

I+D+i EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES**LA PLATAFORMA TEMÁTICA INTERDISCIPLINAR DEL CSLC PARA EL DESARROLLO DE LA FABRICACIÓN ADITIVA COMO EJEMPLO DE COLABORACIÓN PÚBLICO-PRIVADA*****J. de Damborenea¹, C. Capdevilla², I. García¹***¹ Departamento de Ingeniería de Superficies, Corrosión y Durabilidad² Departamento de Metalurgia Física

Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas CENIM-CSIC

Av. Gregorio del Amo 8 – 28040 Madrid

Correspondencia a: jdambo@cenim.csic.es

Resumen: La Plataforma Temática Interdisciplinaria para el desarrollo de la Fabricación Aditiva (FAB3D) pretende aunar el conocimiento generado en la Academia (CSIC, Universidad, Centros Tecnológicos) con la experiencia y la capacidad innovadora de la Industria, lo que ayudará a dar un salto cualitativo en los procesos de fabricación. Para ello se pretenden desarrollar las técnicas de fabricación aditiva tanto en materiales metálicos como en poliméricos o cerámicos, poniendo a disposición de la industria española la investigación que se realiza en nuestros desde una perspectiva global: desde el concepto hasta la funcionalización final de la pieza que se quiere incorporar al proceso productivo.

Palabras clave: Fabricación aditiva, Industria 4.0, diseño, funcionalización.

1. INTRODUCCION.

En enero del 2020, la consultora McKinsey & Company presento su informe “Industry’s fast-mover advantage: Enterprise value from digital factories” en el que se plasma que las industrias que ya han introducido las tecnologías digitales de la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0) en sus procesos están teniendo una ventaja competitiva considerable con respecto a sus competidores. Esta ventaja inicial genera no sólo más valor para sus propias empresas sino también para la Sociedad en su conjunto [1]. Además, una de las principales conclusiones de este informe es que las empresas que no se unan a esta nueva revolución industrial se les acaba su tiempo. Este informe se suma a los numerosos estudios científicos y económicos que se han publicado en la última década y que abordan no solo aspectos técnicos sino el profundo impacto de estas tecnologías. Impactos por ejemplo en la salud y bienestar de la población, el impacto ambiental, o la posibilidad de revolucionar la distribución de productos a través de la reconfiguración de la cadena de suministro [2].

Sin embargo, aún hay tiempo para reaccionar y posicionarse en este mercado emergente. Para lograr este fin las empresas deben integrar en sus sistemas de producción máquinas y tecnologías digitales, redefiniendo el papel de va a realizar el personal técnico.

La fabricación aditiva, conocida por sus siglas en inglés AM, es uno de los pilares básicos de esta nueva revolución industrial. Se espera que Europa sea, en los

próximos años, el motor mundial de la fabricación aditiva, seguida de EE.UU. El informe Wohlers 2018 prevé un crecimiento de la fabricación aditiva hasta situarla en torno a los 6.300 millones de euros. En el caso de España, de más reciente incorporación a este tipo de tecnologías disruptivas, el volumen de negocio se cifra en unos 100 millones de euros pero con una generación de empleo aun inferior al millar de personas [3].

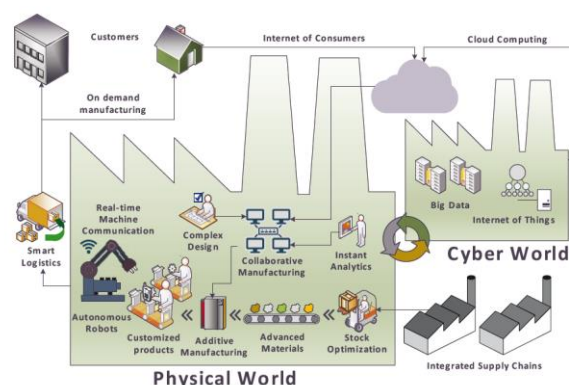


Figura 1. Esquema de las factorías inteligentes con los requisitos requeridos por la industria 4.0 (extraído de referencia [4])

Pero esta revolución tecnológica presenta todavía importantes retos que superar. Por un lado, esta nueva adaptación al sistema productivo va a requerir de cambios en el esquema del sistema productivo actual. Se va a necesitar que las personas que se incorporen al proceso productivo tengan una preparación diferente a

la que se requería hasta ahora. Como se reconocía en el informe CECIMO de la European Association of the Machine Tool Industry and related Manufacturing Technologies [5], “la falta de habilidades técnicas en el área de la AM sigue siendo uno de los mayores obstáculos para el crecimiento de esta tecnología”. Por otra, tanto el diseño como las propiedades de las piezas que se quieran introducir en el mercado, deben pasar por un cuidadoso proceso de investigación, desarrollo y certificación previa.

2. La Plataforma Temática Interdisciplinar FAB3D del CSIC.

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, el mayor organismo público de investigación de España, tienen encomendado en su Estatuto “el contribuir al avance del conocimiento y al desarrollo económico, social y cultural, así como a la formación de personal y al asesoramiento a entidades públicas y privadas en estas materias”. Dentro de este contexto general, el CSIC ha planteado la creación de una serie de Plataformas Tecnológicas Interdisciplinares, orientadas a resolver los retos planteados por la Sociedad actual. Retos que deben combinar investigación y empresas en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU y con las misiones de investigación del futuro programa marco de I+D+I de la Unión Europea (Horizonte Europa).

La plataforma FAB3D ha surgido para colaborar con la industria española en el desarrollo e implantación de la Fabricación Aditiva. Actualmente está compuesta por 19 grupos de investigación del CSIC que aportan experiencia y conocimiento en los distintos materiales (metales, polímeros, cerámicos, etc) sobre los que se pretende trabajar. Complementados, además, por grupos con experiencia en la investigación de nuevos láseres o en la automatización de procesos complejos. En la tabla adjunta se presentan estos grupos si bien debe indicarse que no se trata de una propuesta cerrada sino abierta a nuevos grupos que quieran incorporarse a esta iniciativa. Un punto fuerte de estos grupos es el que poseen amplios conocimientos en la caracterización de materiales (desde biomateriales a microelectrónica pasando por materiales estructurales o funcionales) así como en los distintos focos sobre lo que gira el proceso de fabricación aditiva, figura 2. La plataforma tiene, además, capacidad para el diseño y preparación de polvos, tintas, filamentos, etc, lo que abre nuevas vías en el proceso de fabricación. A la posibilidad de producir filamentos poliméricos o polvos metálicos, que permitirá diseñar nuevos materiales, se une la experiencia en operaciones de post-procesado mediante tratamientos térmicos o superficiales, junto con la caracterización de las piezas producidas (especialmente en las propiedades críticas para piezas 3D).

La PTI-FAB3D se ha planteado los siguientes objetivos iniciales:

- Ser un foro que ayude a definir tanto líneas de investigación como de política científica del CSIC y de las agencias financiadoras.

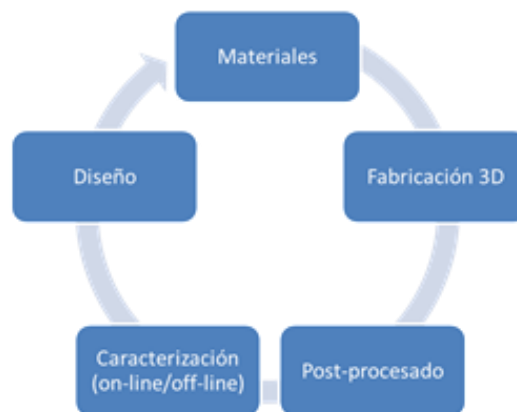


Figura 2. Proceso de fabricación aditiva.

- Debater entre grupos de investigación y empresas sobre problemas específicos que puedan abordarse mediante propuestas de proyectos y contratos. La colaboración entre los grupos del CSIC podrá armar equipos de investigación más amplios y pluridisciplinarios que los haga más competitivos.
- Identificar debilidades en las infraestructuras científicas, técnicas y recursos humanos del CSIC para que la política científica del CSIC pueda resolverlo y hacer al CSIC más competitivo en el proceso integral de las tecnologías de fabricación aditiva.
- Desarrollar las tecnologías de fabricación aditiva según los principios de Responsabilidad Social de la Ciencia y la Tecnología y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

3. Colaboración con el sector industrial

Como hemos comentado, la Plataforma FAB3D pretende ser un foro de debate que permita dar solución a los retos científico-tecnológicos que obstaculizan la plena implantación de la fabricación aditiva. Las ventajas para el sector industrial son evidentes: menor cantidad de materia prima por unidad producida, reducción del consumo energético, disminución del número de piezas en los stocks de producción, fabricación personalizada y, finalmente, procesos ambientales y socialmente sostenibles.

Para ello es necesario que el conocimiento científico-técnico generado por los grupos de investigación del CSIC impulsores de esta plataforma, conecte con los retos y necesidades de la industria. Por ello será necesario estar presente en las iniciativas dirigidas a empresas, como la *Acción estratégica industria conectada 4.0* de la Secretaría General de Industria y Pequeña y Mediana Industria, que tengan como objetivo fundamental incrementar el valor añadido y el empleo en el sector industrial español. Creemos que la Plataforma puede contribuir a promover acciones competitivas diferenciales para favorecer la industria española e impulsar sus exportaciones. En la siguiente tabla se presentan las empresas actualmente involucradas en la creación de la Plataforma

Empresa	Sector
Renishaw	Diseño y fabricación de sistemas de fabricación aditiva
Gonvarri	Transformación del acero plano y aluminio
John Deere	Fabricación de maquinaria agrícola
ArcelorMittal	Producción de acero y aceros especiales
BATZ	Productos y servicios para automoción
Acerinox	Fabricación de aceros inoxidable
SIDENOR	Producción de aceros y piezas forjadas.
Airbus	Diseño, fabricación y venta aviones civiles.
DomoTek	Impresión 3d, prototipado rápido en polímeros
3r3d	Fabricación de filamentos para impresión 3D
Alíberico/Alucoat	Fabricación de Materiales Avanzados de Aluminio
Arô Company	Marketing y diseño
CTID	Servicios de ingeniería de diseño y cálculo
PLATEA	Plataforma Tecnológica Española del Acero
UNESID	Asociación de Empresas Productoras de Acero
EDDM Training	Escuela de formación superior en ingeniería
Adatica Engineering	Proyectos de ingeniería y fabricación

Como puede apreciarse, la interacción entre la comunidad científica y la industria se establece en base a un carácter multidisciplinar y multisectorial. En esta plataforma se integran fabricantes de equipos originales (OEM), proveedores de materiales y productores de una amplia gama de bienes de consumo e industriales. Esta industria abarca varios sectores, como maquinaria industrial, aviación, salud, herramientas, fabricación de metales, electrónica, moda, infraestructuras, etc.

Un ejemplo de la fabricación de este tipo de materiales con interés tecnológico se recoge en la figura 3, donde se muestra un disco sólido, un scaffold y un pin hechos mediante la técnica de “Direct metal laser sintering (DMLS) con polvos de Ti6Al4V, con aplicaciones tanto en la industria biomédica como en la aeroespacial.

Es importante recalcar que la Plataforma no pretende “producir” (ni tan siquiera pequeñas series), dado que entendemos que esa es la tarea de la industria. Nuestra meta es proporcionar los estudios básicos que permitan a las empresas la fabricación de piezas reales con diseños y propiedades mejoradas.

Grupo de investigación CSIC en FAB3D	
Transformaciones de Fase en Estado Sólido (MATERIALIA)	CENIM
Corrosión y Protección de Materiales Metálicos (COPROMAT)	CENIM
Materiales Metálicos Procesados por Técnicas de no Equilibrio (MANOEQ)	CENIM
Propiedades Mecánicas y Conformado (PROMEKO)	CENIM
Materiales Avanzados de Alto Valor Añadido (AVANZA)	CENIM
Cerámica técnica	ICV
Síntesis y procesado coloidal	ICV
Funcionalización de Polímeros	ICTP
Composites polimericos	ICTP
Biomateriales	ICTP
Ingeniería macromolecular	ICTP
Sistemas Poliméricos Nanoestructurados y Multicomponentes	ICTP
Química Laser	ICMA
Cristales líquidos y polímeros	ICMA
Advanced Automation of Machines, Highly Complex Processes and Environments	CAR
Surface Nanostructuring for Space and Terrestrial Communications	ICMM
Grupo de Exposición Ocupacional a Contaminantes en el Aire	IDAEA
Grupo de Reciclado de Materiales	IETCC
Laboratorio de Morfología Virtual	MNCN

Los países pueden producir más por menos especializándose en lo que hacen mejor y explotando economías de escala en los mercados mundiales. Y no solo las grandes empresas se benefician de este proceso. El 80% de los exportadores europeos son pequeñas y medianas empresas (PYME) y cada mil millones de euros de exportaciones respaldan 14 000 empleos. Sin embargo, estos beneficios no son automáticos ni se distribuyen de manera uniforme. Los costes son a menudo localizados y algunas industrias y regiones se ven especialmente afectadas. La demanda de mano de obra cualificada ha aumentado, pero la cantidad de empleos para aquellos con cualificaciones de nivel más bajo se ha reducido, particularmente en el sector

manufacturero. Los trabajadores desplazados luchan por encontrar trabajo, especialmente cuando esto significa adquirir nuevas habilidades.

Como ya se ha descrito, una de las actividades de la plataforma FAB3D es potenciar la formación de personal cualificado y preparado para implantar esta tecnología de fabricación en todos los sectores implicados. Programas como el Doctorado Industrial, donde la colaboración a tres partes entre una empresa, el CSIC y una universidad que flexibiliza sus programas de formación a las necesidades actuales de la industria, como puede ser la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) o la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP), podría constituir el marco adecuado para este fin.

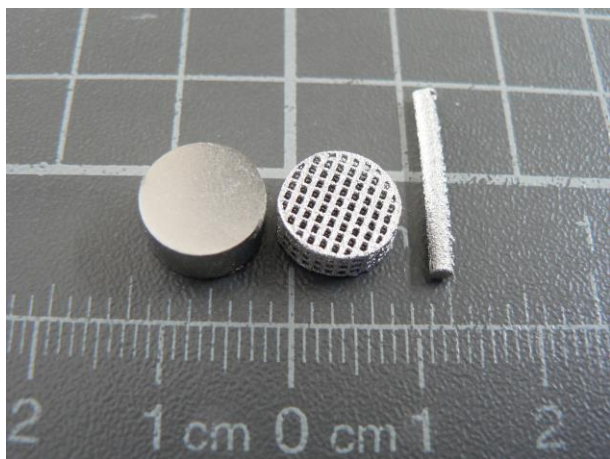


Figura 3. Discos sólidos, scaffold y pin de la aleación Ti6Al4V producidos por Fabricación Aditiva.

4. Retos de la Fabricación Aditiva

A pesar de que las tecnologías de fabricación aditiva tienen ya un cierto grado de implantación industrial y que la propia tecnología puede considerarse en un estado avanzado de desarrollo, siguen existiendo retos importantes que abordar. Entre ellos destacamos los que, a nuestro juicio, tendrá que abordar la Plataforma:

- Incertidumbre en el alcance e impacto en la industria y en la sociedad
- Limitaciones tecnológicas: ampliar el rango de materiales incluyendo compuestos y materiales funcionales gradiente.
- Desarrollo de equipamiento y software.
- Efectos sobre la salud (empleo de partículas ultrafinas/nanopartículas)
- Estudios más profundos sobre consumo energético y huella de carbón de la manufactura aditiva.

Para superar estos retos, hay un último factor en el que la Plataforma debe incidir de manera especial: potenciar la formación de personal cualificado y preparado para implantar esta tecnología de fabricación en todos los sectores implicados. Desde FAB3D se desea fomentar la implantación de cursos de especialización, participar en programas universitarios, como el Doctorado Industrial,

y realizar seminarios y jornadas de actualización técnica para el personal de la industria.

5. Conclusiones

La fabricación aditiva cambiará profundamente la producción y tendrá consecuencias radicales para la fuerza laboral de Europa, necesiéndose empleos altamente cualificados. Pero por otro lado el uso de esta tecnología fomentará la fabricación local (de proximidad) y ofrecerá la oportunidad de retener empleos tanto a nivel nacional como europeo.

Somos conscientes de que esta Plataforma sólo tendrá éxito si es capaz de fomentar una colaboración activa entre las empresas participantes (y las que se pudieran incorporar), el CSIC y las universidades que se integren en la Plataforma. Es necesario, además, que los centros universitarios flexibilicen sus actuales programas de formación a las necesidades actuales de la industria y que desde el CSIC se fomente la realización de cursos específicos.



Plataforma CSIC para el Desarrollo de la Fabricación Aditiva

<https://pti-fab3d.csic.es>

6.- REFERENCIAS

- [1] F. Betti, E. de Boer, Y. Giraud “Industry’s fast-mover advantage: Enterprise value from digital factories. McKinsey&Company, January 2020. Disponible en <https://www.mckinsey.com/>
- [2] Huang, S.H., Liu, P., Mokasdar, A. et al. Additive manufacturing and its societal impact: a literature review. *Int J Adv Manuf Technol* 67, 1191–1203 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4558-5>
- [3] ICEX, Fabricación aditiva, un futuro de impresión... en 3D. *El Exportador*, noviembre 2018. Disponible en www.icex.es
- [4] U. M. Dilberoglu, B. Gharehpapagh, U. Yaman, M. Dolen. “The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0” *Procedia Manufacturing* 11 (2017) 545 – 554
- [5] European Association of the Machine Tool Industry and related Manufacturing Technologies, *Activities Report 2018*. Disponible en www.cecimo.eu/wp-content/uploads/2019/03/AM-Activities-Report-2018.pdf