciclo de vida dependerá del tipo de máquina y sus actividades. Con esto en mente, se utilizará como guía el análisis de ciclo de vida llevado a cabo en la guía de ecodiseño de Ihobe

sobre el sector de la máquina herramienta para facilitar la clasificación de las etapas de los impactos. En este análisis referenciado se proponen varios límites en el ciclo de vida, para favorecer su desarrollo, que repercuten a su vez en los impactos:

- En la fabricación no se tienen en cuenta los procesos de fabricación de los componentes porque en la mayoría de los casos éstos dependen de proveedores externos sobre los que no se tiene control.
- En el fin de vida, la única opción contemplada, con intención de simplificar el análisis, es el reciclaje de metales y plástico junto con la valorización de los residuos. Así otras opciones como la remanufactura, el reacondicionamiento y su paso por el mercado de segunda mano no se toman en cuenta.
- Para simplificar el análisis las fases de producción de componentes y la de producción de la máquina herramienta se han unificado mientras que las de diseño y ventas se ha mantenido fuera del estudio.

Con todo esto los impactos ambientales acotados en las fases se miden usando los indicadores que aparecen en la figura 21.

	Indicador	Unidad
CML 2000	Cambio climático	Kg CO ₂ eq.
	Acidificación	Kg SO ₂ eq.
	Destrucción capa de ozono	Kg CFC-11 eq.
	Oxidantes fotoquímicos	Kg etileno eq.
	Toxicidad humana	Kg 1,4-DCB eq.
	Ecotoxicidad	Kg 1,4-DCB eq.
	Eutrofización	KG NO _x eq.
	Agotamiento de recursos abióticos	Kg antimonio eq.

Figura 21 Indicadores de impacto ambiental para el sector de máquinas-herramienta

La finalidad de una evaluación ambiental de un producto consiste en analizar el perfil ambiental del producto y establecer las prioridades ambientales del mismo en base a la identificación de los principales impactos ambientales generados por el producto durante todo su ciclo de vida. En la figura 22 se expone el diagrama de flujo que representa a cada uno de los elementos del sistema y las conexiones a lo largo del Ciclo de Vida.

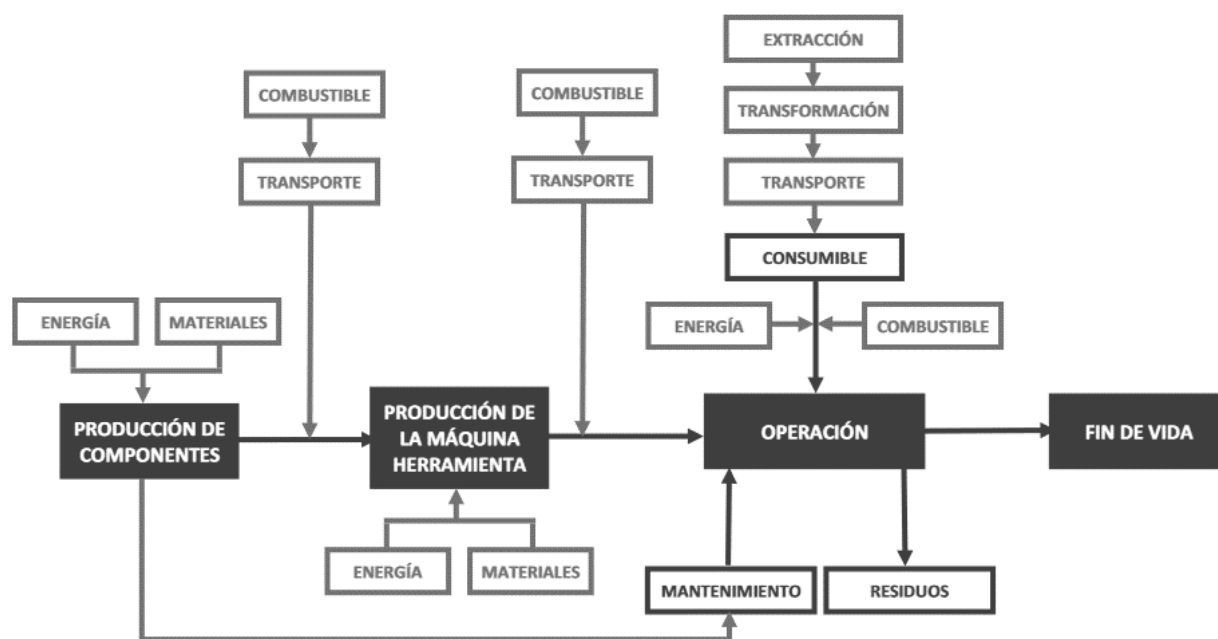


Figura 22 Diagrama de flujo del Ciclo de Vida de una máquina herramienta

En la guía de ecodiseño de lhobe se generó un parámetro para la **contribución de una máquina herramienta genérica a cada fase del ciclo de vida** después de analizar las principales máquinas herramientas de la CAPV. Con este parámetro se consigue un estándar o una media entre las máquinas herramientas analizadas. Los resultados muestran que los impactos ambientales generados son similares para todas ellas, aunque cambia la magnitud de la contribución de cada una a cada impacto ambiental.

En la figura 23 se muestra cómo se dividen los impactos de una máquina herramienta genérica usando su ciclo de vida como perspectiva. Ahí se puede observar que la etapa que supone un mayor impacto es, con diferencia, la de Operación (Uso), en consonancia con todos los análisis que se han ido llevando a cabo en los otros tipos de máquinas herramientas, incluidos los análisis del estudio preparatorio impulsado por la Comisión Europea en el marco del desarrollo de la directiva de ecodiseño ErP. La razón por la cual el uso representa el grueso de los impactos con esa magnitud está relacionada con la producción y uso de combustibles y, sobre todo, al consumo de energía eléctrica. Como las máquinas herramienta tienen una vida útil relativamente longeva, y dependen a lo largo de toda ella de la energía eléctrica, su uso acarrea la utilización de combustibles fósiles para su funcionamiento, con el impacto que esto implica. Aun así, como esta representación del impacto es de una máquina genérica, la proporción que abarca la fase de uso puede incluso aumentar. Las diferencias en esta fase son una de las maneras en las que podemos apreciar la diferencia entre los distintos tipos de máquinas herramientas y la complejidad que supone su englobe.

Dejando a lado la fase de uso, en el caso de la máquina genérica y en el contexto del análisis de la guía de lhobe, la fase de producción representa la segunda fase que más impacto recoge, con una amplia ventaja, seguido por la distribución y el reciclaje en el fin de vida.

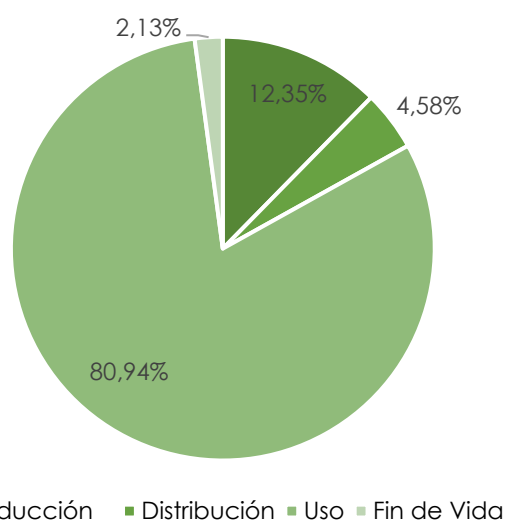


Figura 23 Impacto de las fases del ciclo de vida de una máquina herramienta genérica. Fuente de los datos: Guía sectorial de Ecodiseño. Máquina Herramienta, Ihobe

En lo que respecta a los impactos ambientales analizados usando los indicadores correspondientes mencionados anteriormente, en la figura 24 se encuentran divididos por las fases del ciclo de vida. Con esta representación gráfica se puede observar la tendencia de la figura 23 desglosada, con la fase de uso en cabeza en todos los marcadores. El peso de la fase de producción es aparente cuando presenta más del 10 % en tres categorías, obteniendo un octavo del impacto general.

Dada la importancia de la fase de uso, se ha separado esta etapa entre los tres factores que causan

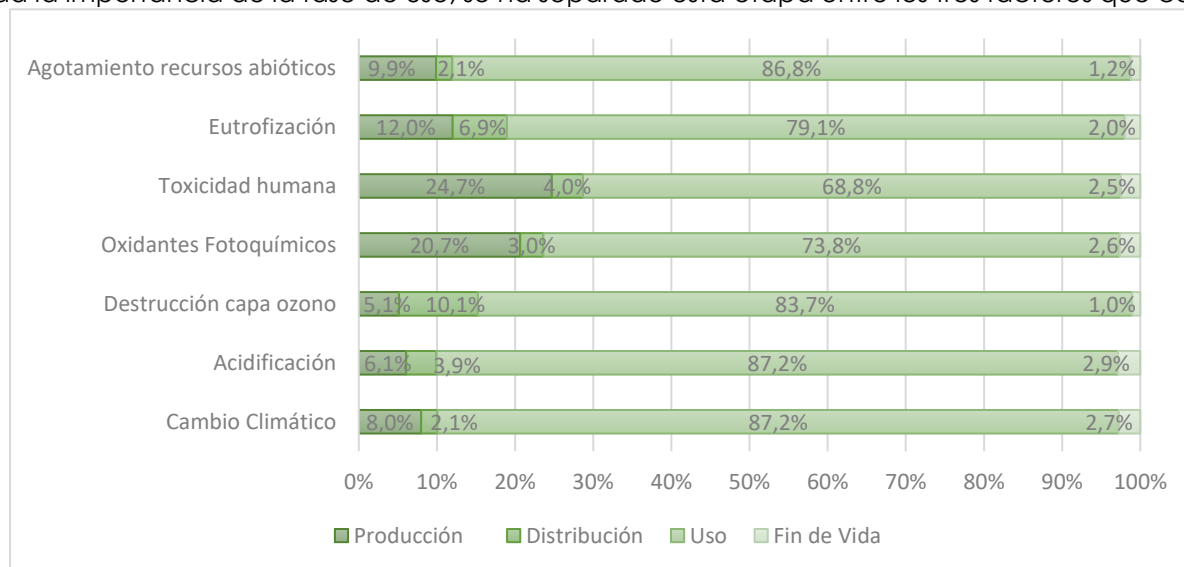


Figura 24 Impactos ambientales de la máquina-herramienta en sus fases de ciclo de vida. Fuente de los datos: Guía sectorial de Ecodiseño. Máquina Herramienta, Ihobe

el mayor impacto: electricidad, aceites y aire. Aunque la mayor parte del impacto se corresponde al uso de electricidad, el uso de aceites consumibles, como las taladrinas y lubricantes, así como el uso de aire comprimido, son también responsables de la generación de impactos en durante el uso. La electricidad es necesaria para el funcionamiento de la máquina herramienta y todos sus componentes y equipos auxiliares, siendo incluso consumida cuando los aparatos no están en uso. Mientras tanto, los aceites y el aire comprimido cumplen con su función, evacuación de las virutas producidas en el mecanizado, en puntos concretos durante la utilización de la máquina. En la figura

25 se aprecia la distribución del impacto, donde la electricidad domina con fuerza, pero tres indicadores reflejan el impacto que suponen los aceites, la eutrofización, la destrucción de la capa de ozono y el potencial de calentamiento global (GWP).

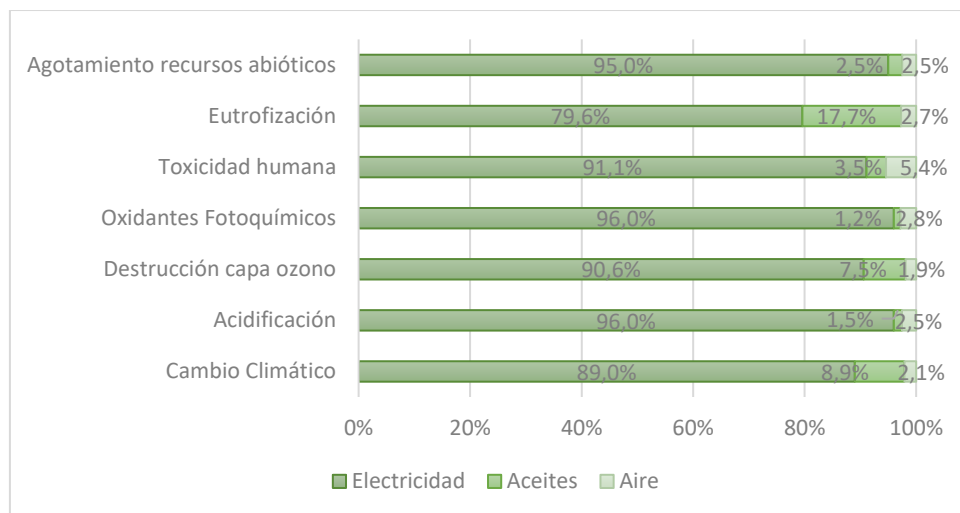


Figura 25 Desglose del impacto ambiental de la máquina-herramienta en fase de uso. Fuente de los datos: Guía sectorial de Ecodiseño. Máquina Herramienta, Ihobe

El anuario de energía publicado por la administración de información energética de Estados Unidos en 2012 mostró que el consumo de electricidad industrial representaba el 31 % del consumo total de electricidad. A su vez, el consumo de electricidad de la industria manufacturera representaba el 90 % del consumo de electricidad industrial, y el consumo de electricidad de las máquinas herramientas ocupaba el 75 % (EIA, 2011). Estos datos del consumo energético arrojan luz sobre el peso que presenta el sector en este aspecto.

Sabiendo que el consumo de energía de las máquinas herramientas presenta el mayor impacto en todo el ciclo de vida es recomendable identificar los diferentes procesos y activos que toman parte en este consumo. Así, la figura 26 muestra una forma de desglosar el consumo en la máquina herramienta: por composición del sistema, por estado de operación, por el tipo de consumo de energía, por los principales componentes que consumen energía y por el tipo de movimiento funcional. Otra forma de clasificación se basa en los diferentes tipos de máquinas herramienta ya que presentarían diferentes consumos. En el caso de máquinas automatizadas con muchos procesos auxiliares, el consumo fijo de estos procesos puede llegar a representar de un 20 % hasta más de un 30 % del consumo energético de la máquina, como se muestra en la figura 27.

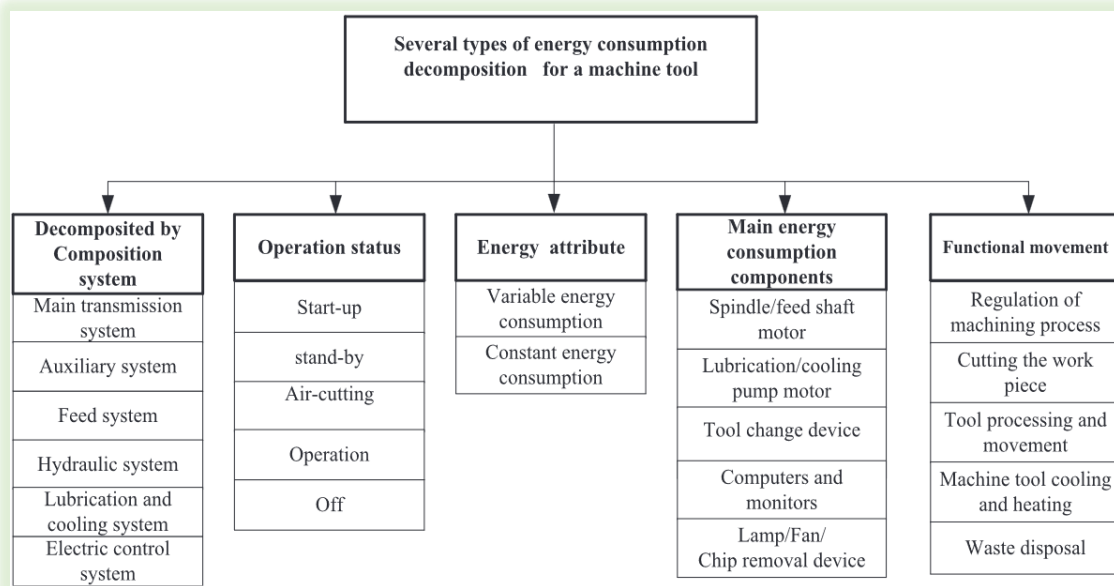


Figura 26 Diferentes formas de desgarnar el consumo de energía de las máquinas herramienta. Fuente (Zhou et al., 2016)

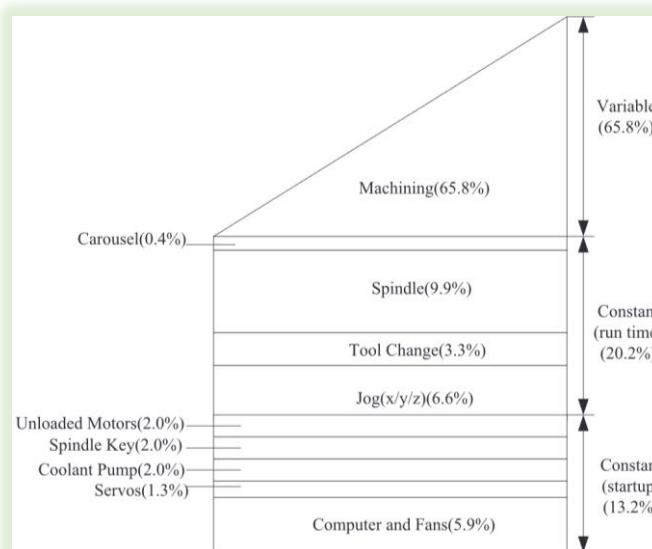


Figura 27 Energía utilizada de una fresadora CNC de 3 ejes (Gutowski et al., 2006).

Dentro del tipo de consumo se encuentra el variable y el constante o fijo, que son únicos para cada máquina y sus procesos. Dentro del consumo fijo de una máquina herramienta se incluye el propagado Stand-by o estado estacionario. Dado su uso extensivo, se han realizado numerosos trabajos de investigación para modelar el consumo de energía de las máquinas herramienta en este estado. En el caso del estado transitorio, su cálculo suele descuidarse en la mayoría de las investigaciones ya que el perfil del consumo de energía es aleatorio y de breve duración, lo que genera un error importante durante la predicción del consumo total de energía de las máquinas herramienta. En lo que corresponde al consumo de la máquina herramienta en sí, su eficiencia energética es muy baja y, por lo general, suele estar por debajo del 30 %. En algunos casos la energía eléctrica consumida durante el periodo de utilización representa más del 99 % de los impactos ambientales (Li et al., 2011, Pawanr et al., 2019).

En cuanto al perfil de consumo de una máquina en funcionamiento, en la figura 28 los picos de energía de corta duración durante el estado transitorio afectan significativamente al consumo total de energía de las máquinas herramienta en el proceso de mecanizado. El modelo preciso de consumo de energía de las máquinas herramienta es fundamental ya que es la base para la selección de los parámetros óptimos de un proceso de mecanizado que conduzca a una manufactura sostenible (Pawanr et al., 2021).

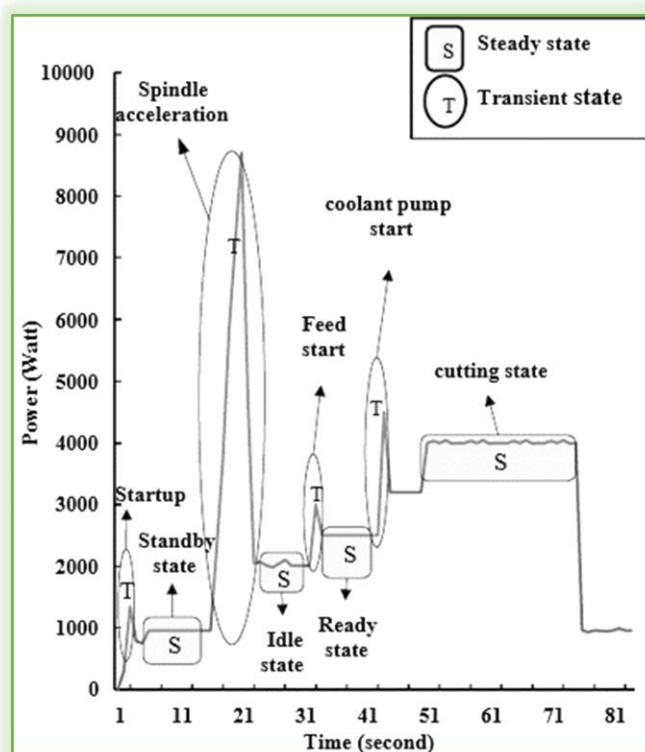


Figura 28 Perfil de consumo típico de una máquina herramienta que muestra los estados de reposo y los estados de transición (Pawanr et al., 2021).

En la clasificación del consumo de energía basada en los diferentes tipos de máquinas, las máquinas con control numérico o CNC, destacan entre las demás. Gracias al estudio preparatorio de la comisión europea que llevó a cabo una comparativa de consumo energético entre los diferentes tipos de máquinas herramientas (Figura 29), se puede afirmar que la diferencia del consumo eléctrico entre máquinas con CNC frente a las que no lo tienen crea una separación notable. Estas máquinas requieren un mayor uso de energía durante su fase de operación, siendo responsables de hasta más del 95 % del impacto total en casos como en tornos y prensas. La automatización completa de la máquina, así como la cantidad de equipos auxiliares necesarios, aumentan la necesidad energética de este tipo de dispositivos. Trabajando un mismo periodo de tiempo, con las mismas funciones programadas para la máquina herramienta, las CNC tienen así un mayor impacto. Sin embargo, la funcionalidad, eficiencia y productividad es mucho mayor, siendo más competitivas. En conclusión, aunque una máquina con CNC necesita 4 veces más energía, las ventajas que posee a la hora de la manufactura, la convierten en un producto mucho más atractivo. Esto significa que estas máquinas son responsables de la mayoría de los impactos ambientales del sector como ya hemos visto en las figuras 5 y 6.

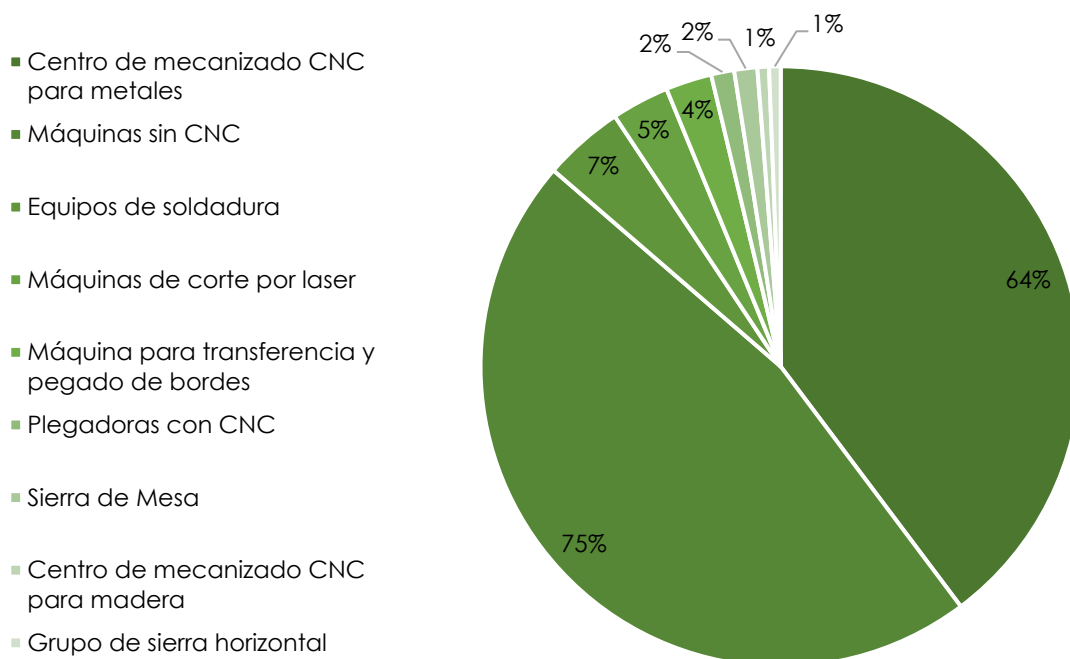


Figura 29 Comparativa del consumo energético de los distintos tipos de máquinas herramienta, en una misma función productiva

5.2 IMPACTOS EN LA FASE DE PRODUCCIÓN

El uso de metales como hierro, acero, cobre, aluminio y níquel para la fabricación de máquinas herramientas genera impactos medioambientales por la extracción, transporte y transformación necesarios para convertir estos metales en los materiales usados en las aleaciones. Destacan la emisión de GEIs, la degradación del suelo por la tala y la erosión, la pérdida de biodiversidad y la contaminación del agua dado su uso extensivo en la extracción y transformación. Adicionalmente, la explotación minera y la refinación de los metales consumen entre el 7 y el 8 % del suministro global de energía y es previsible que aumente dado el crecimiento previsto para la demanda de estos materiales (UNEP, 2013).

En relación con la contribución al agotamiento de recursos que genera la fabricación de máquinas herramientas, preocupa especialmente el uso de materias primas fundamentales. De la lista generada por la Comisión Europea y actualizada en 2020 cabe destacar el uso de tres materiales en las máquinas herramientas. Cada uno de ellos presenta situaciones diferentes:

Tungsteno: El tungsteno es un elemento natural que se encuentra normalmente en el ambiente en forma sólida. En la naturaleza, se encuentra en rocas y en el suelo en forma de minerales, pero nunca se encuentra en forma de metal puro. Hay dos tipos de minerales de tungsteno, llamados wolframita y scheelita, que se minan comercialmente. El mineral es procesado para recuperar el tungsteno y convertirlo en compuestos químicos o en metal. Debido a sus propiedades únicas, resistencia física y térmica, el tungsteno, sus aleaciones y algunos compuestos no pueden ser sustituidos en muchas aplicaciones importantes en diferentes campos de la tecnología moderna. Por ejemplo, el carburo de tungsteno (que se logra mezclando polvo de tungsteno y polvo de carbono calentando a 2.200°C) es ampliamente empleado en la industria en forma de herramientas de corte y perforación dado su inmensa dureza, haciéndolo esencial para el sector de la máquina herramienta. China es el mayor exportador de Tungsteno e impone restricciones y limitaciones en su comercialización, lo que confiere a este metal su estado de criticidad. Afortunadamente, la tasa de reciclaje del tungsteno

es del 42 % (de las más altas en las MPF) y la del carburo de tungsteno es del 46 %. Este porcentaje aumenta en lo que corresponde a las herramientas de corte, ya que presentan una media del 55 %, pero los productores que trabajan a nivel mundial consideran posible alcanzar tasas superiores al 80

%. Esto se debe a que los residuos son de pequeño tamaño, facilitando su reciclaje mediante las tecnologías de reciclaje directo. Además, los productores ofrecen programas de recompra y los comerciantes de chatarra son activos en la recogida de los restos (Zeiler et al., 2021).

Además del impacto asociado a la extracción, transformación y transporte del tungsteno, las correlaciones entre la contaminación ambiental por tungsteno a través de las vías del suelo, el agua y el aire, y los efectos biológicos como el daño epitelial, la bioacumulación y la movilidad trófica, han llevado a su clasificación como "contaminante emergente" (Datta et al., 2017).

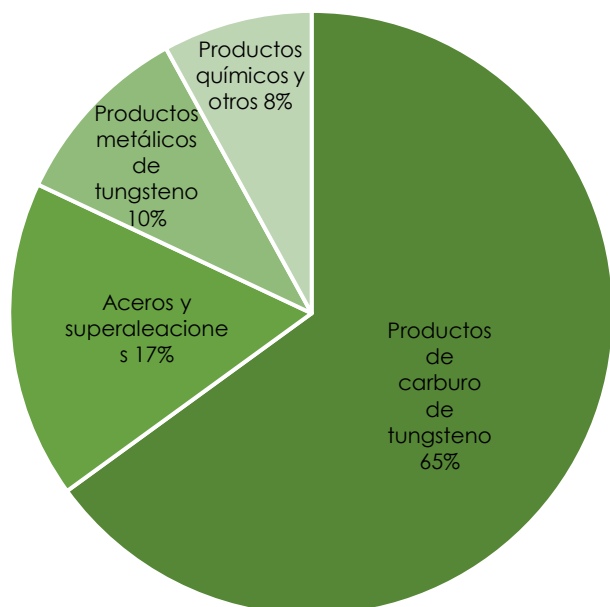


Figura 30 Desglose global de las aplicaciones del tungsteno.

Cobalto: La excepcional resistencia a las altas temperaturas y a la corrosión lo convierte en un elemento de aleación esencial; como aglutinante de las herramientas de corte y perforación de metales duros (tungsteno y diamante). La principal fuente de cobalto refinado es un subproducto del níquel (~50 %) y del cobre (~44 %), que son abundantes, mientras que una minoría (~6 %) procede de minas de cobalto primario. El cobalto no puede ser sustituido en la mayoría de sus aplicaciones clave, debido a sus propiedades únicas. En 2030 la UE necesitaría 5 veces más cobalto, y en 2050 una cantidad 15 veces mayor. Su tasa de reciclaje es de 35 %, pero dado su uso en la manufacturación de baterías es poco probable que se evite un futuro déficit entre la oferta y la demanda, incluso con la apuesta por el reciclaje, sustitución y extracción.

El impacto más destacable se da en la extracción de Cobalto, que se lleva a cabo sobre todo en países en conflicto como la República Democrática del Congo con condiciones consideradas inhumanas y de riesgo extremo para los trabajadores locales, por no mencionar el daño que se causa a la zona debido a la deforestación extrema y el empleo a gran escala de productos químicos tóxicos y radiactivos.

Hafnio: Se consigue como subproducto de la extracción del zirconio y se usa para materiales cerámicos refractarios, microchips y boquillas para el corte por arco de plasma. La mayor parte del suministro de la UE es interna, con el 71 % del suministro procedente de Francia, de manera que la UE sólo depende en un 9 % del hafnio importado. La tasa de entrada de reciclaje al final de la vida útil del hafnio se estima en un 1 % debido a la contaminación en la industria nuclear y al bajo porcentaje de contenido en las superaleaciones. Se estima que la demanda de hafnio aumentará en un 5 % para las superaleaciones no aeroespaciales. Las aplicaciones del hafnio en las aleaciones de acero pueden sustituirse generalmente por otros metales de aleación, como el magnesio, el niobio, el tantalio, el cobalto y el cromo. La resistencia a la corrosión y el comportamiento ante el estrés térmico de estos otros metales es similar. Sólo está en la lista de MPF debido a sus aplicaciones nucleares.

No se han notificado efectos negativos sobre el medio ambiente por contaminación de hafnio, aunque los procesos de separación usados para su obtención tienen un impacto considerable. Los procesos se clasifican para grandes rasgos en rutas hidro y pirometalúrgicas. Las largas operaciones de separación hidrometalúrgica conllevan un alto coste de producción, una intensa mano de obra y una fuerte carga medioambiental (Xu et al., 2014).

Situación Euskadi

Una visión del ciclo de vida en la economía vasca implica necesariamente que, a la suma del consumo de materiales (IMD), habría que añadir los Flujos Ocultos, materiales desplazados del medio natural que no entran directamente en la economía por no tener un valor económico. Este indicador se define como Necesidad Total de Materiales (NTM) y refleja la presión ejercida por una economía sobre el medio ambiente, representando con mayor fidelidad el ciclo de vida de los materiales. Teniendo en cuenta que un 18,1% de los materiales importados, entre los que se encuentran algunos relevantes para el sector como el acero, el aluminio, el hierro y otros metales, son materiales residuales de los que se obtiene un aprovechamiento y se vuelven a introducir en el mercado, se da una situación de reducción de los flujos ocultos globales.

Aun así, la necesidad total de materiales de la economía vasca (NTM) ascendió en 2016 hasta los 250,6 millones de toneladas, cifra muy superior a los 44,7 millones de toneladas asociadas al consumo directo de materiales (IMD). Estas cifras revelan la importancia de optimizar el material procesado, a través de una mejora de la productividad material mediante la fabricación de productos más duraderos y eficientes, la prevención de la generación de residuos gracias al ecodiseño, una mayor eficiencia de los procesos y, finalmente, la reintroducción de estos residuos en el ciclo productivo, gracias al reciclaje y la utilización generalizada de las materias primas secundarias.

5.3 IMPACTOS EN LA FASE DE OPERACIÓN

Como se ha mencionado en la distribución de impactos presentada anteriormente, se concluye que el mayor impacto ambiental tiene lugar durante la fase de uso de las máquinas. A continuación, se analizan los principales impactos ambientales en los que se incurren a lo largo de esta fase, que son el agotamiento de recursos naturales, el cambio climático, el ruido y las vibraciones. También cabe destacar los problemas asociados a los metales pesados junto al uso de aceites y taladrinas.

5.3.1 Agotamiento de recursos naturales y cambio climático

Generalmente las máquinas herramientas poseen más de 20 años de vida útil. Durante este tiempo consumen energía eléctrica mientras están en funcionamiento, resultando en una acumulación de los impactos de la producción, distribución y transformación necesarios para la obtención de la electricidad. La fuente o fuentes utilizadas para la obtención de dicha energía eléctrica determinan ampliamente el impacto total de la fase de uso e incurre en el agotamiento de recursos naturales (carbón, gas natural, etc.), así como en el cambio climático debido a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero que tienen lugar en el proceso. Este es el origen del impacto ambiental más importante en el ciclo de vida de las máquinas herramientas. Esta es una situación compartida para todas las máquinas herramienta, si bien es verdad que sus proporciones en el consumo difieren debido a las necesidades energéticas de cada máquina (impacto desde el 75 % hasta más del 90 %).

Aparte del impacto generado por el consumo eléctrico, en esta fase también se observa cómo los impactos derivados de la incineración de hidrocarburos o de los insertos de tungsteno para corte resultan considerables. El impacto tiene el mismo peso proporcional que el de la etapa de transporte de la máquina herramienta en el camión (6,6 % del total).

Además del impacto ambiental generado por la baja eficiencia energética de las máquinas herramientas, muchos de los sistemas auxiliares, secundarios y de apoyo periféricos sufren también de una eficiencia energética pobre. Por ejemplo, los sistemas de aire comprimido tienen en general un bajo grado de eficiencia (entre el 10 y el 15 %) (Nehler, T., 2018). Las principales causas son el calor residual y, sobre todo, las fugas en conectores, válvulas y actuadores (Wegener et al., 2017). Otros sistemas auxiliares, como las unidades de refrigeración y lubricación, así como la hidráulica, tienen una influencia decisiva en las necesidades energéticas con hasta el 10 % de la demanda total de energía eléctrica de las máquinas herramienta proviniendo de la hidráulica (Brecher et al., 2012). En total la energía demandada se podría ver reducida desde un 30 % hasta un 52 % si se tomaran diferentes medidas de eficiencia energética (Denkena et al., 2020).

La fuerte unión que hay entre el impacto de las máquinas herramienta y el coste ambiental de la electricidad hace que todos los factores que pueden afectar a la generación de energía afecten también al sector. En ese sentido se puede decir que el sector está a la merced de los posibles cambios en el mercado energético ya sean legislativos o en el mismo entorno.

De las fuentes utilizadas para la generación de electricidad se obtiene un mix eléctrico. Este mix posee una gran influencia sobre el impacto del ciclo de vida de las máquinas herramientas que no puede ser menospreciada. Una de las formas más efectivas a la hora de combatir el impacto ambiental de las máquinas herramientas es conseguir que la electricidad usada provenga de fuentes renovables ya que así se podría paliar el impacto de la fase de uso. Muchas empresas han decidido contratar planes energéticos de proveedores que certifican el origen renovable de la energía logrando 0 emisiones de CO₂. Esta medida es también aplicable a un sector tan energéticamente intensivo como la máquina herramienta.

5.3.2 Ruido

La reducción de la contaminación acústica es uno de los retos a los que se enfrenta el sector. Dentro de los impactos en la fase de uso y en general de la máquina herramienta el ruido presenta la mayor influencia local, aunque presente efectos que no sean tan fácilmente reconocibles como otros impactos. El ruido se define como cualquier vibración mecánica no deseada, desagradable o perjudicial que viaja a través de un medio elástico y que afecta negativamente al órgano de la audición y a otros elementos del cuerpo humano. Varios estudios han demostrado el impacto sobre la salud que la sobreexposición al ruido puede conllevar: desde pérdida de audición hasta hipertensión, episodios de ansiedad y otras enfermedades psiquiátricas. Por ello, los principales agentes de la industria trabajan intensamente para afrontar esta problemática.

De forma general, las máquinas herramienta contribuyen a la emisión de ruido en dos formas: ruido directo y ruido inducido. El primero tiene su origen en el funcionamiento de las propias máquinas, así como por los propios motores y equipos auxiliares que permiten su funcionamiento. El segundo de ellos es debido a la inducción de ruido por las vibraciones en el terreno, mucho más controlado hoy en día. Estas vibraciones se producen por varios factores como la pérdida de las propiedades básicas de la máquina, el creciente desgaste de determinados pares cinemáticos, la formación de holguras y la explotación inadecuada, las condiciones de mecanizado, así como el montaje inadecuado de los equipos básicos y auxiliares. Es decir, el ruido generado por las máquinas aumenta a medida que se desgastan.

La cantidad de ruido que genera una máquina también depende del tipo de máquina y sus operaciones. Por ejemplo, los tornos, las fresadoras y las taladradoras producen un ruido de hasta 104 dB; las sierras de corte de metal, de hasta 115 dB; y las amoladoras, de hasta 134 dB (Józwik et al., 2018). Para poder atajar los problemas acústicos generados durante el uso es imprescindible el análisis del ruido de forma sistemática en las fases iniciales de diseño y construcción de las máquinas

herramienta para asegurar un correcto desempeño, llevando a cabo los mantenimientos necesarios para aplacar el ruido inducido.

5.3.3 Vibraciones

Además de ser las causantes del ruido inducido las vibraciones son bien conocidas por causar una serie de problemas de mecanizado, como el desgaste de la herramienta, la rotura de la herramienta, el desgaste de los cojinetes del husillo de la máquina, el mal acabado de la superficie, la calidad inferior del producto y un mayor consumo de energía (Rajinder Kumar, 2018).

Existen tres tipos de vibraciones clasificándose como libre, forzado y auto excitado (auto inducido). Las libres (Aleatorias o transitorias) actúan durante un tiempo relativamente pequeño sobre la estructura elástica de la máquina herramienta.

En el caso de las forzadas, fuerzas periódicas entran en juego durante el funcionamiento, pudiéndose transmitirse a través de los cimientos terminando con la máquina vibrando a la frecuencia de los factores de forzamiento.

En las vibraciones auto inducidas la causa se encuentra en el acoplamiento entre el proceso de corte y el sistema vibratorio de la máquina, la herramienta y la pieza de trabajo, formando un bucle cerrado.

La vibración auto excitada más común es el traqueteo regenerativo que se considera un problema severo ya que trae efectos negativos como:

- Mala calidad de la superficie
- Inexactitud inaceptable
- Ruido excesivo
- Desgaste desproporcionado de la herramienta
- Daños en la máquina herramienta
- Reducción de la tasa de eliminación de material
- Aumento de los costes en términos de tiempo de producción
- Desperdicio de materiales y energía
- Impacto medioambiental en términos de materiales y energía
- Costes de reciclaje, reprocesamiento o vertido de piezas finales no aceptables a los puntos de reciclaje

Vistos los efectos negativos se concluye que las máquinas-herramienta se ven afectadas de manera crucial por las vibraciones. El comportamiento de las vibraciones de una máquina herramienta puede mejorarse reduciendo la intensidad de las fuentes de vibración mediante el aumento de la rigidez estática efectiva y la amortiguación (Rajinder Kumar, 2018).

5.3.4 Contaminación derivada de Taladrinas

Las taladrinas empleadas mayoritariamente en la industria del mecanizado metálico como fluidos de corte, además de refrigerar para evitar un sobrecalentamiento de piezas y herramientas y lubricarlas, evacuan limaduras, evitan óxidos, eliminan bacterias, etc., prolongando la vida de las herramientas. Con el paso del tiempo, sus propiedades van desapareciendo (fenómeno conocido como stress mecánico), a la vez que aparecen una serie de contaminantes, que reducen aún más sus propiedades y rendimientos. Toda esta combinación de agentes externos, convierten a estos

productos en residuos altamente contaminantes, tanto para el medio ambiente como para los propios operarios que las manejan (Skerlos 2013).

El impacto ambiental de los fluidos de corte se centra fundamentalmente en la problemática que pueden plantear las emisiones a la atmósfera, de productos agresivos procedentes de la incineración de residuos aceitosos conteniendo cloro orgánico (lluvia ácida, deterioro de la capa de ozono, etc.) y los vertidos de aguas residuales conteniendo restos de derivados fenólicos que pueden contaminar un ecosistema.

Se consideran residuos peligrosos ya que están compuestas de una mezcla compleja que puede contener aceite, aditivos bactericidas (aceite vegetal) e inhibidores de óxidos, además de algunos contaminantes como metales finos, residuos y bacterias. Es decir, las taladrinas deben ser eliminadas por gestores de residuos autorizados, a pesar de lo cual, aún es habitual que cierta cantidad se elimine a través de desagües. Esta situación provoca en las depuradoras de aguas problemas de operación por los aceites y metales pesados (virutas mecanizadas), que, en caso de llegar a cauces, pueden provocar una importante mortandad en la fauna piscícola debido a su toxicidad, dificultan el intercambio de oxígeno entre aire y atmósfera, etc. Adicionalmente, durante el mecanizado, la interacción del fluido con las partes móviles salpica hacia atrás y se dispersa como finas gotas, pequeñas, que quedan flotando en el aire produciendo neblina. La generación de neblinas se ve afectada por diferentes factores como: la velocidad de la herramienta y el volumen, la forma de aportación y el punto de suministro del fluido en el filo del corte.

Las operaciones de mecanizado más comunes que generan neblinas de aceite y humo son las siguientes.

- Control numérico por ordenador: Centros de mecanizado CNC
- Rectificadoras: OD, ID, de superficie y giratorias
- Herramientas de corte: Perfiladoras, Perforadoras, Fresadoras y Sierras de corte
- Máquinas electrónicas de descarga (EDM)

Con el objetivo de reducir la producción de residuos, se aplican medidas preventivas dirigidas principalmente a alargar la vida de los baños mediante reposiciones de agua desionizada, reducción de derrames e implantación de procesos de escasa generación de residuos. Además, los propios fabricantes de taladrinas poseen líneas de investigación para la obtención de productos con menor potencial contaminante, destacando la sustitución de aditivos de carácter tóxico, el empleo de la base de aceite vegetal y el desarrollo del mecanizado por neblinas entre otros.

Una de las alternativas más aceptadas e investigadas a las taladrinas acuosas son las taladrinas basadas en gases que eliminan los problemas de salud laboral asociados a la exposición a microbios nocivos en estos sistemas. Aunque el uso de gases aumenta la vida útil de las herramientas, no reducen el uso global de agua, y en cambio trasladan esas cargas de agua a las etapas anteriores de los procesos implicados en la producción de los gases industriales en el caso del N_2 y el CO_2 , y a la producción de aceite vegetal en los casos en los que se utiliza como lubricante. En el caso de N_2 y CO_2 , también se observa un aumento considerable del uso global de energía primaria (Supekar et al., 2020).

5.4 IMPACTOS EN LA FASE DE TRANSPORTE

Aunque la bibliografía común proporciona un amplio conocimiento de los impactos medioambientales de las máquinas herramienta, está limitada por la suposición de que la fase de uso domina el impacto global de una máquina herramienta debido a la larga vida útil que se le atribuye. Sin embargo, esto puede no ser cierto en función del entorno de fabricación en el que opera una máquina herramienta, ya que la tasa de producción influye en la energía específica. Gran parte de la bibliografía tampoco tiene en cuenta el transporte, los insumos de material (por ejemplo, el fluido de corte) o los insumos de las instalaciones (por ejemplo, la climatización y la iluminación), cada uno de los cuales representa potencialmente un considerable sumidero de energía (Díaz et al., 2010).

Esta fase incluye el transporte del producto una vez fabricado, para su distribución y venta. Las diferentes compras, el % de producto enviado a cada destino, los kilómetros medios y el tipo de transporte son factores que pueden variar los resultados. El impacto generado está directamente relacionado con las emisiones causadas por el consumo de combustibles utilizados por los vehículos en el transporte. Dependiendo del tipo de transporte y la distancia el impacto generado será mayor o menor.

El cálculo de los impactos producidos por transporte debería incluir el consumo de energía del transporte de la cadena de suministro y las emisiones de CO₂. Para ello tener en cuenta en el cálculo el desplazamiento de fabricante a cliente y después de fábrica a tratamiento de fin de vida. El impacto generado por el transporte de las máquinas herramienta tiene una relación proporcional directa con la masa y el volumen del producto ya que afectan y condicionan directamente al medio de transporte elegido.

Una de las formas más eficaces de reducir el impacto en esta fase consiste en la reducción tanto de la masa como del volumen de los productos transportados. Nuevos productos que siguen un modelo de ecodiseño tienen en mente esta idea creando diseños que facilitan el transporte tanto utilizando materiales más ligeros como reduciendo la cantidad de componentes requeridos.

Aunque en un principio los impactos generados por el transporte pueden parecer muy significativos, cuando se analiza desde un punto de vista que mide los impactos y el consumo relativos por parte producida, los impactos correspondientes a esta fase se ven amortizados. Desde este punto de vista el transporte solo ocupa un pequeño porcentaje de los impactos, que se ven dominados por la fase de uso (Díaz et al., 2010).

5.5 IMPACTOS EN LA FASE DE FIN DE VIDA

Como se ha mencionado en la fase de transporte, la fase de operación ha recibido una especial atención por parte de fabricantes y operadores. En busca de una mayor eficiencia, la industria ha realizado un importante esfuerzo a través del diseño de máquinas más eficientes, reduciendo el peso de estas y mejorando los sistemas que hacen uso de la energía. Para ello el desarrollo e introducción de nuevos materiales, como aleaciones de diseño y compuestos de fibra reforzada, en la composición de las máquinas herramienta es un camino para seguir. Estas innovaciones ofrecen, además, un alargamiento en el Ciclo de Vida del producto final, pero, por otro lado, exigirán nuevos tratamientos que hasta ahora no se han tenido en cuenta condicionando a los fabricantes a disponer de un mejor servicio para el Fin de Vida. Cabe destacar que la tecnología necesaria para separar, reciclar y reutilizar los nuevos materiales de forma eficiente está en un continuo desarrollo y mejora. Sin embargo, si cuando las máquinas que contienen estos nuevos materiales llegan al fin de su vida útil y estos sistemas no están disponibles o extendidos, se perpetuara el traspaso de cargas ambientales generando un reto importante para el sector en el fin de vida.

Para evitar que los avances conseguidos en la fase de uso reaparezcan como impactos en la de fin de vida es necesario una perspectiva de Ciclo de Vida que atienda a los efectos rebote (o traspasos de carga) y asegure que el balance final de las actuaciones resulta positivo para el medio ambiente.

Observando la composición material de las máquinas herramienta, observamos como son los materiales metálicos (acero, cobre, níquel y aluminio) y plásticos los que tienen una presencia mayor, llegando a superar el 90 % en peso. Estos materiales tienen, de forma general, requerimientos energéticos importantes en su extracción, producción y transformación para el uso adecuado en las máquinas, pero mantienen excelentes propiedades en su Fin de Vida ya que son ampliamente reciclables. En el caso del acero se estima un incremento del 90 % de reciclabilidad actual al 95 % para 2050 (Yellishetty et al., 2011).

Aunque es complicado definir un fin de vida general para las máquinas herramientas dado sus tipos y composiciones diferentes, el reciclaje junto a la valorización de los residuos es un punto en común que comparten. Según el final de la vida útil de una máquina herramienta se alcanza después de al menos diez años de uso con el 55 % de las máquinas herramienta teniendo una vida útil máxima de

25 años y el 45 % una vida útil de más de 25 años, siendo el tiempo medio de amortización de ocho años. Adicionalmente, los datos facilitados al CECIMO por algunos fabricantes de máquinas-herramienta muestran también que, por término medio, el 80% de las máquinas siguen en servicio diez años después de su instalación, mientras que el 65% siguen en servicio después de 20 años. Esto demuestra la larga vida útil de las máquinas-herramienta.

Entre los escenarios diferentes a los que se puede enfrentar una máquina herramienta en su fin de vida encontramos:

- La venta de la máquina a un mercado de segunda mano, donde se le seguirá dando un uso continuado
- La renovación, donde la máquina se vuelve a vender después de un ligero tratamiento. La reparación donde se arregla el fallo que presentaba la máquina. El reacondicionamiento donde predominan las medidas de mantenimiento mecánico y eléctrico para devolver la máquina a su estado original. Finalmente, la remanufactura que trae un aumento de la vida de la máquina para uso del mismo cliente o para su posterior venta logrando un producto igual o mejor al original. Además, la remanufactura presenta una importancia adicional, los beneficios medioambientales obtenidos del ahorro de **materia**, el ahorro de **energía** y la reducción de la **contaminación** (Du et al., 2012). La edad de las máquinas-herramienta en el momento en el que se toman las primeras medidas se sitúa principalmente entre 5 y 10 años. El 80% de las máquinas-herramienta se tratan entre los 5 años y los 15 años (CECIMO, 2019).
- La reutilización de alguno de sus componentes
- El reciclaje del material de valor, que dificulta poder acotar los límites de su fin de vida.

Existen diferentes procesos de tratamiento para gestionar los productos. En una economía circular estos procesos se utilizan para revalorizar, es decir, volver a dar valor a aquellos productos que han sido desechados. En la figura 31 se ven representados los caminos ambientalmente preferibles en un fin de vida útil (EOL, End of Life) con distintas opciones posibles para su recuperación. Lo primero es realizar una inspección para valorar el estado de la máquina herramienta con la que se decidirá si se puede **reutilizar** directamente sin aplicar cambios, si se puede recuperar después de intervenir en ella o en última instancia y siendo la única opción viable, el **reciclaje**. En el caso de que se pueda recuperar, se llevará a cabo un desmontaje el cual servirá como base para los cuatro posibles escenarios que seguirán a continuación: **renovación, reparación, reacondicionamiento y remanufactura**.

La renovación es el proceso de reparación y limpieza de equipos para obtener un estado estético que lo haga parecer “como nuevo” mediante su limpieza, pulido, pintado... que también incluye la reparación de los componentes estropeados.

La reparación es restablecer la máquina a un buen estado o a una buena condición después de su deterioro o daño. La garantía asignada al producto después de la reparación solo cubre la parte reparada, no el producto en su totalidad. Se hace como proceso único bajo la misma propiedad, o como etapa dentro de otros procesos de recuperación.

El reacondicionamiento es el proceso de devolver un producto a su estado técnico original o “como nuevo” mediante la reparación de componentes estropeados y la sustitución o reparación preventiva de componentes que vayan a quedar obsoletos en breve.

La remanufactura es el proceso de devolver un producto al mismo o a un mejor estado que el original. El producto se reensambla utilizando las piezas que se hayan recuperado del producto original y piezas nuevas cuando haga falta. También incluye una fase de actualización para mejorar las prestaciones del producto respecto al original, por lo que la garantía del producto remanufacturado siempre es como la de un producto nuevo o incluso mejor.

Siguiendo estos procesos en la etapa del fin de la vida útil se crea un ciclo que permite volver a utilizar los materiales o productos, con el fin de evitar la generación y eliminación indiscriminada de residuos.

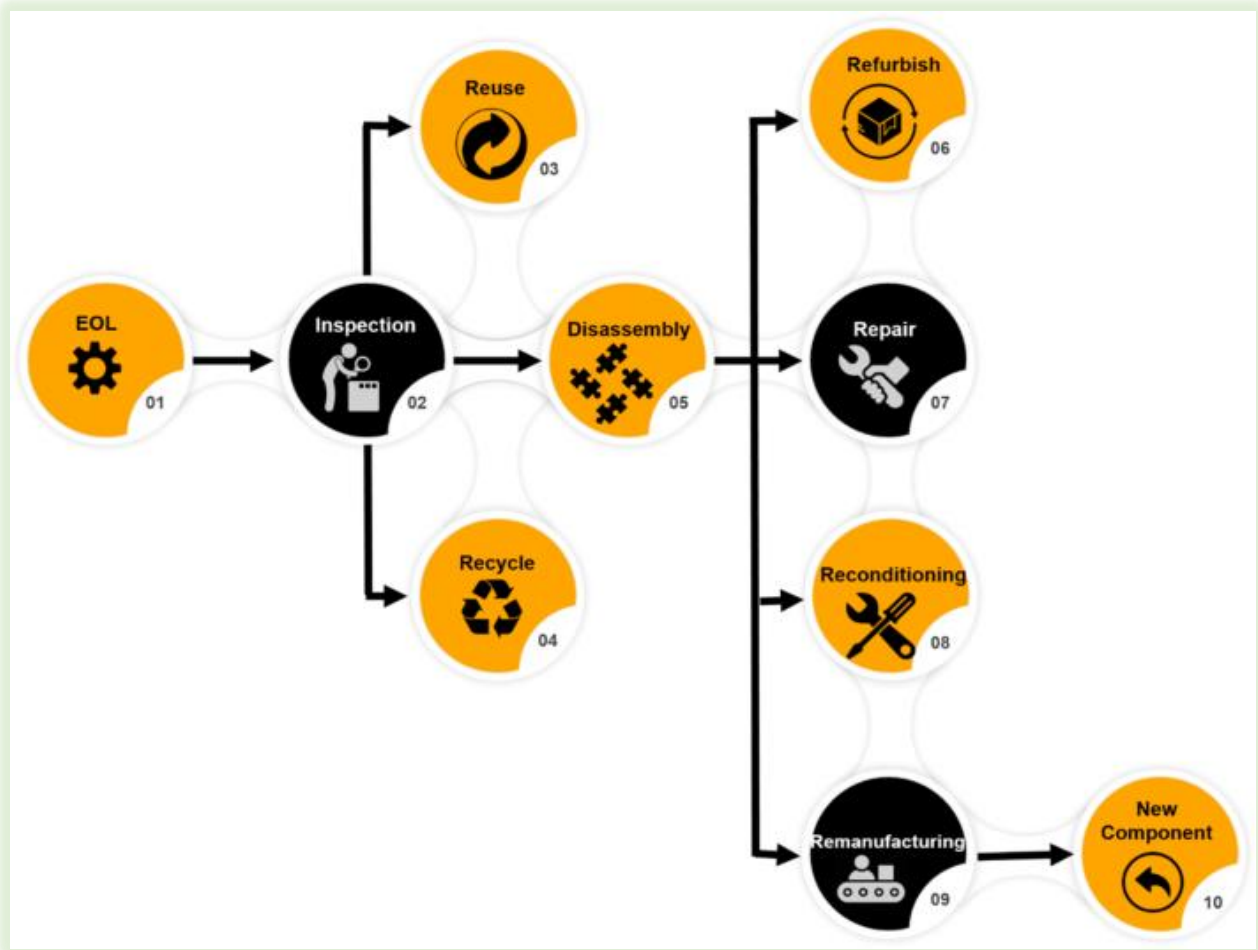


Figura 31 Modelo sostenible para la recuperación de productos (obtenido de Daniyan et al., 2021)

CAPÍTULO 6:
ECONOMÍA CIRCULAR

6. ECONOMÍA CIRCULAR

¿QUÉ ES LA ECONOMÍA CIRCULAR?

La economía circular surge como respuesta a la necesidad de buscar una alternativa al modelo económico lineal actual, basado en producir-consumir-tirar. Este modelo ha permitido una rápida aceleración industrial y cultural desde mediados del siglo XX, sin embargo, ha traído consigo consecuencias sociales, medioambientales e incluso económicas, negativas. Como respuesta a este modelo económico-productivo insostenible se está trabajando en implantar un nuevo modelo circular, eficiente en el uso de los recursos y la gestión de los residuos.

La economía circular es, por tanto, un sistema económico basado en mantener el valor de los productos y materiales durante el mayor tiempo posible. Impulsa un nuevo modelo cuyo fin es tratar de desvincular el desarrollo económico global del consumo de recursos finitos. Para ello, este modelo busca que los productos en su fin de uso puedan ser recuperados y reintroducidos en el sistema productivo en vez de desecharlos, alargando su vida útil durante ciclos consecutivos, y evitando así pérdidas innecesarias de material y energía. Así se obtiene un aprovechamiento completo tanto del producto como de sus recursos.

Por tanto, la economía circular ofrece numerosos beneficios para las empresas, como ahorros netos en costes de materiales o la creación de nuevas oportunidades de negocio. En el ámbito social, este modelo tiene el potencial de crear nuevos puestos de trabajo y oportunidades, que contribuyen a la integración y la cohesión social. Y, por último, implica múltiples beneficios para el medio ambiente como la disminución del uso de recursos y generación de residuos, reducción de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, de los impactos negativos sobre la biodiversidad o de la contaminación del suelo y el agua, entre otros. Los recursos limitados y la necesidad de su recuperación son una de las razones para el impulso hacia una economía circular que exige innovaciones tecnológicas, financieras, sociales y organizativas, con nuevas formas de gobernanza que permitan y animen a los agentes públicos y privados de todos los niveles a desempeñar su papel.

La economía circular en el sector de la máquina herramienta

El cambio hacia una economía circular requiere un papel destacado de la fabricación. Las máquinas herramienta intervienen en la mayoría de los productos manufacturados y, por tanto, tienen un papel esencial que desempeñar en la fabricación sostenible. Gracias a unas máquinas herramienta más precisas, eficientes y capaces, la industria manufacturera puede mejorar su productividad y la eficiencia de sus recursos. Así, la eficiencia medioambiental beneficia tanto a los fabricantes como a los usuarios: el usuario puede ahorrar en costes de material y energía gracias a la optimización de los procesos de producción, mientras que el fabricante puede obtener una ventaja competitiva al ofrecer productos de valor añadido.

En gran medida, el sector ya adopta los principios básicos circulares. La mejora continua del rendimiento, el mantenimiento, la actualización, el reacondicionamiento y el reciclaje son ya prácticas habituales en el sector, pero siempre hay espacio para mejorar. A este respecto, es importante tener en cuenta la heterogeneidad del sector desde el punto de vista de la estructura y los productos, lo que hace imposible aplicar medidas únicas para todos.

6.1 ECODISEÑO

El ecodiseño se define como la metodología que permite introducir las consideraciones medioambientales en el proceso de diseño de productos y servicios. No persigue fijar el medio ambiente como el único factor en la toma de decisiones, sino añadir un criterio más a considerar en la fase de diseño.

Según la Agencia Federal Alemana de Medioambiente (UBA), el 80 % del impacto ambiental de un producto a lo largo de todo su Ciclo de Vida queda condicionado en su etapa de diseño. Es por tanto ahí, en la fase de concepción del producto, donde debe analizarse cuál va a ser el impacto ambiental previsto y donde deben tomarse las decisiones de diseño oportunas para minimizarlo. Todo ello, desde un punto de vista holístico, es decir, teniendo en cuenta todo el Ciclo de Vida del producto o servicio.

Dada la naturaleza de la máquina herramienta, dentro del sector existen varios focos en los cuales la implementación del ecodiseño podría traer una mejora ambiental significativa. Las materias primas con las que se fabrican los productos, el diseño de las partes y piezas de las máquinas, los consumibles que se usan en el mecanizado y el consumo de energía destacan entre otros.

6.1.1 Materias primas más sostenibles

Con el objetivo de conseguir un sector más sostenible y colaborar para lograr una Europa competitiva que cumpla con los objetivos de sostenibilidad, es imprescindible maximizar la eficiencia de los recursos utilizados por la máquina herramienta. Para conseguirlo, medidas como reintroducir los residuos a la producción y reemplazar los materiales vírgenes con reciclados son indispensables si tenemos en cuenta que el 83 % de las máquinas están compuestas de materiales fácilmente reciclables (CECIMO, 2019).

El sector consume muchos materiales tanto para la misma producción y fabricación de las máquinas mismas como en su uso. Si a esto se le añade los recursos necesarios para la logística, aparece uno de los impactos más importantes del sector. Para aliviar este problema, se buscan materiales innovadores que reemplacen los convencionales, sin perder sus propiedades características indispensables para el correcto funcionamiento del mecanizado.

Entre la materia prima que consumen las máquinas se encuentran metales como el hierro y el acero. Para reducir el impacto generado en su producción, el desarrollo de nuevos procesos sostenibles para su obtención de forma "verde", es decir con un resultado neto de 0 CO₂, es el camino a seguir, sumándose a su reciclaje que ya está muy extendido.

Uno de los cambios posibles gracias al aumento de reciclaje de materiales como la fibra de carbono, es diseñar las máquinas herramientas con estos materiales en mente debido a sus propiedades y su disponibilidad. Así se consiguen mejoras tanto en producción como en uso mientras se utiliza un residuo poco explotado.

Dentro de las materias primas críticas utilizadas, destaca el tungsteno en forma de carburo en las herramientas mismas y el cobalto que se usa tanto como material a mecanizar como complemento en varios carburos y aleaciones. El carburo de tungsteno es un material difícil de reemplazar debido a sus propiedades indispensables en los mecanizados, por eso hay que impulsar la reducción de su uso y el reemplazo con alternativas. El cobalto es difícil de recuperar debido a las pequeñas cantidades en las que se usa y muy difícil de substituir en el sector, ya que normalmente suele estar combinado con otros metales formando superaleaciones con propiedades específicas. Una de las formas de recuperar tanto el tungsteno como el cobalto es aprovechar los residuos del mecanizado en forma de polvos para así poder reutilizarlos en la fabricación aditiva.

Sostenibilidad en la manufactura aditiva gracias a polvos más sostenibles



Logo de 6K



6K de North Andover (Massachusetts), anunció que su tecnología de plasma basada en microondas UniMelt puede tomar chatarra industrial metálica, aleada y cerámica y convertirla en polvos para AM y otros usos como el moldeo por inyección de metales y el prensado isostático en caliente. Además, la empresa afirma que puede fabricar un número infinito de polvos de aleación para la impresión 3D.

Este sistema ayudara en la producción de polvo ya que es normalmente ineficiente y supone un despilfarro. Esta recuperación de material no fácilmente reciclable es especialmente atractiva para materias primas críticas como el tungsteno o el cobalto y aleaciones de metales raros.

El reciclaje de la fibra de carbono se desarrolla como industria



Cadena de valor Termoplásticos de FC reciclada para la fabricación aditiva. Fuente: Vartega

Debido al aumento de residuos por producción de polímeros reforzados con fibra de carbono (CFRP) se espera que el tamaño del mercado mundial de fibra de carbono reciclada crezca con una tasa anual de crecimiento compuesto del 12 % durante 2020-2025. La fibra de carbono reciclada cuesta aproximadamente la mitad con la misma calidad como el material virgen. Sabiendo que se crean piezas reforzadas con fibra de vidrio y moldeadas por inyección se pueden usar la fibra de carbono (FC) reciclada utilizando menos para conseguir las mismas propiedades mecánicas.

En las máquinas herramienta la FC puede ser usada para crear piezas más ligeras y rígidas, y mejorar la amortiguación con propiedades amortiguadoras 20 veces superiores a las del acero. El resultado final será máquinas que funcionen más rápido, con mayor precisión y fiabilidad. Con el obstáculo del coste habitual reducido gracias al mercado de FC reciclada, se facilita así el reemplazo de materias primas claves usadas en las máquinas.

6.1.2 Piezas ecodiseñadas

El cambio necesario para ahorrarse el 80 % de los impactos generados por una máquina herramienta se basa en ecodiseñar sus componentes y piezas. Los aspectos del ciclo de vida del producto que deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar estas partes incluyen cómo se producirá, enviará, instalará, utilizará, mantendrá y retirará o reciclará el producto. El diseño para la manufactura (DFM), es la principal guía de diseño que se ha seguido desde la revolución industrial y que basó sus principios en la estandarización de piezas, características y componentes mediante las tolerancias (Moultrie & Maier, 2014). Siendo el objetivo fundamental reducir el coste global de fabricación. Otro aspecto crítico en el DFM es la reducción del número de piezas y la reducción del coste de fabricación. Menos piezas significan menos compras, inventario, tiempo de manipulación y procesamiento, tiempo de desarrollo, equipos utilizados o necesarios etc.

Esto se consigue principalmente mediante el enfoque de diseño para el montaje (DFA). Gracias a la combinación de piezas como las que no se mueven entre sí o las que pueden fabricarse con el mismo material, se consigue un ahorro de materiales y costes facilitando también el proceso de montaje y su posterior desensamblaje. Todo esto sigue la demanda que ha provocado el rápido cambio en las necesidades de los clientes, centrada en la tecnología de fabricación reconfigurable (Sibanda et al., 2019).

Siguiendo estos criterios de diseño y gracias a la utilización de nuevos materiales, se puede lograr conseguir unas máquinas herramientas de menos piezas, con una masa y unos volúmenes menores, más fáciles de transportar y montar ya que el peso y la complejidad de las máquinas son una de las vertientes que más importancia tienen durante el diseño con respecto al transporte y la logística.

Dentro de la cuestión del peso, una de las partes más pesadas es el bastidor o los cimientos de las máquinas ya que, normalmente, es de hierro fundido con guías de acero. Con el uso de tecnología de impresión 3D y nuevos materiales desarrollados para mejorar las propiedades de los cimientos, el reemplazo de materia prima a la vez que el peso de este componente se han vuelto una realidad. Este cambio ayudara en la instalación, el transporte y las posibles operaciones de mantenimiento logrando una máquina más manipulable.

En cuanto a diseño que afecta a materias primas críticas se refiere, la reducción del consumo de tungsteno pasa por recurrir a piezas de nuevos materiales que puedan cubrir las mismas necesidades, o al uso de insertos gracias al modularidad.

De herramientas de carburo sólido a insertos: la flexibilidad de las herramientas modulares



Las nuevas brocas GEN3SYS XT Pro de Allied



En la elección entre fresas y brocas de punta reemplazable o de herramientas de carburo sólido hay que tener en cuenta que el tungsteno es un material incluido en la lista de materias primas críticas de la Unión Europea. Por eso el uso de herramientas de punta reemplazable ayuda en la reducción de su uso e inventario.

Además, las herramientas de punta reemplazable proporcionan una reducción significativa en los tiempos de preparación con cambios de herramienta rápidos y fáciles. En cuanto al rendimiento, las nuevas tecnologías de los insertos habilitan resultados similares incluso con mejoras en ciertos casos (reducción del coste por orificio en un 108 %, aumentó de vida útil en un 233 %). A estas ganancias también hay que añadir la reducción del impacto ambiental.

Avances tecnológicos en fresas de cerámica



Fresa de cerámica perforando acero

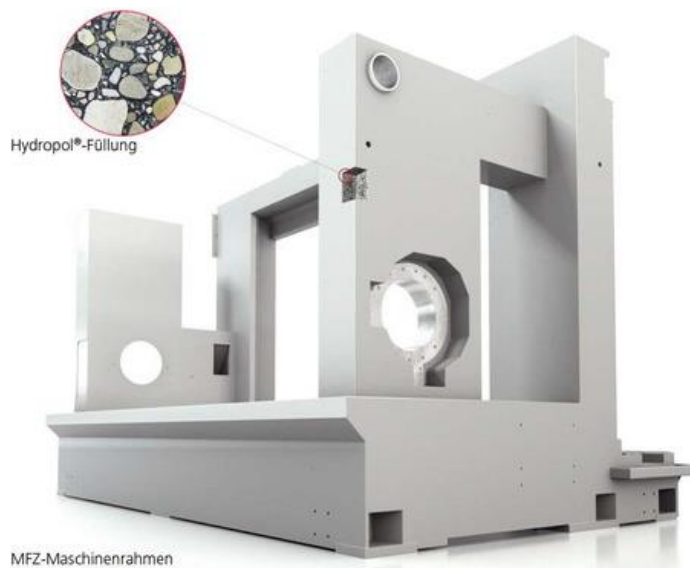


Las herramientas de corte de cerámica se utilizan para el mecanizado de metales muy duros pero las innovaciones en la tenacidad de la cerámica ofrecen la posibilidad de ampliar drásticamente la aplicabilidad de las herramientas cerámicas en el fresado. La línea "Xsytin 360 SiAlON" (una cerámica que combina silicio, aluminio, oxígeno y nitrógeno) ayudará a reducir el uso de carburos. Gracias a un proceso patentado de endurecimiento de fases que permite un mayor control sobre la formación del material cerámico, se logra una combinación que se acerca más a las necesidades del mecanizado general. Además, estas herramientas no necesitan la intensidad típica de la cerámica que suelen funcionar a velocidades muy altas (y en seco) para lograr un rendimiento óptimo.

En comparación con el carburo, la herramienta muestra una mejora de la productividad del orden de un factor 10 en el fresado de aceros duros, superaleaciones y otros materiales duros, reduciendo el coste energético y el agotamiento de recursos que conlleva la creación de nuevas fresas.

Aun así, estas fresas de cerámica no pueden sustituir al carburo completamente, pero es un competidor del carburo de una manera en la que las herramientas redondas de cerámica no lo han sido antes.

Hydropol®: La innovación para los bastidores de las máquinas herramientas



Cimentación de framag con HYDROPOL® para una fresadora. Fuente: framag

Los bastidores son la base necesaria para garantizar que el proceso de manufactura procede sin problemas. HYDROPOL® es una combinación de carcasa de acero rellena de material compuesto especial desarrollado por framag con propiedades de amortiguación de vibraciones como característica principal, diseñando los bastidores a petición del cliente.

La capacidad de introducir sensores en estos bastidores habilita la recopilación de datos para cerciorarse del correcto funcionamiento de la máquina.

En lo que corresponde a las mejoras medioambientales conseguidas, la producción de un bastidor de máquina HYDROPOL® genera 2/3 menos de CO₂ en comparación con un bastidor convencional con una reducción del desgaste entre el 15 y el 20 % mejorando también el acabado de superficie.

El material presenta un mejor factor de amortiguación que el hierro fundido siendo reciclable y accesible con una producción hasta 25 veces mejor que el de hierro fundido gris para bastidores. Gracias a esta amortiguación se evitan tanto las vibraciones indeseadas como una reducción del ruido durante la mecanización. En cuanto al fin de vida, no es necesario eliminarlo por separado.

6.1.3 Fluidos de corte de menor impacto

La máquina herramienta genera el mayor impacto medioambiental de su ciclo de vida en la fase de uso debido en gran medida a su consumo energético. Aun así, otro de los impactos ambientales de la fase de uso es debido al uso de los consumibles en los procesos de mecanizado. Estos incluyen productos químicos como las taladrinas, los refrigerantes y los aceites.

Muchos de estos productos químicos pueden tener componentes que estén bajo la vigilancia del REACH debido a su toxicidad y estructura química, sin mencionar la necesidad de gestionarlos separadamente como residuos especiales. No obstante, el uso de estas sustancias es necesaria para el correcto funcionamiento y mantenimiento de las máquinas durante su actividad, mejorando tanto la eficiencia de los procesos como su vida útil, aplicadas de forma apropiada. Este estatus quo rara vez es cuestionado dada la complejidad de las diferentes máquinas y sus mecanizados aun cuando existen soluciones personalizadas para la mayoría.

Desde la reducción aplicando el MQL (cantidad mínima de lubricación) sin perder las ventajas de las taladrinas, hasta el mecanizado en seco, pasando por las mejoras tecnológicas aplicables a los compuestos como el uso de nanotecnología, estas opciones pueden ofrecer mejoras en la eficiencia energética de la máquina proporcionando mejoras medioambientales en todos los casos.

Otra alternativa al uso de consumibles es la utilización de procesos de refrigeración. El calor generado en algunos procesos de mecanizado puede poner en riesgo a las herramientas y los insertos utilizados, reduciendo drásticamente tanto su eficiencia y funcionamiento como su vida útil. Esto se puede evitar mediante la refrigeración basada en el uso de gases como el CO₂ licuado, el oxígeno o el nitrógeno líquido entre otros, evitando así el uso de taladrinas.

Nuevas tecnologías en refrigeración para máquinas herramientas



Fresa monobloque PCD con opción "cool-injection" para el máximo aprovechamiento en la producción en serie para el tratamiento del aluminio.

El fresado de aluminio de alto rendimiento requiere una protección especial del filo de diamante contra calor. Para solucionar este problema, Lach Diamant, en colaboración con Audi, ha desarrollado el sistema "cool-injection", donde el chorro de refrigeración que sale de la herramienta se conduce a través del filo de corte de diamante directamente a la viruta que se genera. Este nuevo sistema aumenta la vida útil de los insertos intercambiables y, por tanto, reduce los costes de las herramientas.

Gracias a este tipo de refrigeración se pueden llevar a cabo múltiples procesos en sucesión mejorando así la eficiencia.

CryoMQL: Avance en la refrigeración del mecanizado



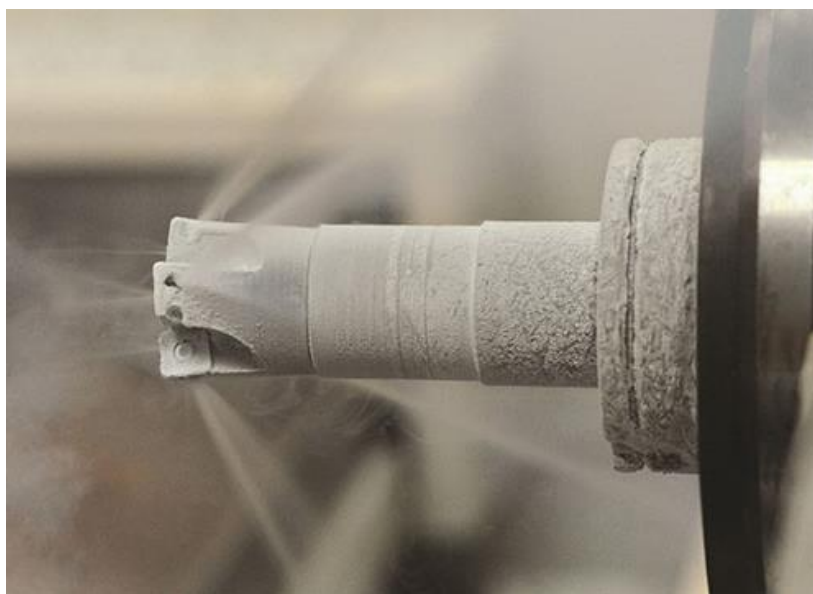
El montaje experimental para los ensayos

La UPV/EHU junto con Tecnalía y con la colaboración de varias empresas bajo el proyecto Hazitek-HardCraft buscan un proceso de mecanizado de filosofía ECO2 (Ecología + Economía) con la combinación de la refrigeración CryoMQL con fresas de diamante policristalino (PCD) para el mecanizado de alta velocidad.

El uso de la tecnología CryoMQL se basa en usar CO₂ licuado reciclado, junto con aceite biodegradable pulverizado. El control de temperatura obtenido habilita el uso de herramientas como el PCD sin que exista problemas de difusión o relacionados con altas temperaturas.

Además, el equipo de refrigeración habilita la refrigeración criogénica con CO₂ o la lubricación MQL en modo 'stand alone'. Los resultados muestran velocidades de corte hasta 75 % más altas que las convencionales en la industria sin que la herramienta presentase ninguna marca de debilidad consiguiendo así una mejora en eficiencia y una reducción de taladrinas.

El mecanizado criogénico cambia las reglas del juego en la industria aeronáutica



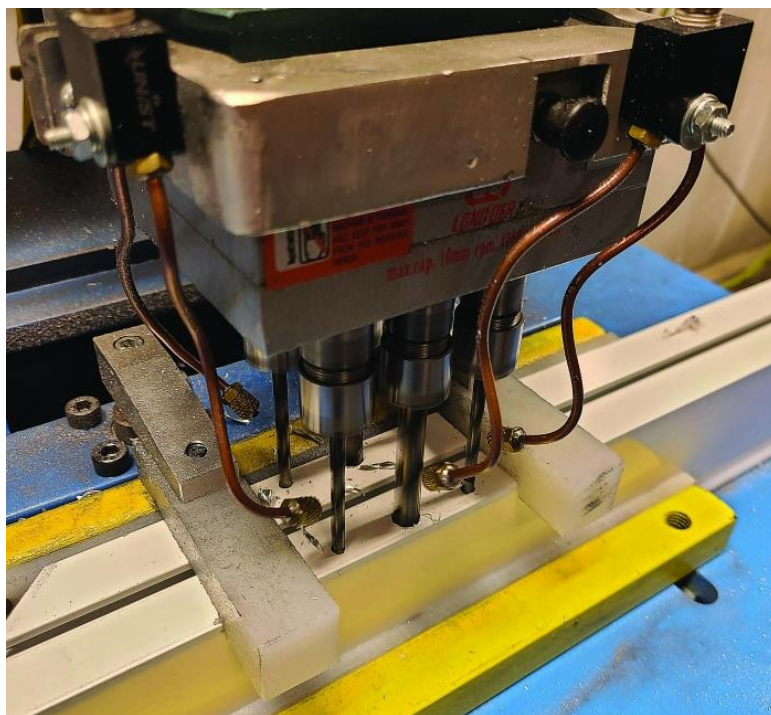
El sistema Criogénico 5ME® en uso en un proceso de mecanizado

El calor producido en el mecanizado de materiales duros es uno de los principales problemas a los que se enfrenta el sector aeroespacial. Con la eliminación de ese calor se obtendrían tiempos de ciclo más rápidos, mayor vida útil de las herramientas y mayor calidad de las piezas.

Respondiendo a este problema el exclusivo proceso de mecanizado criogénico patentado de 5ME® permite mayores tasas de eliminación de metal y una mayor vida útil de la herramienta mediante el suministro de nitrógeno líquido a -196°C a través del husillo/torreta, el cuerpo de la fresa, la herramienta de corte y directamente al filo de corte.

Las ventajas pasan por reducciones de hasta el 50 % en el tiempo de los ciclos, un menor coste de la vida útil de la herramienta por pieza individual y un ahorro ambiental al eliminar los fluidos de corte y reducir el consumo de energía.

MQL: Los beneficios de aplicar la cantidad mínima de lubricante



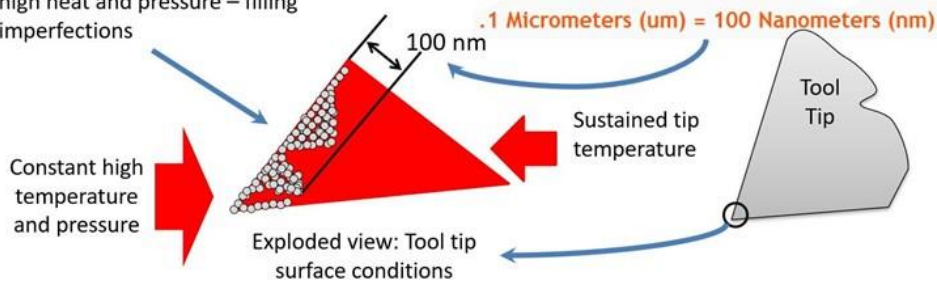
El taladro de 6gangs de PCA Products está equipado con un sistema Unist MQL con tres bombas que se activan mediante PLC a tres boquillas divididas.

La mínima cantidad de lubricación (MQL, por sus siglas en inglés) tiene un largo historial de eficacia. Por ejemplo, en comparación a la pulverización manual, que deposita una cantidad inconsistente de lubricante y el exceso hace que las virutas se peguen haciendo que el proceso de limpieza sea difícil y lleve mucho tiempo, la MQL hace que la herramienta permanezca lo suficientemente seca como para soplar las virutas con una manguera de aire simplificando el proceso de limpieza y recogida. Así se logra una vida útil casi duplicada en comparación con la pulverización manual.

Al obvio beneficio económico obtenido gracias a la reducción de consumo de lubricante, la mejora en eficiencia de los procesos y la menor necesidad de interrupciones para limpiar las herramientas, hay que añadir los beneficios ambientales derivados del cambio.

Nanotecnología para redefinir el líquido de tratamiento del metal

10 nm nano-onions impinged into surface due to constant high heat and pressure – filling imperfections



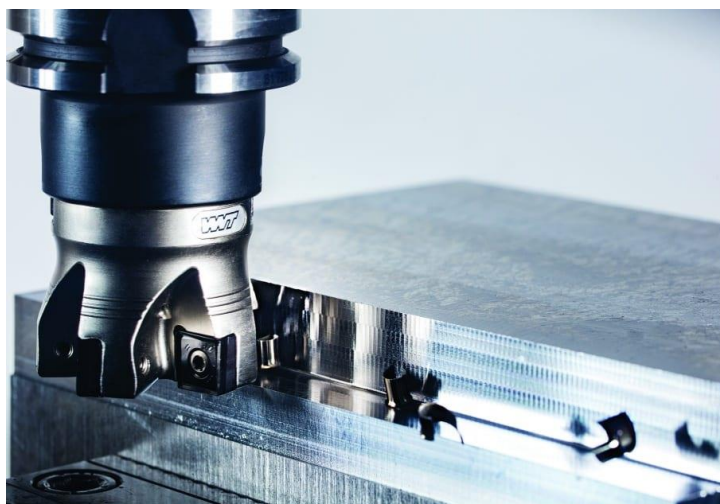
La papilla de amortiguación entre la herramienta y el material de la pieza se hace más eficaz a medida que el nanomaterial se descompone bajo las fuerzas de cizallamiento (Fuente: Tool-X LLC)

Tool-X ha fabricado un fluido de corte cuya clave son partículas de carbono de tamaño submicrónico conocidas como "nanocébollas" que ofrecen una alternativa a las combinaciones químicas que atraen a las bacterias para refrigerar y lubricar las piezas. Además de reducir el mantenimiento, la vida útil de las herramientas aumentó en un 30 % inmediatamente después de cambiar el refrigerante por el nanofluido con ganancias superiores al 100 % en algunas aplicaciones.

Según un estudio publicado por General Motor, el cambio a nano fluidos es "ideal para materiales difíciles de mecanizar", citando mejoras en el control de la viruta, el desgaste del flanco, la acumulación en los bordes (métricas para evaluar el rendimiento del refrigerante) y el acabado de la superficie.

Las nanopartículas vienen integradas en un producto en vez de ser un aditivo para taladrinas siendo destacable la química del producto ya que las partículas hacen todo el trabajo. Siendo así más respetuoso con el medioambiente, más rentable de mantener y más fácil de eliminar que otros fluidos.

Las ventajas del mecanizado en seco



Fresado en seco de una máquina WNT



Gracias a los revestimientos modernos el costoso utillaje no se ve gravemente afectado por el calor. Sin embargo, el choque térmico, las variaciones rápidas de temperatura, debilita las herramientas, y reduce su vida útil más que las altas temperaturas. Así, el problema de utilizar refrigerante para el fresado específicamente es este choque térmico. El choque térmico rompe el filo de corte mucho más rápido que si se deja funcionar en caliente todo el tiempo.

Debido a esto, el mecanizado en seco es cada vez más frecuente, especialmente en el fresado que es el principal beneficiado. El cambio al mecanizado en seco posee cuatro factores principales: la eliminación del ciclo de choque térmico que implica una mayor vida útil; el coste del refrigerante; los residuos de refrigerante que requieren una eliminación profesional; y la salud del operario.

Aunque el torneado en seco es poco frecuente, algunas empresas de ingeniería lo utilizan ya que las ventajas típicas del uso de refrigerante no son relevantes para ellos, al rematar las piezas más tarde en procesos subsiguientes.

Todas estas ventajas hacen del mecanizado en seco una alternativa valiosa, especialmente en términos de sostenibilidad medioambiental y ahorro de costes.

6.1.4 Eficiencia energética

Como se ha mencionado con anterioridad la eficiencia energética de las máquinas herramientas es una de las claves imprescindibles a la hora de reducir los impactos medioambientales generados. Para conseguir una mejora en este campo las nuevas tecnologías suelen ser el camino por seguir ya que el mismo motor de la máquina es el responsable del consumo energético, por lo que cualquier optimización en el repercutirá directamente en la eficiencia energética. Sin embargo, este método solo logra obtener mejoras poco significativas con pequeños porcentajes en las reducciones del consumo sin afectar directamente a la operatividad de la máquina y no tiene en cuenta los sistemas auxiliares y su consumo.

Es por eso por lo que nuevas tecnologías que buscan reducir el consumo con otros métodos están saliendo a la luz. Desde mecanismos mecánicos que se implementan en la misma máquina para aprovechar los potenciales energéticos como los sistemas de recuperación de energía cinética (KERS), hasta el uso de sistemas digitales e inteligencia artificial que se valgan de los datos obtenidos y recopilados de los procesos para diseñar y localizar los momentos óptimos en la fabricación.

La otra forma alternativa que no se basa en la modificación de la máquina misma, es el uso de energía que proceda de fuentes renovables que repercuta en un impacto ambiental neto nulo. Esta medida debe ser tomada por parte del usuario del producto ya que el impacto ambiental relacionado con el consumo energético se produce durante el uso.

Nueva máquina híbrida de Engel con sistema de recuperación y eficiencia de energía



La e-speed 420 de Engel



Engel ha presentado la e-speed 420/90, una máquina de moldeo por inyección híbrida con una sujeción totalmente eléctrica y un sistema de recuperación de energía.

El sistema de recuperación de energía funciona absorbiendo la energía de frenado de los movimientos de la platina y devolviendo esa energía almacenada al motor, favoreciendo la eficiencia del uso de la energía implicada en el proceso por medio de la cinética misma.

Máquina de moldeo vertical eléctrica, innovación en el moldeo



La máquina de moldeo vertical e-MMV de Loramendi

Loramendi ha creado la primera máquina de moldeo vertical que está accionada completamente por energía eléctrica. Al no necesitar agua, ni sistema hidráulico, ni ese mantenimiento los costes y los impactos se ven reducidos.

Entre las mejoras ambientales obtenidas publicadas en la ficha del Catálogo de productos circulares fabricados en Euskadi de Ihobe destacan:

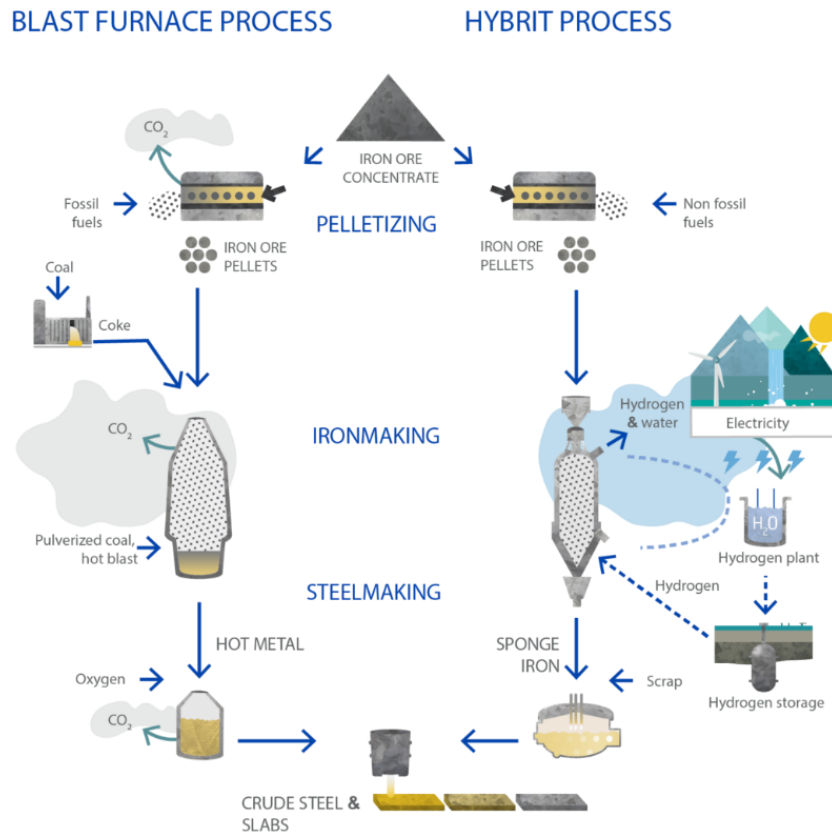
- La reducción de un 73% en el consumo energético por pieza producida. Disminuyendo así el impacto en la fase de uso.
- La reducción de un 96% en el CO2 equivalente durante el periodo de uso y un accionamiento tipo "Start-Stop" que contribuye al ahorro del consumo.
- La reducción de un 9,5% en el CO2 equivalente en la fase de producción de la máquina, mejorando así en la manufacturación de esta.

6.2 PROVEEDORES MÁS SOSTENIBLES

Para lograr una circularidad completa es imprescindible integrar la cadena de valor al completo en las mejoras ambientales necesarias. Como el sector de la máquina herramienta depende fuertemente de sus suministradores para que funcione de forma correcta, los cambios deben comenzar ahí. Debido a su disposición, la industria de la máquina herramienta es especialmente propensa a la amplificación de variaciones, como la demanda de los consumidores y los pedidos de bienes de equipo de los fabricantes, siendo imprescindible asegurar los abastecimientos para cumplir con los objetivos de demandas. La volatilidad en la logística supone el mayor obstáculo para garantizar un continuo flujo de materiales sobre todo si estos provienen de un mercado propenso a la inestabilidad. Una de las soluciones que se ha planteado es la reubicación de los proveedores a lugares más cercanos para fortalecer el mercado local y reducir los tiempos de espera necesarios a la vez que se reducirían los impactos asociados al transporte.

Otra vertiente que puede afectar al sector de la máquina herramienta en la cadena de valor es la falta de opciones en la elección de proveedores que puedan demostrar y justificar su sostenibilidad. Por consiguiente, y teniendo en cuenta el peso que presenta la sostenibilidad en el mercado, les interesa a los fabricantes de máquinas herramientas que sus proveedores adapten el uso de registros de sostenibilidad.

HYBRIT: La innovación en la producción de hierro y acero



Comparación de la manufactura de acero de forma tradicional vs el modelo de HYBRIT

Dado el peso de la industria siderúrgica en las emisiones de CO₂, SSAB, LKAB y Vattenfall, con el apoyo financiero de la Agencia Sueca de la Energía, han puesto en marcha la iniciativa HYBRIT cuyo objetivo es una cadena de valor unificada, desde la mina hasta el acero sin fósiles.

Este proyecto se basa en un proceso de reducción del mineral de hierro utilizando hidrógeno sin fósiles, que se escinde del agua en la electrólisis reemplazando así el uso de carbón y coque en hornos industriales a la vez que se trabaja en la producción de pellets con combustibles no fósiles para lograr pellets de mineral de hierro. Usando los pellets y el hidrógeno se puede lograr así un acero con agua como única emisión. Con este sistema se plantea reemplazar todos los hornos de las fábricas tradicionales de acero a hornos eléctricos y verdes.

Generar hierro sin CO₂

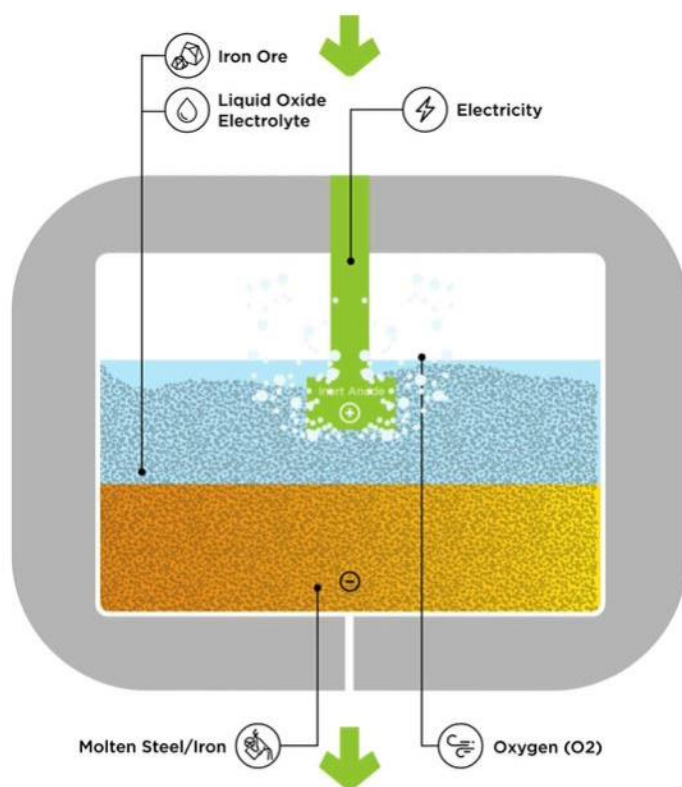


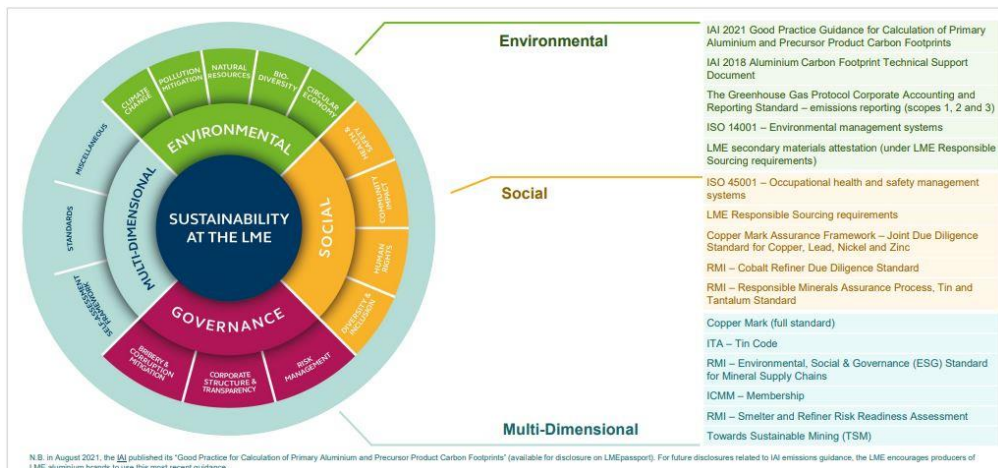
Diagrama explicativo del Proceso MOE Fuente: Boston Metal

Boston Metal ha desarrollado un proceso de electrólisis para fabricar acero mediante el uso de la electrólisis. Así se utiliza la corriente eléctrica directa para separar los compuestos químicos en sus partes constituyentes, con la siguiente fórmula: Mineral de hierro + electricidad = hierro líquido + oxígeno.

Esta tecnología denominada electrólisis de óxido fundido (MOE) es más sencilla, inteligente y ecológica que la fabricación de acero convencional y consiguiendo un metal líquido limpio y de gran pureza que puede enviarse directamente a la metalurgia secundaria. Además, de ser energéticamente eficiente, puede convertir los finos de mineral de hierro de baja y media calidad directamente en hierro fundido de alta pureza, permitiendo un mayor suministro posible de materia prima. Adicionalmente, la capacidad modular del sistema habilita el poder escalar para cumplir los objetivos de capacidad de producción.

Gracias a esta tecnología se podrían combatir los desafíos presentes en el reto de las emisiones de carbono al que se enfrenta la cadena de valor del acero.

Las mineras publican sus emisiones de CO2 en el registro de sostenibilidad de la LME



Declaraciones de Sostenibilidad en el LMEpassport Fuente: LME

Nueve productores de metales han revelado sus emisiones de carbono en el registro digital de la Bolsa de Metales de Londres (LME). El registro, conocido como LMEpassport, está dirigido a los usuarios de la bolsa que quieran apoyar la transición energética. Es electrónico e incluye los certificados de análisis (CoA) y credenciales digitales de la LME. A través del registro las empresas publican la huella de carbono del metal u otras credenciales de abastecimiento.

El registro es una taxonomía de sostenibilidad diseñada para garantizar que se puedan reflejar todos los aspectos del mundo de la sostenibilidad y, fundamentalmente, las formas en que las marcas que cotizan en la LME se han movido para abordarlos pudiendo así informar a los clientes su sostenibilidad.

IZAR contrata energía con garantía de origen renovable.



Logotipo de IZAR



IZAR cutting tools, una de las empresas líder del sector máquina herramienta ha conseguido un contrato de compra de energía con garantía de origen renovable, consiguiendo así emisiones cero, que ayudará a reducir significativamente el impacto ambiental de sus actividades.

6.3 INDUSTRIA 4.0 AL SERVICIO DE LA ECOEFICIENCIA

La Industria 4.0 implica la promesa de una nueva revolución que combina técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integrarán en las organizaciones, las personas y los activos. También conocida como la revolución de la automatización, en la industria 4.0 las máquinas pueden gobernarse en gran medida a sí mismas, mediante el uso de tecnologías de Internet, o "el Internet de las cosas". Otras características de la Industria 4.0 son el uso de la tecnología en la nube y la importancia de los big data. Entre los cambios que traerá esta transición podemos encontrar: El mantenimiento predictivo, la mejora del uso y la prevención de un uso inadecuado, los ahorros energéticos, la mejora del control de calidad y el cambio en el rol de los trabajadores (Market Prospects, 2020a).

La I+D+i es la piedra angular de un sector de máquina herramienta sostenible ya que el sector se caracteriza por la continua inversión de sus empresas en innovación, investigación y desarrollo. Esta tendencia hacia una mayor digitalización, permitida por los avances en datos, análisis y conectividad, ofrece inmensas oportunidades para la realización de una fabricación sostenible y que ahorre recursos. La mejora en la recopilación y el uso de datos permite optimizar las operaciones empresariales, maximizar la eficiencia energética y utilizar menos recursos de forma más eficiente. Por lo tanto, las tecnologías digitales son fundamentales para lograr un cambio hacia un sector de fabricación más circular.

6.3.1 Nuevas tecnologías/procesos

Gracias a las nuevas tecnologías digitales, las máquinas logran recolectar y comunicar información en tiempo real habilitando así la capacidad de respuesta inmediata a cualquier circunstancia. Mediante esta fuente de datos, los procesos pueden ser optimizados reduciendo tanto residuos como tiempos de producción.

Otra de las ventajas creada por las nuevas tecnologías es la capacidad de simular una máquina digitalmente, también conocido como un gemelo digital. Estos gemelos digitales facilitan el desarrollo de nuevos procesos o de cambios en un proceso existente para lograr mejoras sin tener que manipular la máquina físicamente. Como resultado se reducen de forma significativa todas las pruebas y test físicos antes de dar comienzo a la producción, acelerando el tiempo necesario para lanzar nuevos productos al mercado y reducir los recursos necesarios en la fase de desarrollo. Es importante añadir que no solo se pueden crear gemelos digitales de una máquina sino de procesos enteros que engloben todo el entorno de producción, generando así una réplica virtual de lo que ocurre en la fábrica en tiempo cuasi real.

La aplicación de la inteligencia artificial en el sector esta propiciada por el uso extendido de sensores y cámaras en las instalaciones y en las propias máquinas herramientas. Así, valorando y analizando los datos recibidos usando algoritmos de simulación, las IAs proporcionan servicios como mantenimiento predictivo, mejoras y detección de fallos en procesos y mucho más.

Nuevas tecnologías y procesos se encuentran en continuo desarrollo aportando mejoras significativas a diferentes áreas del sector, siendo fundamental un seguimiento de las innovaciones.

Máquinas de procesamiento láser 3D, tendencia en las herramientas de corte



Machine tool manufacturers are producing 3D laser processing machines to reduce processing time for laser cutting and welding applications. 3D laser is a 5-axle laser machine which cuts sheet-metal components in three dimensions.

Expected **Growth Rate**
Through 2025

8%

Expected **Market Size**
By 2025

**\$101.09
Billion**



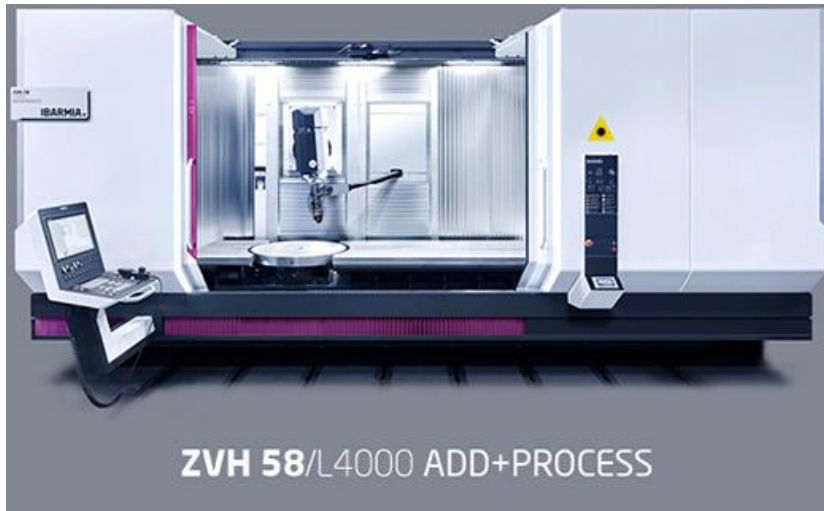
Esquema explicando el prospecto a futuro de las máquinas de procesamiento láser 3D. Fuente: Informe sobre el mercado mundial de accesorios para herramientas de corte y máquinas herramienta 2021

Fabricantes de máquinas-herramienta están produciendo máquinas de procesamiento láser 3D para reducir el tiempo de procesamiento de las aplicaciones de corte y soldadura por láser. El láser 3D es una máquina láser de 5 ejes que corta componentes de chapa en tres dimensiones permitiendo cortar metales como el acero dulce, el acero inoxidable y el aluminio, reduciendo considerablemente el tiempo de procesamiento necesario para las aplicaciones de corte y, por tanto, los costes.

Otras ventajas son la entrada de energía láser localizada, la alta velocidad de avance y la mínima entrada de calor, convirtiéndose en una opción muy perseguida en el mercado en la industria automovilística y aeroespacial.

Las máquinas de corte por láser representan el mayor segmento del mercado de maquinaria de corte de metales, lo que indica un aumento significativo del uso de esta tecnología.

IBARMIA participa en el proyecto europeo Paraddise de fabricación híbrida



La máquina ZVH 58/4000 de IBARMIA integrada con el ADD+PROCESS

En el ámbito de la fabricación aditiva, IBARMIA ha participado en el proyecto europeo PARADDISE, donde se ha desarrollado una tecnología de fabricación híbrida que combina la AM, deposición láser de metales (LMD), y los procesos de mecanizado - fresado y torneado – convencionales. Estas máquinas híbridas se plantean como la solución industrial para producir componentes de alta complejidad, al agrupar múltiples procesos una sola máquina.

La tecnología ADD+PROCESS se ha integrado en la máquina ZVH 45/1600 de IBARMIA un centro de mecanizado de 5-ejes de alta productividad. Adicionalmente el sistema de reciclaje de polvo metálico reutiliza el polvo desperdiciado en la LMD, que puede llegar al 80 % en función de la configuración y el tamaño del punto.

Este avance ofrece a los fabricantes de componentes metálicos de valor agregado la oportunidad de producir piezas de alta calidad, utilizando menos recursos materiales y energéticos.

La manufacturación metamórfica: ¿La tercera ola de digitalización?



Los elementos STARC de Sensores, Control Térmico, Actuadores, Robótica y Computación siendo utilizados en una célula metamórfica.

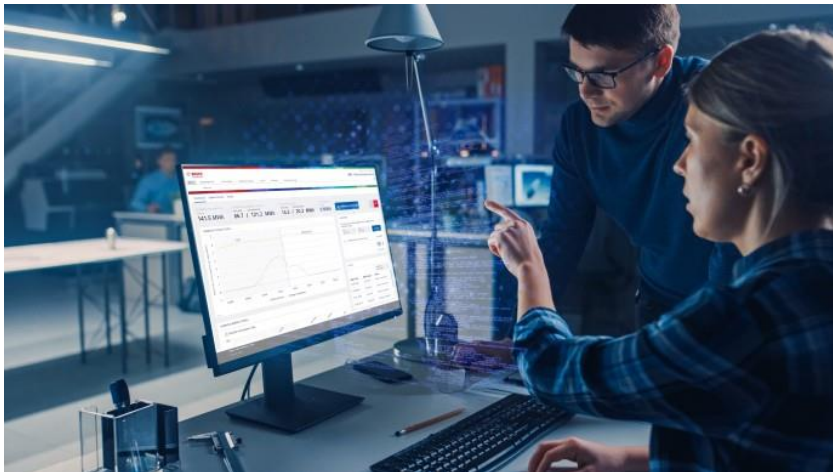
La fabricación metamórfica, también conocida como herramienta robotizada, está preparada para aportar un tiempo de comercialización más rápido, menos desperdicio de material, más materiales disponibles, menos energía utilizada y más control ya que con la ayuda de robots, la herramienta se está trasladando a las fábricas, donde se la considera la tercera ola de la fabricación digital, después del mecanizado CNC y la fabricación aditiva.

Gracias a los sensores integrados el control de calidad se realiza en tiempo real además primero todo se lleva a cabo en simulación, asegurando que funciona y reduciendo el desperdicio gracias al control directo en tiempo real.

La forja en molde cerrado es un proceso largo y complicado, que se suele llevar a cabo en el sudeste asiático y que es susceptible a fallos de comunicación o errores que lo pueden ralentizar drásticamente. Así el poder trasladar la manufactura de ciertas piezas críticas a regiones locales, ayudaría tanto con el tiempo y gasto necesario para el transporte y su logística como a reducir el impacto medioambiental generado para el traslado.

Los casos de uso más convincentes son aquellos en los que se necesitan urgentemente pequeñas cantidades de piezas grandes. Con la automatización gracias al aprendizaje automático de robots se podrán acelerar los plazos de entrega para todo tipo de operaciones y así disminuir la dependencia de las cadenas de suministro globales que es un factor indispensable para la estabilidad de la industria a presente y futuro.

Bosch desarrolla soluciones de IA para la mejora de instalaciones



Red de Equilibrio Energético en hipotético uso. Fuente: Bosch

Bosch ha diseñado Machine Vision AI, una plataforma de aplicación para la inspección visual de piezas de trabajo basada en máquinas que ayuda a detectar características difíciles de identificar, como araños y astillados o defectos en los cordones de soldadura. Las características más destacadas de esta solución son su facilidad de uso y su alta reproducibilidad.

La IA también ayuda a que la fabricación sea más respetuosa con los recursos gracias a la Plataforma de Energía que utiliza algoritmos inteligentes para detectar rápidamente el consumo de energía de las máquinas y amortiguar los picos de carga, que es donde normalmente se produce un uso energético no supervisado.

Adicionalmente la Red de Equilibrio Energético es una solución de software que utiliza la IA para controlar y optimizar los flujos de energía en las operaciones de fabricación aumentando la eficiencia energética, aprovechando la energía procedente de fuentes renovables y elaborando programas de funcionamiento flexibles.

DIFOMAC: Proyecto Europeo para la Modularización de las máquinas herramienta



Infografía de DIMOFAC desde los socios implicados hasta los beneficios industriales que aportará.

DIMOFAC es una iniciativa europea que nació para ayudar a las fábricas a implantar una arquitectura de fábrica inteligente que les permita ser más reactivas ante una demanda personalizada y una dinámica de mercado cambiante y se desarrollará desde octubre de 2019 hasta 2023.

Se desarrollarán el modularidad, la adaptabilidad y la capacidad de respuesta de una línea de producción mediante la integración de módulos Plug-and-Produce apoyando la adaptación, optimización y mejora continuas de la producción, de forma rápida y flexible.

Dentro de la iniciativa encontramos la Fábrica Modular DIMOFAC en respuesta al siguiente contexto:

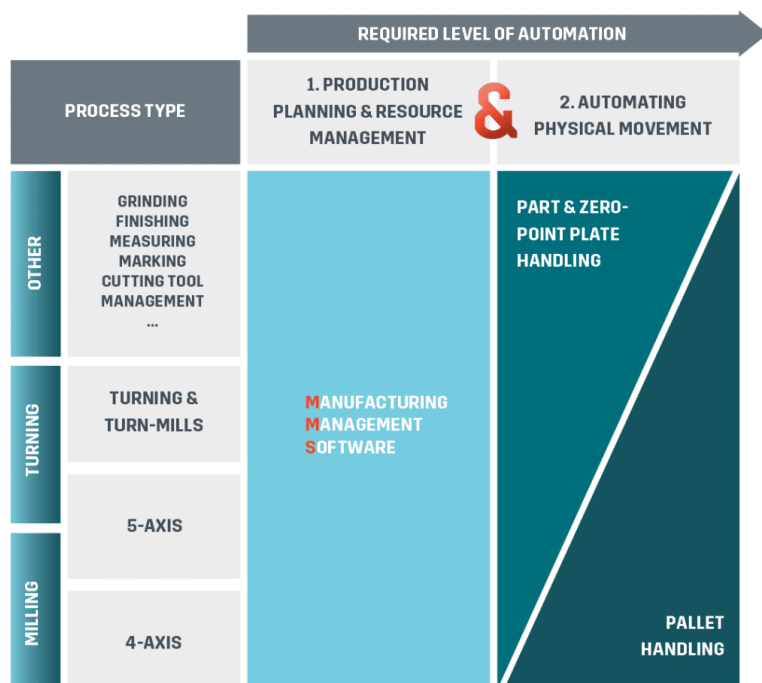
- Personalización masiva: Más de un tercio de los consumidores están dispuestos a adquirir bienes y servicios más personalizados.
- Dinámica de mercado cambiante: Las fábricas tienen que responder rápidamente a los cambios de la demanda con la pandemia como ejemplo inmediato.
- La necesidad de rapidez: Más de la mitad de los consumidores no están dispuestos a esperar más tiempo por productos personalizados.

Cuando se dé por terminado se extenderán servicios de evaluación comparativa de la producción con las siguientes ventajas:

- Reducir en un 15% el tiempo que se tarda en reconfigurar las líneas de producción.
- Una interfaz de pantalla fácil de usar para automatizar la producción.
- Un sistema de fabricación flexible adaptable a cualquier entorno de producción.
- Una disminución del 10% en los recursos utilizados para el proceso de producción.
- Reducir el coste global de producción en un mínimo del 15%.

Gracias a estas mejoras se podrá responder a las nuevas demandas del mercado aplicando la modularización en la producción de las máquinas herramientas mejorando así su eficiencia y reduciendo el impacto ambiental que se generaría convencionalmente.

Nueva guía para automatizar las máquinas herramienta existente



Diferentes niveles de automatización. Fuente: Fastems

Fastems, el principal fabricante independiente de sistemas para automatización de fábricas, ha publicado "The CNC Automation Guide for Existing Machine Tools" (Guía de automatización del CNC para máquinas herramienta existentes) ya que como renovar la colección de máquinas cada pocos años -o cada pocas décadas- no es factible y sabiendo que la máquina media no automatizada solo corta aproximadamente el 20 % de una jornada completa, la automatización permite desbloquear ese 80 % desperdiciado sin tener que recurrir a nuevas máquinas.

La automatización de máquinas-herramienta existentes o "EMTA" puede significar la automatización de máquinas completamente autónomas, de unas integradas en un sistema de automatización o un híbrido de ambas. Además, la EMTA ha experimentado un aumento de la demanda por el aumento de capacidad de producción y las oportunidades únicas que ofrece cuando el espacio en planta es limitado.

La ventaja de la EMTA es que los fabricantes no tendrán que comprar nuevas máquinas, sobre todo cuando el presupuesto o el espacio son factores limitantes, llegando así a las secciones de la industria que no se puedan permitir inversiones a gran escala. La digitalización de máquinas existentes ayudaría a reducir el impacto medioambiental del sector gracias a las mejoras en la eficiencia energética.

6.3.2 Digitalización

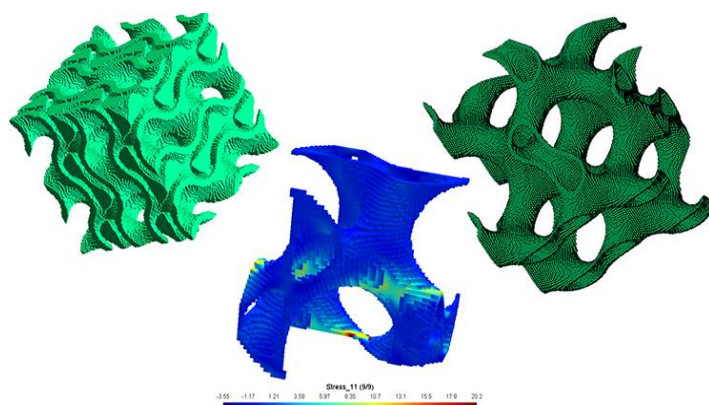
La digitalización involucra la vinculación del mundo digital con el real mediante la recopilación masiva de datos mediante el uso de sensores. Los puntos de sensor fijados en los extremos de las máquinas herramienta (como las máquinas CNC) recogen datos sobre vibraciones, fuerzas y temperaturas.

Estos datos se envían a la nube para su análisis con el fin de transformarlos en una réplica virtual. Basándose en la utilización de esa nube, se ven habilitadas diversas aplicaciones fuera de la optimización de los procesos de manufactura propios, como la manufactura digital o el uso de programas de simulación.

En cuanto a la extensión de la vida útil de las máquinas herramientas, las nuevas tecnologías digitales han permitido el uso del mantenimiento predictivo aumentando su fiabilidad y disponibilidad. Según Blunck & Werthmann (2017) el mantenimiento predictivo permite reducir el tiempo total de inactividad de las máquinas en un 30-50%, al tiempo que aumenta la vida útil de la máquina en un 20-40%. Además, los datos recogidos pueden ser de utilidad a la hora de llevar a cabo la remanufactura ya que al tener el histórico de la máquina, el fabricante conocerá el desgaste de los componentes permitiendo un reparto eficiente de atención en los reemplazos.

Aunque todas las novedades tecnológicas aportan tantas oportunidades, la disponibilidad de estas innovaciones no está al alcance de todos los fabricantes. Un punto a tener en cuenta es el coste de inversión para conseguir el grado de digitalización necesario para las aplicaciones mencionadas. Es por esto por lo que facilitar la digitalización tanto con un mercado europeo de información no personal libre, como con manuales y guías para modernizar máquinas antiguas, es imprescindible para lograr un sector circular y digital.

Siemens añade un software para el modelado de materiales a Simcenter



Estructuras reticulares modeladas en 3D en Multimechanics

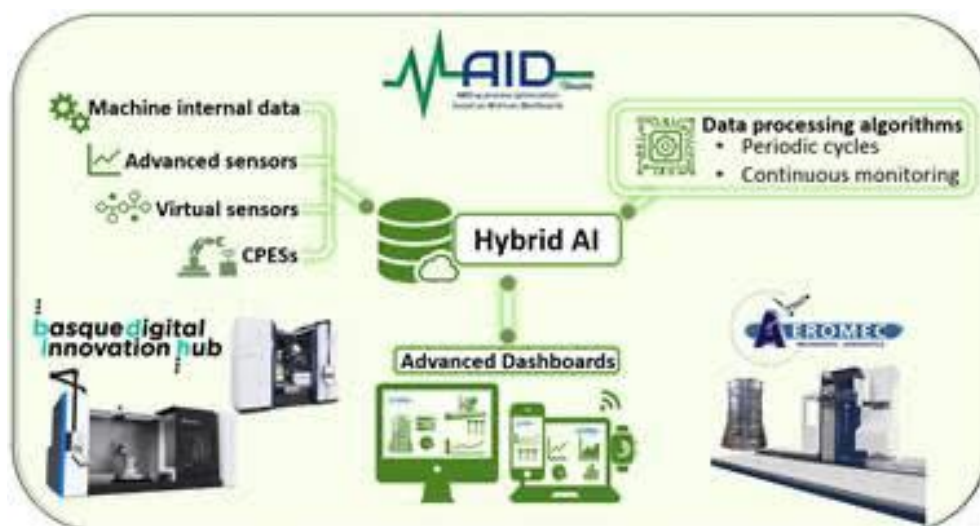


Siemens adquiere MultiMechanics Inc, que desarrolla el software de elementos finitos MultiMech para integrarlo en el software de Siemens Digital Industries Software, posibilitando crear un gemelo digital de materiales.

La tecnología ayuda a predecir eficazmente las propiedades y el comportamiento de los materiales avanzados, incluido el fallo a partir del nivel microestructural, con gran velocidad y precisión. También se logrará reducir el ciclo de innovación de los nuevos productos y materiales, ahorrando fondos, impactos ambientales y varios años de desarrollo y certificación gracias a la simulación digital.

La facilitación en la creación de nuevos materiales podrá dar con soluciones a las dependencias de las materias primas críticas y otros materiales escasos que son insustituibles dados sus únicas características y especificaciones.

Inteligencia artificial para impulsar la competitividad de las PYMES industriales



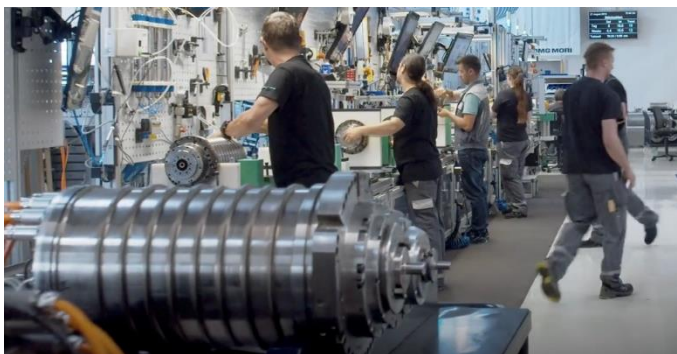
Esquema representando los diferentes actores de M-aid

El centro tecnológico IDEKO participa en el proyecto europeo M-AID dirigido a desarrollar e implementar sistemas integrados y ciberfísicos (CPES) impulsados por inteligencia artificial para apoyar a las pymes manufactureras aplicando sistemas basados en inteligencia artificial (IA) híbrida que proporcionen información.

Los CPES permitirán la optimización cognitiva optimizando procesos, programando mantenimientos y organizando la producción. Para el procesamiento de datos se utilizará IA híbrida, combinando soluciones de análisis predictivo y prescriptivo incluyendo también algoritmos de procesamiento de datos basados en un seguimiento periódico, con la intención de obtener la huella digital de la máquina y del proceso.

Gracias al sistema se podrán analizar variables no disponibles hasta ahora, como el nivel de desgaste de las herramientas de corte o el indicador de riesgo para una próxima parada o problema de la máquina.

Aplicación de digitalización en línea de montaje



Línea de husillos de DMG MORI



Tulip es una plataforma de operaciones que enlaza los pasos utilizados en un proceso de producción o logística. Para ayudar a resolver problemas como la falta de datos en tiempo real y las carencias a la hora de identificar cuellos de botella DMG MORI decidió aplicar Tulip a sus procesos.

Al aplicarlo las aplicaciones guían a los operadores a través de cada paso del montaje desde la elección de piezas correctas hasta la habilidad de proporcionar información en tiempo real. Adicionalmente existe la opción de crear un informe adaptado a cada línea por cada paso si surgen defectos.

Fabricación cero defectos autónoma, personalizada y competitiva



Emblema de Qu4lity



El proyecto europeo QU4LITY, en el que participa IDEKO, aúna las capacidades de 45 empresas y centros tecnológicos europeos con el objetivo de construir un modelo de productos y servicios para la factoría cero defectos. En la iniciativa se está creando un ecosistema de plataformas digitales abiertas para desarrollar estrategias de cero defectos personalizadas.

La iniciativa ha definido las tecnologías digitales y arquitecturas necesarias (digital enablers) para conseguir una fabricación autónoma con cero defectos y creará un portal de resultados y aplicaciones, "Qu4lity Market Platform", para proveer servicios y tecnologías.

Adicionalmente se ha formado la Digital Factory Alliance (DFA), que tiene el objetivo de constituir un foro de innovación e intercambio de experiencias a empresas europeas en el campo digital.

Entre las áreas abarcadas por el proyecto se encuentran la conectividad digital y el edge computing, los equipamientos "plug and control", las soluciones de captación de datos en tiempo real y los modelos de simulación de gemelos digitales para así conseguir la mejora de la eficiencia operacional, la eficiencia energética y los nuevos modelos de negocio digitales.

MC Machinery Systems presenta su máquina de electroerosión con inteligencia artificial



La SVP12 instalada en una planta de producción

La SV12P, una máquina de MC Machinery Systems, utiliza una tecnología de IA propia diseñada para hacer un uso lógico de los datos de monitorización de estado, con la capacidad de diagnosticar problemas en tiempo real, predecir futuros problemas de mantenimiento y calidad y ayudar a los operarios de la máquina a producir cavidades y formas complejas.

Gracias al control de parámetros que realiza puede predecir los tiempos de mecanizado, calculando el tiempo de trabajo para una mejor gestión. Adicionalmente, ganó el Premio a la Maquinaria de Eficiencia Energética 2019 de la Federación de Maquinaria de Japón, al poder determinar la ruta más rápida y eficiente en la eliminación del material.

Fabricación en la nube gracias a plataformas digitales



Uno de los servicios de manufacturación que ofrece Fast Radius Inc.

La producción bajo demanda ofrece un mejor servicio a los clientes al digitalizar inventarios. Para lograr esto, Fast Radius se basan en la Plataforma de Fabricación en la Nube para ofrecer distintos servicios, como asistencia técnica tanto en ventas como en diseño si es necesario y diferentes tipos de manufactura como la AM, el mecanizado CNC y posprocesamientos diferentes.

Para ofrecer estos servicios se valen del almacén virtual, con los clientes crean un paquete de construcción que contiene todas las medidas para que la pieza pueda fabricarse en cualquier lugar, exactamente cuándo se necesite. A medida que sigan ampliando, los clientes podrán fabricar las piezas en cualquiera de sus centros sin cantidades mínimas de pedido.

Con un inventario digital así no es necesario mantener un inventario físico y además se pueden reducir los costes e impactos de almacenamiento y transporte mientras disminuye la demanda de piezas de recambio.

Así, la industria está avanzando con una plataforma digital y física integrada que simplifica la forma de diseñar, fabricar y mover las piezas en todo el mundo. Bautizada como fabricación en la nube, puede transformar al sector

miTool: Sistema de monitorización avanzado y universal



miTool en uso mediante una tableta

Mikron ha creado el sistema de control miTool con objetivos como reducir el coste por pieza producida, sus necesidades de espacio, los costes de personal y el aumento de la calidad de fabricación. El sistema monitoriza utilizando curvas de IA con un algoritmo para la optimización avanzada del proceso y la identificación del desgaste de la herramienta de corte habilitando tanto la posibilidad de llevar a cabo producción no supervisada, hasta evitar paradas y roturas inesperadas.

Gracias al uso de miTool se aprecia una reducción en la cantidad de herramientas necesarias, hasta un 28 % según un cliente, y en los residuos generados lo que lleva a una mejora ambiental. Cabe destacar que al ser un sistema abierto que funciona con todos los controles CNC es apto para cualquier centro de mecanizado del mercado

6.3.3 Impresión 3D

La fabricación aditiva (AM), también conocida como impresión 3D, es el término general utilizado para referirse a las tecnologías que, basándose en un modelo digital 3D, construyen piezas añadiendo material capa a capa. Los métodos de fabricación sustractiva, por el contrario, parten de un bloque sólido de material y luego eliminan el exceso para crear una pieza acabada. Siendo esto así, la fabricación aditiva tiene la ventaja de solo usar el material necesario para conseguir el producto, con residuos mínimos o perfectamente reutilizables, en comparación a la fabricación tradicional. En el caso de los polvos metálicos, se estima que el 95-98% puede ser reciclado (Ford & Despeisse, 2016).

Con la evolución de la tecnología mejorando tanto la accesibilidad como su facilidad de uso, la AM se ha dejado de usar solo para la creación de prototipos, con aplicaciones novedosas e innovadoras desarrollándose para industrias como la aeroespacial o la automovilística. Además de la libertad de diseño, la personalización masiva y los nuevos modelos de negocio, la capacidad de la AM para ayudar en la transición hacia la economía circular es uno de sus aspectos más atractivos para la industria. Precisamente, la producción de piezas complejas alternativas optimizadas que tienen un peso más ligero y una funcionalidad mejorada, es posible gracias a esa libertad de diseño. Esta mejora puede contribuir a reducir el consumo de energía y recursos naturales durante la fase de uso del producto final, lo que supone un impacto positivo en el medio ambiente. Relacionado con esta libertad de diseño la AM posibilita la unificación de múltiples piezas o componentes incluso en nuevos materiales mejorando así su durabilidad, la reducción de peso y facilitando tanto logística como producción y reparación.

En el caso de nuevas oportunidades de negocio gracias a la AM, destacan opciones como la fabricación a demanda y la fabricación distributiva. Además, el cambio hacia un sistema de fabricación más descentralizado implica que efectos positivos sustanciales en el impacto medioambiental del transporte. Estas ventajas también están disponibles en la reparación y remanufacturación facilitando que las piezas y recambios necesarios se generen dónde está la demanda sin necesidad de un inventario físico.

Pulverización en frío: Tecnología de impresión 3D de metal



Espray en frío de *Impact Innovations* en funcionamiento

La pulverización en frío es una tecnología de fabricación que pulveriza polvos metálicos a velocidades supersónicas para unirlos sin fundirlos, lo que no produce casi ninguna tensión térmica siendo ideal para casos donde la soldadura o la reparación no sirven.

Varias empresas han adaptado la pulverización en frío para la fabricación aditiva porque puede aplicar capas de metal en geometrías exactas a una velocidad entre 50 y 100 veces superior a la de las típicas impresoras 3D de metal.

A parte del uso que se le da en equipos militares y maquinaria de la industria del petróleo y el gas dada sus capacidades in situ, es también de gran interés en el sector aeroespacial, donde se conoce como fabricación aditiva por pulverización en frío (CSAM).

Entre las ventajas que presenta frente a las impresoras 3D de metales comunes destacan la nula susceptibilidad de sufrir porosidad, agrietamiento en caliente y el no necesitar de un posprocesamiento en un horno. Además, es una tecnología de bajo consumo energético, que no emite humos y que prescinde del transporte habitual debido a su capacidad in situ lo que le augura un gran futuro en la manufactura con metales.

Entre las compañías que comercializan esta tecnología podemos encontrar a Impact Innovations en Alemania, a Spee3D y Titomic Ltd. En Australia y VRC Metal Systems junto a Meld Manufacturing en EUA

Moldes Impresos en 3D para la creación de Maquinas-Herramientas



Molde impreso en 3D en el Laboratorio Nacional de Oak Ridge. Fuente: Oak Ridge National Laboratory

El experimento del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (ORNL) de Tennessee dentro del marco de la ACE (America's Cutting Edge), buscan utilizar la impresión de polímeros para producir moldes de gran tamaño que sirvan en la fabricación de bastidores de máquinas-herramienta hechos de hormigón y así acortar la cadena de suministro y el transporte entre el productor de moldes y el fabricante de máquinas-herramienta.

Adicionalmente la capacidad de reutilizar y reciclar el material seguirá permitiendo un enorme ahorro de costes económicos y ambientales.

Fabricación aditiva de gran formato para el utillaje de forma rápida



Matriz de estiramiento impresa en 3D después del mecanizado

La empresa Additive Engineering Solutions (AES) LLC, ha impreso en 3D materiales compuestos de gran tamaño para crear matrices de conformación por estiramiento más ligeras con componentes modulares e intercambiables para Spirit AeroSystems. La herramienta se creó para moldear marcos reemplazando la necesidad de usar una matriz única por cada medida ahorrando su elevado coste y su complicada logística.

Al contrario que una tradicional el utillaje modular tiene una superficie de conformación intercambiable, así un inserto de conformación se acopla a una base universal para formar un utillaje completo. Dado su volumen y peso el inserto elimina el uso maquinaria transportadora y minimiza su almacenamiento. Adicionalmente, la fabricación aditiva de gran formato (LFAM) permite producirlos de una forma más rápida y menos costosa con un proceso mucho más eficiente y con mucho menos desperdicio.

Finalmente cabe destacar que esta herramienta se usa para dar forma a aluminio usando plástico, gran ejemplo del uso de herramientas termoplásticas impresas en 3D para proporcionar una solución a la fabricación tradicional.

AddCreator la mayor impresora 3D en metal



Modelo de la AddCreator. Fuente: Adira

La empresa portuguesa Adira Metal Forming Solutions ha creado la AddCreator AC210, la mayor impresora 3D de metal del mundo de tecnología láser de fusión por lecho de polvo con una gran capacidad de escala (1 m x 1 m x 0,5 m).

La impresora permite crear piezas con geometrías únicas para eliminar el stock acumulado 5 veces más rápido que tecnologías aditivas tradicionales gracias a su sistema multiláser. Siendo un sistema cerrado de circulación de polvo, una mesa de impresión intercambiable y un rascador independiente la base de trabajo para sus cinco láseres, que dan forma a la pieza metálica. Gracias al circuito cerrado se consigue la reutilización completa de todo el polvo que no se usa en los procesos, para una manufactura con 0 residuos.

6.4 MODELOS DE NEGOCIO CIRCULARES

En este sector, los proveedores de equipos están tradicionalmente orientados a la oferta de sistemas de producción con un número limitado de servicios adicionales relacionados con el producto (por ejemplo, instalación, formación, etc.). La relación entre clientes y proveedores se limita principalmente a la fase operativa de venta (relación basada en la transacción). Estando las competencias básicas de los fabricantes de máquinas herramienta relacionadas con la ingeniería y la producción de máquinas (Copany et al., 2007). Además, la competitividad de la industria europea se ha visto afectada por el aumento de las turbulencias en el ámbito empresarial, determinado por los nuevos y agresivos competidores de los países emergentes (Gebauer et al., 2005).

Para hacer frente a esta situación, las empresas deben innovar sus modelos de negocio estableciendo relaciones más colaborativas a largo plazo con sus clientes y ofreciendo servicios de valor añadido más allá de los técnicos tradicionales (Windahl et al., 2004). La integración de los servicios de valor añadido con los productos físicos (es decir, los sistemas de producción) podría garantizar una fuente estable de ingresos, una demanda creciente en el mercado y un arma competitiva no fácilmente imitable, incentivando la creación de relaciones sostenibles a largo plazo con los clientes (Cohen, and Whang, 1997 & Brax 2005).

Cabe destacar que la transición hacia una economía circular favorece este tipo de nuevos modelos de negocio circulares, con los cuales se afianza en el sector, con la servitización y la remanufactura como nuevas oportunidades de negocio en las máquinas herramientas.

6.4.1 Remanufactura

A la hora de la fase de fin de vida de una máquina una de las opciones a las que más se recurre es a la remanufacturación. Sabiendo que, de media, el 80% de las máquinas siguen en servicio diez años después de su instalación, mientras que el 65% siguen en servicio después de 20 años la renovación de estos equipos es una oportunidad de ofrecer un servicio de valor a los clientes mientras que al mismo tiempo se reduce considerablemente el impacto ambiental del sector ya que se ahorra la necesidad de fabricar una nueva para cubrir la demanda. Otro de los puntos a favor de la remanufactura es conseguir que empresas con equipos anticuados pasen a utilizar máquinas que posean nuevas tecnologías mejorando así la eficiencia de los procesos reduciendo el consumo de recursos que de otra forma se seguirán utilizando.

RECLAIM: Remanufactura y reacondicionamiento de grandes equipos industriales



Logo de RECLAIM



El proyecto RECLAIM tiene como objetivo principal extender la vida útil de la maquinaria y mejorar la productividad y el rendimiento centrándose en aprovechar la analítica digital, el IoT y las estrategias de economía circular para mejorar el mantenimiento predictivo y actualizar las máquinas de manera responsable y eficaz.

Además, también tiene como objetivo demostrar estrategias y tecnologías que permitan la reutilización de equipos industriales. Con Las soluciones desarrolladas siendo demostradas y perfeccionadas en entornos industriales reales.

Remanufactura: Clave para la circularidad de las máquinas-herramienta



El dispositivo híbrido LMD y CNC del AFRC.



La Catapulta de la Fabricación de Alto Valor (HVM) en colaboración con Hybrid Manufacturing Technologies Ltd., demostró como la deposición de metal por láser (LMD), que utiliza un procesamiento de alta precisión con forma casi de red y una combinación única de láseres que ofrecen no solo la posibilidad de restaurar un componente, sino de añadir características nuevas o adicionales para mejorar su rendimiento, puede funcionar dentro de una máquina-herramienta remanufacturada. Usando una máquina CNC como base crearon una máquina LMD híbrida que puede reparar, rehacer y remanufacturar además de crear revestimientos resistentes a la corrosión y revestimientos de alto rendimiento para componentes de gran valor.

La tecnología híbrida puede adaptarse a la mayoría de las máquinas CNC existentes pudiendo por un coste relativamente bajo, actualizarlas para permitir una plataforma aditiva y sustractiva en una sola máquina siendo una solución más asequible para las empresas más pequeñas o en crecimiento que buscan adoptar nuevas tecnologías y ampliar sus capacidades.

Las 3Rs de la máquina herramienta



El GL VTC 60 Remanufacturado



Las 3 Rs: Reacondicionamiento, Reconstrucción y Remanufactura, en el mundo de las máquinas-herramienta, estos tres términos se utilizan a menudo indistintamente, pero son claramente diferentes.

Reacondicionamiento: "Dotar de piezas o equipos nuevos o modificados que no estaban disponibles o no se consideraban necesarios en el momento de la fabricación". En las máquinas-herramienta, esto se refiere normalmente a la parte eléctrica de la máquina. Esto incluye el control, ya sea CNC o PLC, y los motores y accionamientos.

Reconstrucción: "Restablecer un estado anterior". Las máquinas herramienta se desgastan con el tiempo. La reconstrucción de una máquina herramienta la devolverá a su especificación de diseño original.

Remanufactura: "Fabricar un nuevo producto". En esencia, una combinación de reacondicionamiento y reconstrucción, tomar las mejores partes del "hierro viejo" y casarlas con la nueva tecnología de punta.

A la hora de elegir cuál es la más adecuada son muchos los factores que hay que tener en cuenta. Por ejemplo: El coste de lo nuevo frente a lo reconstruido, el tiempo de espera hasta recibirlo o el tiempo de inactividad, el coste de los nuevos cimientos necesarios, el coste del nuevo utillaje y el valor de reventa.

Además del ahorro económico estos procesos evitan los impactos medioambientales que se generarían al generar una máquina nueva o al seguir utilizando la ya existente sin modificaciones o mejoras.

Programa de reciclaje: Recompra de máquinas herramientas



Diagrama representativo del programa de reciclaje

Seco Tools ha propuesto una serie de amplios cambios en sus procesos y modelos de negocio, siendo el reciclaje uno de los principales, para lograr ser un 90 % circular para el año 2030. El plan involucra comprar herramientas que han llegado al final de su vida productiva a sus clientes y reciclarlas o reutilizarlas en nuevas herramientas.

Adicionalmente, Seco Tools ha identificado los sistemas de recogida y tratamiento rentables y de mejor calidad, así como la segmentación eficaz de los productos al final de su vida útil, como aspectos importantes del diseño circular.

Finalmente, uno de los principales problemas que hay que afrontar para llevar el plan a cabo es la magnitud de la tarea, siendo esencial trabajar con proveedores y clientes para asumir el reto a escala global.

6.4.2 Servitización

Una de las tendencias claras en este aspecto es la que se observa en diversos mercados que favorecen la servitización, es decir, pasar de ofrecer un producto a ofrecer un servicio, habiéndose aplicado ya con gran éxito en diferentes sectores. Sin embargo, deber recorrer un largo camino en el sector de la máquina herramienta que tradicionalmente se ha dedicado a la venta del producto y en ocasiones a algunos servicios técnicos relacionados con él.

Aun así, informes generados sobre la economía circular en el país vasco señalan al sector como un candidato a la aplicación de este modelo de negocio apoyándose en nuevas tecnologías. Y es que estos modelos de servicio se ven facilitados gracias a los avances en la digitalización de las máquinas que han logrado registrar toda clase de datos con las monitorizaciones. Así, con esos datos como base los fabricantes tienen a su disposición la herramienta perfecta para elaborar una solución a los problemas comunes optimizando sus productos y logrando maximizar su estancia en el mercado. Adicionalmente la creación de plataformas o nubes digitales ha allanado el camino a nuevos modelos de negocio como lo son la fabricación en la nube o la fabricación a la carta.

Modelo de pago por pieza para máquinas herramienta



Fuente: Relayr



TRUMPF y Munich Re han desarrollado una asociación estratégica para una innovadora oferta de servicios de máquinas de corte por láser, el "modelo de pago por pieza", que permite a los clientes acceder al servicio completo sin tener que comprar o alquilar ningún equipo. En su lugar, los clientes pagan un precio acordado por cada pieza de chapa cortada flexibilizando los procesos de producción y reaccionando más rápidamente a los cambios del mercado.

La oferta incluye el acceso a una máquina de corte por láser totalmente automática, un sistema de almacenamiento, los conocimientos de producción de TRUMPF y los componentes de servicio necesarios, así como el mantenimiento de los equipos y las materias primas necesarias.

Así, este modelo ofrece oportunidades de negocio y producción totalmente nuevos y disruptivos. Los clientes tienen acceso a las últimas tecnologías sin inversiones masivas, y el volumen de producción es fácilmente ajustable según demanda. Además, gracias a la garantía de rendimiento, los clientes también estarán asegurados contra el impacto financiero de posibles paradas de producción.

El nuevo modelo de pago por uso de Flanders aporta una mayor eficiencia operativa



Fuente: Relayr



Flanders, ha transformado su modelo de negocio a uno centrado en las capacidades de tiempo de actividad garantizado y en la servitización, o en los equipamientos como servicio (EaaS).

El cambio a un modelo de servicio predictivo y la evaluación para ofrecer un modelo EaaS para sus productos y servicios fabricados a medida, posibilitaría a Flanders ofrecer sus activos en régimen de pago por uso, modelo de negocio clave para el impulso de la economía circular

Kreatize: Una plataforma de manufacturación para promover la servitización en el sector

KREATIZE[®] ✓

Logo de Kreatize Fuente: Kreatize



Kreatize, una plataforma de servicio completo permite a las empresas de hardware tener acceso total a la fabricación sin tener que poseer una máquina mientras que los fabricantes pueden ofrecer sus máquinas en un modelo de pago por piezas, mitigando su riesgo.

Para ello se usa como base la fabricación en la nube donde los usuarios cargan sus datos esenciales para poder encontrar una solución hecha a medida. Usando este método, se traslada los principios de XaaS (Everything-as-a-Service) a un entorno de producción haciendo procesos de producción y adquisición más flexibles, accesibles y asequibles al conectar a todas las partes implicadas. Así, los proveedores de transmiten su estado de capacidad a la plataforma y, a su vez, se les ofrecen trabajos que se ajustan a su capacidad y experiencia.

Los beneficios incluyen una reducción del 17% del coste total de las adquisiciones y una reducción del 31% en los gastos de desarrollo. Medioambientalmente, las mejoras se basan en la fabricación de lo necesario gracias a la demanda personalizada y la disponibilidad de muchos fabricantes diferentes pudiendo así acortar las cadenas de valor.

Adicionalmente Kreatize se convirtió en 2020 en el primer proveedor de servicios de fabricación neutro en carbono de Alemania: Calculando la cantidad de CO₂ de cada una de las piezas fabricadas y compensando las emisiones mediante financiaciones de proyectos sostenibles.

6.5 COMUNICACIÓN EXTERNA/AMBIENTAL

La comunicación de la sostenibilidad del fabricante es imprescindible teniendo en cuenta las tendencias del mercado actual donde los clientes utilizan criterios de compra verde o sostenible para lograr ellos sus propios objetivos de sostenibilidad. Al ser un sector proveedor el mismo, la máquina herramienta debería ser capaz de verificar su sostenibilidad a sus clientes, quienes podrían pronto empezar a implantar requerimientos de sostenibilidad en sus compras, y a posibles nuevos clientes que podrían ser atraídos por productos y servicios respetuosos con el medioambiente.

Una de las formas más convenientes de demostrar el compromiso ambiental es el uso de certificaciones oficiales reconocidas internacionalmente, como las ISO. Las certificaciones permiten a una organización, en las actividades que presta o los productos que desarrolla o comercializa, **acreditar su compromiso con el medio ambiente, minimizando los impactos y favoreciendo la mejor gestión de los recursos obteniendo de esta forma** un factor de diferenciación competitiva.

El primer paso que se debe tomar para llevar a cabo una correcta comunicación ambiental es la implantación de un sistema de registro que recopile los datos y actividades de la empresa que sean relevantes ambientalmente. Es más, en el sistema de gestión ambiental que establece la familia de las ISO 14000, concretamente la 14001, se hace un especial hincapié en la importancia de la documentación. Además, se recomienda establecer un procedimiento para las comunicaciones tanto internas como externas, para facilitar la comunicación. Destaca también la ISO 14006 en la comunicación ambiental ya que acredita la incorporación del ecodiseño señalando el compromiso con la reducción del impacto ambiental de los productos.

Existen otras acreditaciones concedidas por terceros, como EcoVadis, pero algunas empresas optan por el uso de etiquetas ecológicas propias para trasladar las acciones tomadas. Es el caso de la compañía Amada y su sistema de certificación propio con ecoetiquetas informativas como producto Eco-compatible, máquina de recurso eficiente y máquina de eficiencia energética.

Debido a la doble función de la máquina herramienta, como producto y como máquina de producción, se puede prever que el etiquetado ecológico de las máquinas herramienta puede traer amplios efectos en la ingeniería general del ciclo de vida de los productos.

Adicionalmente, las compensaciones con certificación de protección del clima son una forma adicional alternativa que justifica el compromiso de la empresa cuando los impactos ambientales son inevitables.

Dos certificados de EcoVadis avalan el compromiso de Danobatgroup con los objetivos de desarrollo sostenible



Las certificaciones de sostenibilidad de oro y plata

Dos empresas del grupo Danobatgroup, Danobat (Oro) y Soraluece (Plata), han recibido la certificación EcoVadis, otorgada en calidad de sostenibilidad climática y medioambiental, ética, y de gobernanza, que pone en valor la apuesta por la sostenibilidad.

EcoVadis evalúa la calidad del sistema de gestión de la sostenibilidad de las calificando la empresa de acuerdo con criterios de desempeño en el campo de la sostenibilidad ambiental y otras áreas.

La medalla de oro para Danobat reconoce la calidad de su modelo de gestión de la sostenibilidad, basado en la personalización de las soluciones y servicios que ofrece a sus clientes para garantizar la integración de la sostenibilidad de forma transversal en todos los eslabones de la cadena de valor. Mientras tanto la de plata, refleja un enfoque de la sostenibilidad estructurado y proactivo en Soraluece.

DMG MORI Ejemplo en Sostenibilidad y su comunicación



Esquema de sostenibilidad de DMG MORI con sus iniciativas

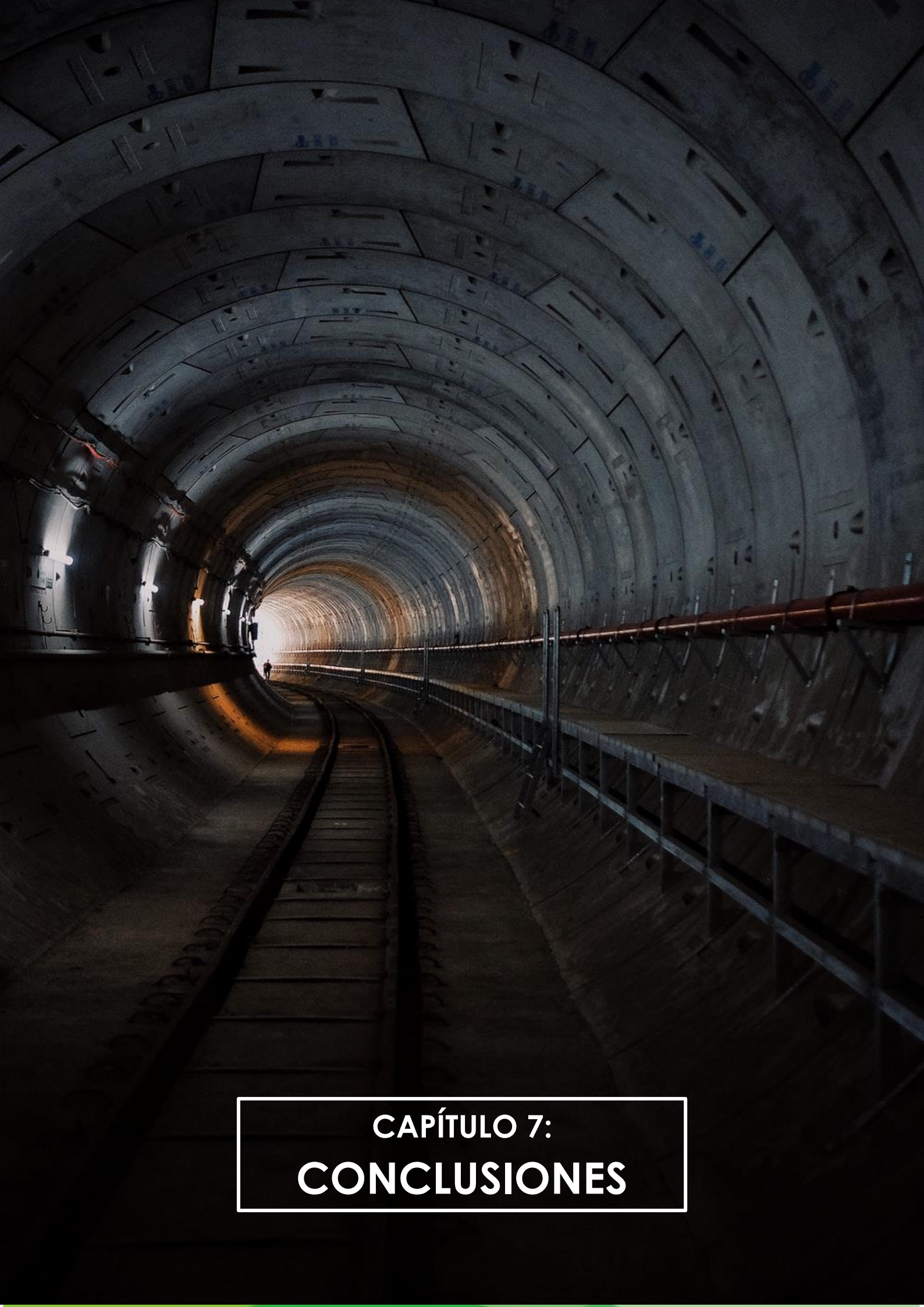
DMG MORI, que obtuvo la neutralidad climática en 2020, es un ejemplo a seguir en cuanto se refiere a la comunicación ambiental. En su estrategia de sostenibilidad que revisan anualmente, adoptan un enfoque holístico que incluye productos y edificios, así como proveedores, clientes y empleados.

Entre las acciones tomadas, destacan la producción de máquinas con neutralidad climática del 100% que consiguen mediante la compensación de certificados de protección del clima. Así, se denominan Green Machine las máquinas que respetan la neutralidad climática desde la materia prima hasta la entrega y que poseen el llamado modo GREENMODE. Este modo habilita un 30 % de ahorro energético en comparación con los modelos anteriores, mejorando de igual forma la eficiencia de emisiones, gracias a componentes de consumo optimizado, la recuperación de la energía de frenado y el control inteligente de todas las unidades.

En cuanto a instalaciones se refiere, DMG MORI controla el consumo de energía y las emisiones con su sistema de gestión de la energía que operan desde 2015 conforme a la norma ISO 50001 que ayuda a las organizaciones a implantar una política energética y a gestionar adecuadamente los aspectos energéticos para un uso de la energía eficiente y más sostenible.

Adicionalmente, se ofrece un balance de sostenibilidad detallado y completo en el informe de sostenibilidad, detallando logros como la categoría de plata concedida por EcoVadis al estar entre el 7 % más alto de todas las empresas evaluadas.

Finalmente, las emisiones actualmente inevitables de DMG MORI son compensadas invirtiendo en proyectos sostenibles y certificados de protección del clima.



CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

La industria de la máquina herramienta abarca desde pequeñas herramientas montadas en bancos de trabajo hasta grandes fresadoras, tornos, rectificadoras, láseres, máquinas multitarea y herramientas robóticas automatizadas. Su tecnología es un elemento crítico y a menudo invisible de la fabricación. Son el punto de partida de casi todas las actividades de fabricación ya que permiten la producción de otros equipos industriales y maquinaria, así como de un sinnúmero de sofisticados componentes para diversos sectores, sobre todo en las actividades de fabricación de metales.

Tras un periodo de fuerte crecimiento en los últimos años, la industria de la máquina-herramienta se enfrenta ahora a múltiples impactos negativos. Además de los efectos masivos de la pandemia de COVID-19, como las máquinas herramienta se utilizan principalmente para producir otros bienes de capital, es un sector que se ve directamente afectado por las fluctuaciones económicas globales y las fluctuaciones en los sectores a los que da servicio. Es por eso por lo que la recesión económica es el mayor reto al que se enfrentan la mayoría de los fabricantes de máquinas herramienta.

Otro de los factores que afecta al sector se basa en la dependencia que tiene la máquina herramienta en el comercio. La guerra comercial entre Estados Unidos y China y el Brexit condujo a una desaceleración de la economía mundial. Los derechos de importación sobre las materias primas, los componentes metálicos y la maquinaria afectaron a la industria y a la exportación de máquinas herramienta. De la misma forma los cierres de fábricas, la interrupción de las cadenas de suministro, la falta de suministro de piezas y los problemas logísticos, entre otros, han supuesto grandes dificultades para el sector.

Por parte de los clientes, dos de los sectores más importantes como son el de la automoción y el aeroespacial, han sufrido un cambio de paradigma que ha traído sus respectivas crisis. En la industria automovilística el descenso de la demanda de coches con motor de combustión interna hace que disminuya la demanda de muchas tecnologías de fabricación de trenes motrices para automóviles. Los fabricantes de automóviles son reacios a invertir en nuevos activos de producción debido al incierto futuro de los motores convencionales, mientras que la puesta en marcha de nuevas líneas de producción para los coches eléctricos está todavía en las primeras etapas. Esto afecta principalmente a los fabricantes de máquina herramienta que se centran en máquinas herramientas de corte especializadas para la industria del automóvil. Cabe destacar que la bajada de la demanda general de coches tanto por la crisis económica como a la escasez global de microchips semiconductores que comenzó en 2020 y que aún perdura, afectando a la producción general de nuevos automóviles, ha afectado a los pedidos de máquina herramienta desde el sector. En el caso de la industria aeroespacial, ha estado sufriendo las restricciones de los viajes en todo el mundo con Airbus y Boeing anunciando planes para reducir su producción durante los próximos años.

En cuanto al tipo de máquina herramienta que el cliente demanda, ha habido un cambio de criterios. La personalización en masa, la reducción de los plazos de entrega al consumidor y la producción urbana son algunas de las tendencias que requieren una mayor flexibilidad de las máquinas. Además de aspectos fundamentales como el precio, la facilidad de uso, la longevidad, la velocidad de los procesos y la calidad, la mayor flexibilidad de las máquinas adquiere mayor importancia como una de las principales características de la nueva maquinaria.

El mayor impacto ambiental en el sector es el derivado del consumo energético, siendo necesario evaluar la eficiencia energética de las máquinas herramientas para reducirlo. Dada la gran heterogeneidad del sector, la evaluación energética supone un gran desafío, por eso se propone determinar el consumo energético con relación a los resultados obtenidos y proponer cambios en los diseños. Desde dispositivos de recuperación energética, hasta cambios en los motores (motores 100% eléctricos) son unos de los pasos en el camino hacia un sector más sostenible.

Con respecto al impacto asociado al consumo de materias primas del sector, la capacidad de reemplazar y reducir los materiales necesarios es destacable. Las nuevas tecnologías como la producción de metales sin emisiones de CO₂, empiezan a ser más factibles, siendo necesario

apoyarse en el reciclaje todavía. Estos avances deben ir en conjunción con criterios de ecodiseño aplicados al sector para maximizar el ahorro de recursos.

Para reducir e incluso evitar el uso de aceites de corte son necesarias soluciones a medida debido a la variedad de procesos de fabricación. Entre las soluciones encontramos: el uso de la MQL que obtiene los mismos o mejores resultados que lo convencional, el uso de fluidos de origen vegetal para evitar los impactos de los aceites comunes y finalmente nuevas tecnologías en los fluidos de corte como las nano partículas, o el uso de refrigeración como sustituto en el mecanizado en seco.

La transición a una economía circular requiere de una cadena de valor sostenible al completo que implicará criterios de compra con un fuerte enfoque de sostenibilidad. Además, propuestas legales e iniciativas europeas como la taxonomía, empujarán a la industria hacia la compra verde para justificar su sostenibilidad.

El sector de la máquina herramienta está siendo transformado por las nuevas tecnologías que facilitan la fabricación sostenible y que ahorre recursos. Siendo uno de los pilares que más empuja la competitividad, ya que debe responder a sus clientes, la investigación y el desarrollo son el punto de partida perfecto para incorporar criterios de sostenibilidad en nuevos productos. Dentro de las áreas que experimentarán los mayores avances se encuentran la automatización, la mejora de softwares, la creación e integración de networks y aplicaciones inteligentes, la inteligencia artificial y el Industrial Internet of Things.

Gracias a las tecnologías digitales y a la tendencia hacia una mayor digitalización, la recopilación y el análisis de los datos nunca han estado tan accesibles. Esto viene a su vez propiciado gracias al avance en la ciencia de los datos, la estadística y en la conectividad. Así, la digitalización permite optimizar las operaciones empresariales, maximizar la eficiencia energética y utilizar menos recursos de forma más eficiente, acciones fundamentales para un sector manufacturero más circular. Desde la capacidad para obtener y analizar datos en tiempo real, pasando por la creación de softwares y IAs, hasta replicas digitales, existe un mundo de oportunidades concedido por la digitalización. Aun así, no todo es tan sencillo en el camino hacia la digitalización, la mayoría de las empresas no disponen del capital necesario para invertir una digitalización completa como se da en las grandes empresas. Para contrarrestar esta situación se recomienda trabajar en:

- El acceso a los datos y la libre circulación de datos no personales en toda la UE podría facilitar a las empresas el análisis y la transferencia de datos y la ampliación de modelos empresariales innovadores, incluidos los circulares
- La estandarización permite que los productos conectados inteligentes, las máquinas y los activos de diferentes fabricantes interactúen de forma transparente ya que integrar datos de fuentes/formatos dispares y extraer valor empresarial de esos datos es el mayor reto.
- Incentivos fiscales y financiaciones seguras para poder invertir en digitalización.
- Maximizar sinergias entre las agendas digitales y circulares para dar a conocer el potencial de la digitalización a más compañías.

Dentro de las nuevas tecnologías que han surgido en la manufactura, una de las áreas que más impulso ha obtenido es la fabricación aditiva también conocida como la impresión 3D, a medida que mejoran las prestaciones técnicas y disminuyen los costes. Las tecnologías aditivas ofrecen ventajas significativas en términos de libertad de diseño, personalización en masa y habilitan modelos de negocio innovadores para apoyar el avance hacia una economía más circular. Entre las ventajas que brinda a la manufactura encontramos:

- Diseños ligeros con mayor duración y funcionalidad para los componentes, gracias a las pocas limitaciones geométricas, que permiten la reducción del consumo de energía y de recursos.
- La reducción del consumo de materiales y una mayor eficiencia ya que solo se usa el material necesario, con un alto porcentaje de reciclabilidad para usos posteriores de los polvos utilizados.

- Nuevos modelos de negocio vinculados a la posibilidad de la fabricación bajo demanda y su descentralización.
- La facilitación en reparaciones y remanufacturas de máquinas gracias al traspaso de ficheros necesario para obtener las piezas necesarias in-situ y bajo demanda sin necesidad de inventarios.

Por último, en un sector históricamente centrado en la venta de un producto, el surgimiento de modelos de negocio basados en el ofrecimiento de servicios que puedan aportar valores añadidos muestra un nuevo camino a recorrer. Dado que los servicios siguen siendo necesarios para mantener la productividad de las máquinas instaladas, los fabricantes de equipos originales y los proveedores amplían su cartera de servicios centrándose en innovaciones de servicios mejorados digitalmente, como los servicios remotos. Desde diferentes tipos de servitización, con diferentes opciones a suscripciones como programas de mantenimiento y monitorización, hasta la recuperación de productos y su posterior puesta en el mercado mediante la remanufactura, el nicho de mercado existente ira cobrando más importancia.

Es muy importante que todas las acciones sostenibles que tome el sector puedan ser transmitidas y comunicadas de una forma eficaz y concisa tanto a sus clientes como a los grupos de interés. Sin esta comunicación ambiental externa será muy difícil justificar la sostenibilidad del sector y poder captar clientes que se rijan por criterios medioambientales. Otra opción pasa por traccionar y educar a los clientes existentes los beneficios de la transición a la sostenibilidad para poder hacerla conjuntamente. Hay diferentes formas de demostrar sostenibilidad, pero la más sencilla pasa por el uso de certificaciones medioambientales externas reconocidas como la familia de las ISO u otras certificaciones de terceros como Ecovadis. Por iniciativa interna, el uso de reportajes anuales de sostenibilidad puede ser una forma eficaz de explicar las acciones llevadas a cabo. Adicionalmente, dentro de las justificaciones sostenibles tienen cabida las mejoras ambientales a nivel de organización que incluyan la neutralidad de las fábricas con plantas más sostenibles.

Por tanto, la industria de las máquinas herramienta se define como sector clave, tanto para la productividad y la competitividad de la fabricación europea, como para la transición hacia una economía más circular.

Por último, hay que destacar que el Gobierno Vasco dispone de instrumentos para apoyar el desarrollo de estas líneas de trabajo. Un ejemplo son las ayudas concedidas para el desarrollo de proyectos de ecodiseño, economía circular y ecoinnovación estratégica, programa en el que se cofinancian proyectos de mejora ambiental de materiales, procesos y productos establecidos cada año en función de las prioridades ambientales de la CAPV. Otro ejemplo es el Programa de ayudas Pyme Circular, que busca impulsar la aplicación de métodos y actuaciones de economía circular en pequeñas y medianas empresas vascas.

Otro instrumento clave es el centro de servicios avanzados de economía circular de la CAPV, el Basque Circular Hub, en el marco del cual se forma a jóvenes en economía circular para que posteriormente desarrollen proyectos en este ámbito en colaboración con empresas de la CAPV. Dichos proyectos llevados a cabo por los jóvenes en el Basque Circular Hub incluyen el análisis de ciclo de vida de productos, el desarrollo de declaraciones ambientales de productos y el apoyo al análisis de alternativas de ecodiseño.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AFM. (2020). *Informe Económico (Máquinas-herramienta) 2019*. Recuperado el 8 de VI de 2021, de AFM: <https://www.afm.es/gestor/recursos/uploads/archivos/sector-maquina-herramienta/2019/INFORME-ECONOMICO-AFM-2019.pdf>.
- AFM. (2021a). *2021 Arranca con dinamismo para la máquina-herramienta tras caer casi un 20% en 2020*. Recuperado el 8 de VI de 2021, de AFM: <https://www.afm.es/es/noticias/2021-arranca-con-dinamismo-para-la-maquina-herramienta-tras-caer-casi-un-20-en-2020>
- AFM. (2021b). *CECIMO muestra indicadores económicos positivos a pesar de la pandemia global*. Recuperado el 15 de XII de 2021, de AFM: <https://www.afm.es/es/noticias/cecimo-muestra-indicadores-economicos-positivos-a-pegar-de-la-pandemia-global>
- AFM. (2021c). *Informe Económico (Máquinas-herramienta) 2020*. Proporcionado por AFM el 15 del XII de 2021.
- Blunck, E., & Werthmann, H. (2017). Industry 4.0 – an opportunity to realize sustainable manufacturing and its potential for a circular economy.
- Brax, S., (2005). A manufacturer becoming service provider – challenges and a paradox. *Managing Service Quality*, Vol. 5, pp. 142-155
- Brecher C., Bäumler S., Triebs J. (2012) Design of Energy Efficient Hydraulic Units for Machine Tools. In: Seliger G. (eds) *Sustainable Manufacturing*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Caro, J. I. (27 de Abril de 2010). *Captación de emisiones en la Industria Transformadora del Metal*. Recuperado el 23 de VII de 2021, de Metalia: https://www.metalia.es/boletines/boletin27042010/barin_articulo_neblinas_aceite.pdf
- CECIMO. (2019). *THE EUROPEAN MACHINE TOOL SECTOR AND THE CIRCULAR ECONOMY*. Recuperado el 8 de VI de 2021, de CECIMO: <https://www.cecimo.eu/publications/report-circular-economy/>
- CECIMO. (2020a). *Data for the sector*. Recuperado el 8 de VI de 2021, de CECIMO: <https://www.cecimo.eu/economic-data/key-statistics/>
- CECIMO. (2020b). *CECIMO Statistical Toolbox for Quarter 1 of 2020*. Recuperado el 8 de VI de 2021, de CECIMO: <https://www.cecimo.eu/economic-data/toolbox/>
- CECIMO. (2021a). *Economic and Statistical Annual Report 2020*. Recuperado el 8 de VI de 2021, de CECIMO: <https://www.cecimo.eu/economic-and-statistical-annual-report/>
- CECIMO. (2021b). *CECIMO Statistical Toolbox for Quarter 4 of 2020*. Recuperado el 8 de VI de 2021, de CECIMO: <https://www.cecimo.eu/economic-data/toolbox/>
- CECIMO. (2021c). *CECIMO Statistical Toolbox for Quarter 1 of 2021*. Recuperado el 16 de XII de 2021, de CECIMO: <https://www.cecimo.eu/economic-data/toolbox/>
- CECIMO. (2021d). *Positive economic indicators despite the ongoing global pandemic*. Recuperado el 16 de XII de 2021, de CECIMO: <https://www.cecimo.eu/news/positive-economic-indicators-despite-the-ongoing-global-pandemic/>
- CECIMO. (2021e). *CECIMO Statistical Toolbox for Quarter 3 of 2021*. Recuperado el 4 de I de 2022, de CECIMO: <https://www.cecimo.eu/economic-data/toolbox/>
- CECIMO. (2022). *Data for the sector*. Recuperado el 2 de III de 2022, de CECIMO: <https://www.cecimo.eu/economic-data/key-statistics/>
- Cohen, M. A. and Whang, S., (1997). Competing in Product and Service: A Product Life-Cycle Model. *Management Science*, Vol. 43, pp. 535-545.

Copani, G., Molinari Tosatti, L., Lay, G., Schroeter, M., Bueno, (2007). New Business Models diffusion and trends in European machine tool industry, *Proceedings 40th CIRP International Manufacturing Systems Seminar*, Liverpool.

Daniyan, I., Mpofu, K., Ramatsetse, B., & Gupta, M. (2021). Review of life cycle models for enhancing machine tools sustainability: lessons, trends and future directions. *Heliyon*, 7(4), e06790.

Datta, S., Vero, S.E., Hettiarachchi, G.M. et al., (2017). Tungsten Contamination of Soils and Sediments: Current State of Science. *Curr Pollution Rep* 3, 55–64.

Denkena, B., Abele, E., Brecher, C., Dittrich, M.-A., Kara, S., & Mori, M. (2020). Energy efficient machine tools. *CIRP Annals*, 69(2), 646–667.

Diaz, N., Helu, M., Jayanathan, S., Yifen Chen, Horvath, A., & Dornfeld, D. (2010). Environmental analysis of milling machine tool use in various manufacturing environments. *Proceedings of the 2010 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology*.

Du, Y., Cao, H., Liu, F., Li, C., & Chen, X. (2012). An integrated method for evaluating the remanufacturability of used machine tool. *Journal of Cleaner Production*, 20(1), 82–91.

EIA, (2011). *Annual Energy Review*. Recuperado el 5 de I de 2022 de EIA: <http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/index.cfm>

Empresa XXI (15 de junio de 2020). Máquina Herramienta "La tecnología que cambiará el mundo Empresa XXI, pág. 48. Recuperado el 8 de VI de 2021 de Empresa XXI: https://global-uploads.webflow.com/5e727cad93c3ad659adffb9e/5ee6c2deba95a642fa220d60_Empresa%20XXI%20-%202020-06-15%20SP%20M%C3%A1quina%20Herramienta%20-%20web.pdf

Europapress. (2020). La Máquina-herramienta afronta un año "duro y complicado", tras una caída de la facturación del 6,80% en 2019. Recuperado el 9 de VI de 2021, de Europapress: <https://www.europapress.es/euskadi/noticia-maquina-herramienta-afronta-ano-duro-complicado-caida-facturacion-680-2019-20200218161334.html>

F., M. (16 de febrero de 2021). La máquina-herramienta reclama apoyo "urgente" al Gobierno vasco y más ayuda al Ixex. Recuperado el 17 de VI de 2021, de Expansión: <https://www.expansion.com/pais-vasco/2021/02/16/602bedc2468aeb9d068b45a3.html>

Ford, S., & Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1573–1587.

Fraunhofer. (9 de Agosto de 2012). *Energy-Using Product Group Analysis - Lot 5, Machine tools and related machinery*. Recuperado el 4 de VIII de 2021, de Netzwerke: https://netzwerke.bam.de/Netzwerke/Content/DE/Downloads/Evpg/Industrie/405_vorstudie.pdf?__blob=publicationFile

Gebauer, H., Fleisch, E. and Friedli, T. (2005). Overcoming the Service Paradox in Manufacturing Companies. *European Management Journal*, 23, 14-26.

Ihobe. (Febrero de 2010). Guías sectoriales de ecodiseño. Máquina herramienta (S. P. IHOBE, Ed.) Recuperado el 4 de VIII de 2021, de Euskadi.eus: https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/guias_sectoriales_ecodiseno/eu_def/adjuntos/maquina_herramienta.pdf

Irekia. (28 de 5 de 2018). El 90% de la máquina herramienta del Estado español se construye en Euskadi. Recuperado el 7 de I de 2022, de Irekia: <https://www.irekia.euskadi.eus/es/news/46306-maquina-herramienta-del-estado-espanol-construye-euskadi>

Józwik, J., Wac-Włodarczyk, A., Michałowska, J., Kłoczko, E. M. (2018). Monitoring of the Noise Emitted by Machine Tools in Industrial Conditions. *Journal of Ecological Engineering*, 19(1), 83-93

Kline, S. (6 de 4 de 2020). *World Machine Tool Report Shows Manufacturing Shift to North America*. Modern Machine Shop. Recuperado el 9 de VI de 2021, de MMS: <https://www.mmsonline.com/articles/world-machine-tool-report-shows-manufacturing-shift-to-north-america>

Li W, Zein A, Kara S, et al., (2011). An Investigation into Fixed Energy Consumption of Machine Tools. In: *Glocalized Solutions for Sustainability in Manufacturing. Proceedings of the 18th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 268–275.

Market Data Forecast. (2020). *Europe Machine Tools Market by Product Type, End-User, and Region – Forecast to 2025*. <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/europe-machine-tools-market>

Market Data Forecast. (2021). *MEA Machine Tools Market-Forecast to 2026*. <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/mea-machine-tools-market>

Market Prospects. (5 de Junio de 2020). *The History of Industry 4.0 and How To Changing Machine Tools*. Recuperado el 26 de I de 2022, de <https://www.market-prospects.com/articles/industry-4-0-how-to-changing-machine-tools>

Market Prospects. (6 de julio de 2020). *The Economic and Trade Situation of the Global Machine Tool Market in 2019*. Recuperado el 17 de VI de 202, de Market Prospects: <https://www.market-prospects.com/articles/global-machine-tool-market-situation-in-2019>

Moultrie J, Maier AM. (2014). A simplified approach to design for assembly. *Journal of Engineering Design*. 25 (1-3): p.44-63.

Nehler, Therese. (2018). Linking energy efficiency measures in industrial compressed air systems with non-energy benefits – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 89, 72–87.

Pawanr S, Garg GK, Routroy S. (2019). Multi-objective optimization of machining parameters to minimize surface roughness and power consumption using TOPSIS. *Procedia CIRP*; 86: 116–120.

Pawanr, S., Garg, G. K., & Routroy, S. (2021). Development of a Transient Energy Prediction Model for Machine Tools. *Procedia CIRP*, 98, 678–683.

Phuluwa, H. S., Mpofu, K., & Trimble, J. A. (2019). Cellular demanufacturing layout in a rail industry: End-of- life components reusability. *Procedia Manufacturing*, 38, 307–315.

Rajinder Kumar. (2018) "Theoretical analysis of machine tool vibrations". *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, E-ISSN 2348-1269, P- ISSN 2349-5138, Volume.5, Issue 2, Page No pp.634-638.

Shi, J., Hu, J., Ma, M. and Wang, H. (2021), "An environmental impact analysis method of machine-tool cutting units based on LCA", *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.

Sibanda, V., Mpofu, K., Trimble, J., & Kanganga, M. (2019). Engineering Design Featuring the Life Cycle Approach for Reconfigurable Machine Tool. *Procedia CIRP*, 84, 948–953.

Skerlos, S. J. (2013). Cutting Fluids and Their Environmental Impact. *Encyclopedia of Tribology*, 655–660.

Statista (2021). *Machine tool producers' market share in 2020, by country*. Recuperado el 7 de II de 2022, de Statista: <https://www.statista.com/statistics/264213/leading-countries-in-machine-tool-production-based-on-market-share/>

Statista. (11 de Mayo de 2020). *Leading countries in the production of machine tools in 2018, based on production value*. Recuperado el 8 de VI de 2021, de Statista: <https://www.statista.com/statistics/268021/production-of-machine-tools-worldwide/>

Supekar, S. D., Graziano, D. J., Skerlos, S. J., & Cresko, J. (2020). Comparing energy and water use of aqueous and gas-based metalworking fluids. *Journal of Industrial Ecology*, 24(5), 1158–1170. doi:10.1111/jiec.12992

UNEP Van der Voet, E.; Salminen, R.; Eckelman, M.; Mudd, G.; Norgate, T.; Hirsch, R. (2013). Environmental Risks and Challenges of Anthropogenic Metals Flows and Cycles, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel.

VDW. (2021). *Supply bottlenecks holding back metalforming production*. Recuperado el 7 de 11 de 2022, de VDW: <https://vdw.de/en/supply-bottlenecks-holding-back-metalforming-production/>

Wegener, K., et al. (2017). Fluid elements in machine tools. *CIRP Annals*, 66(2), 611–634.

Windahl, C., Andersson, P., Berggren, C., Nehler, C., (2004). Manufacturing firms and integrated solutions: characteristics and implications. *European Journal of innovation management*, Vol. 7, pp. 218– 228.

Xu, L., Xiao, Y., van Sandwijk, A., Xu, Q. and Yang, Y. (2014). Separation of Zirconium and Hafnium: A Review. In *Energy Materials 2014*, (Ed.).

Yellishetty, M., Mudd, G.M., Ranjith, P.G., Tharumarajah, A. (2011). Environmental life- cycle comparisons of steel production and Recycling: Sustainability issues, problems and prospects. *Environmental Science & Policy*, vol. 14, pp. 650 – 663.

Zeiler, B., Bartl, A., & Schubert, W.-D. (2021). Recycling of tungsten: Current share, economic limitations, technologies and future potential. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 98, 105546.

Zhou, L., Li, J., Li, F., Meng, Q., Li, J., & Xu, X. (2016). Energy consumption model and energy efficiency of machine tools: a comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3721–3734.