

PREVENCIÓN Y RETOS 4.0

**R-EVOLUCIÓN INDUSTRIAL:**  
MÁS SEGURA  
MÁS PRODUCTIVA  
MÁS HUMANA

# SISTEMAS DE FABRICACIÓN ADITIVA

EN PREVENCIÓN DE  
RIESGOS LABORALES



PREVENCIÓN Y RETOS 4.0

**R-EVOLUCIÓN INDUSTRIAL:**

MÁS SEGURA  
MÁS PRODUCTIVA  
MÁS HUMANA

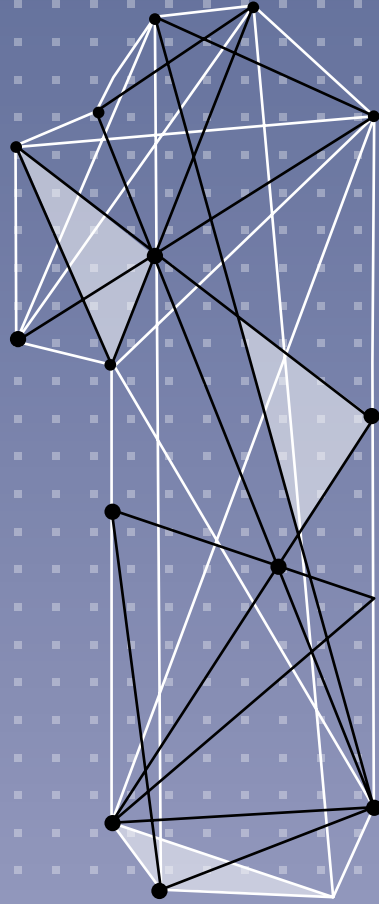
# SISTEMAS DE FABRICACIÓN ADITIVA

EN PREVENCIÓN DE  
RIESGOS LABORALES

## ÍNDICE



<b>1</b>	INTRODUCCIÓN	>>3
<b>2</b>	VENTAJAS DEL USO DE LA FABRICACIÓN ADITIVA	>>8
<b>3</b>	CONSIDERACIONES PARA LA IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA EN LA EMPRESA	>>10
<b>4</b>	RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN RIESGOS LABORALES EN FABRICACIÓN ADITIVA	>>12
<b>5</b>	RETOS Y DESAFÍOS DE LAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA	>>16



# INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN A LAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA

Los procesos de fabricación industrial son aquellos procesos de transformación, por los que los materiales brutos se convierten en productos acabados con valor en el mercado, mediante una combinación de mano de obra, maquinaria, herramientas especiales y energía.

Entre los existentes, destacan los siguientes: **procesos por eliminación de material, por fusión y moldeo, por deformación, por soldadura y por sinterizado.**

En los años 80, bajo el nombre de “**prototipado rápido**” aparece la primera tecnología de fabricación aditiva: **la estereolitografía.**

A partir de ese momento nace la fabricación aditiva. Esta se define como el proceso de unión de materiales para fabricar piezas u objetos a partir de datos de modelos 3D, generalmente capa a capa, en oposición a métodos de fabricación mediante eliminación de material y de conformado.

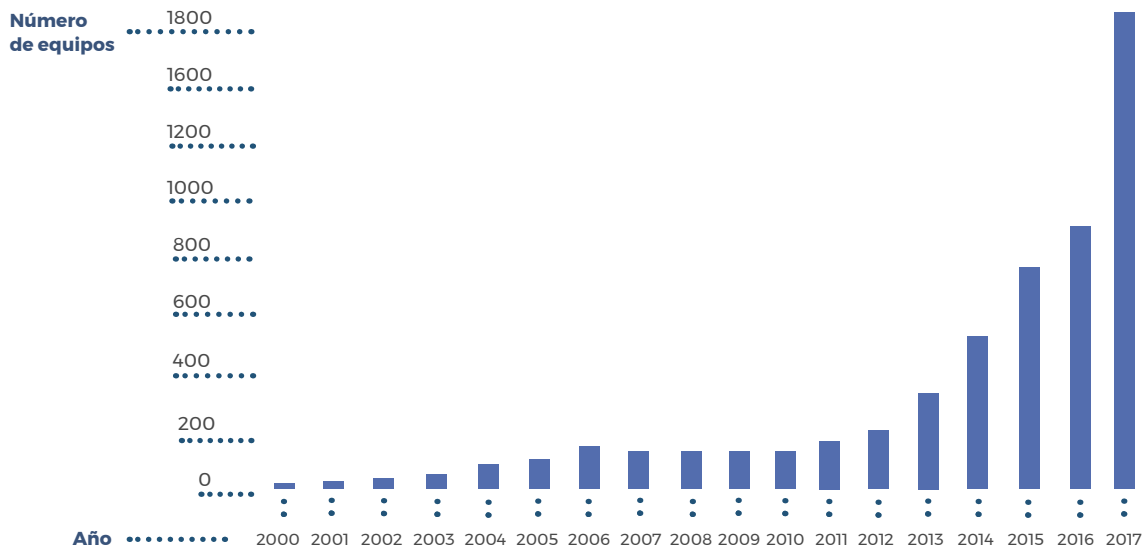
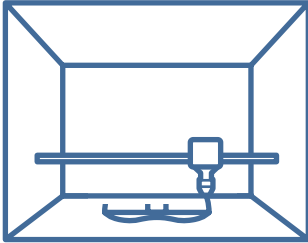


Gráfico 1: Ventas mundiales de equipos de fabricación aditiva en metal





## DEFINICIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN ADITIVA

Cualquier proceso de fabricación aditiva empieza con un **modelo 3D de la pieza**, que puede venir directamente del diseño realizado en oficina técnica o bien del escaneado de una determinada pieza. Éste, se transforma generalmente en un fichero digital en formato STL o AMF que representa la pieza mediante una malla triangular. Dependiendo de la tecnología, se debe incluir geometría auxiliar (soportes) para garantizar la fabricación.

Una vez se dispone del **fichero STL verificado**, se divide en finísimas capas. Este proceso de capeado se realiza en un software específico para estas tecnologías.

Dicho fichero se transmite a la **máquina o impresora 3D**, donde se asignan los parámetros de fabricación (los cuales dependen del tipo de tecnología de fabricación aditiva a utilizar y del material) y se procede a su fabricación.

Cuando finaliza la **fabricación**, se extrae la pieza de la máquina, y se eliminan los soportes. Dependiendo de la tecnología de fabricación aditiva, del material y de los requerimientos de los clientes, será necesario aplicar algún postproceso, ya sea **mecánico, químico o térmico**, para el acabado final de la pieza o el prototipo, mejorando la calidad superficial o la resistencia del mismo.



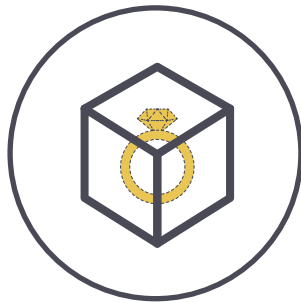
PRINCIPALES APLICACIONES

## PRINCIPALES APLICACIONES

De modo genérico, las aplicaciones de las tecnologías de fabricación aditiva se pueden dividir en cuatro categorías: **prototipo, máster, utillajes y pieza final.**

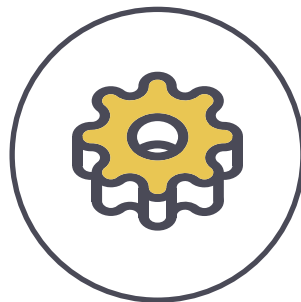
Las aplicaciones de las tecnologías de fabricación aditiva se pueden dividir en cuatro categorías: **Prototipo, máster, utillajes y pieza final.**

- **Prototipo:** representación física de un producto que puede ser utilizada para su análisis, diseño y evaluación.



- **Máster:** es posible fabricar geometrías como base de otros procesos de fabricación indirectos, como son la microfusión o colada en vacío.

- **Utillajes:** fabricación de moldes, matrices y otros dispositivos, con cierto valor añadido en comparación con la fabricación convencional. Un ejemplo puede ser una refrigeración adaptada a la geometría mediante la formación de canales internos, eliminación de soldaduras, diseño adaptado a la pieza a fabricar, etc.



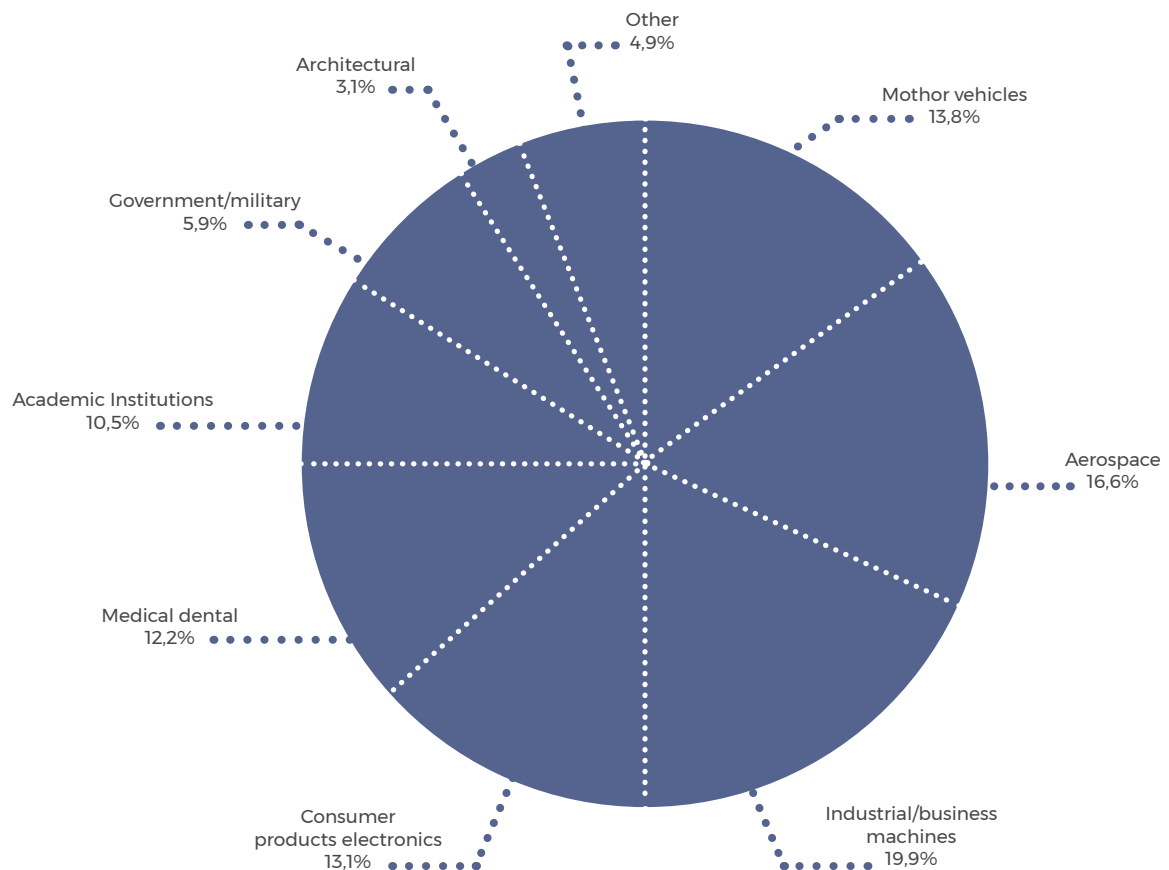
- **Pieza final:** elemento funcional que puede constituir todo o una parte del producto previsto.



## SECTORES DE APLICACIÓN

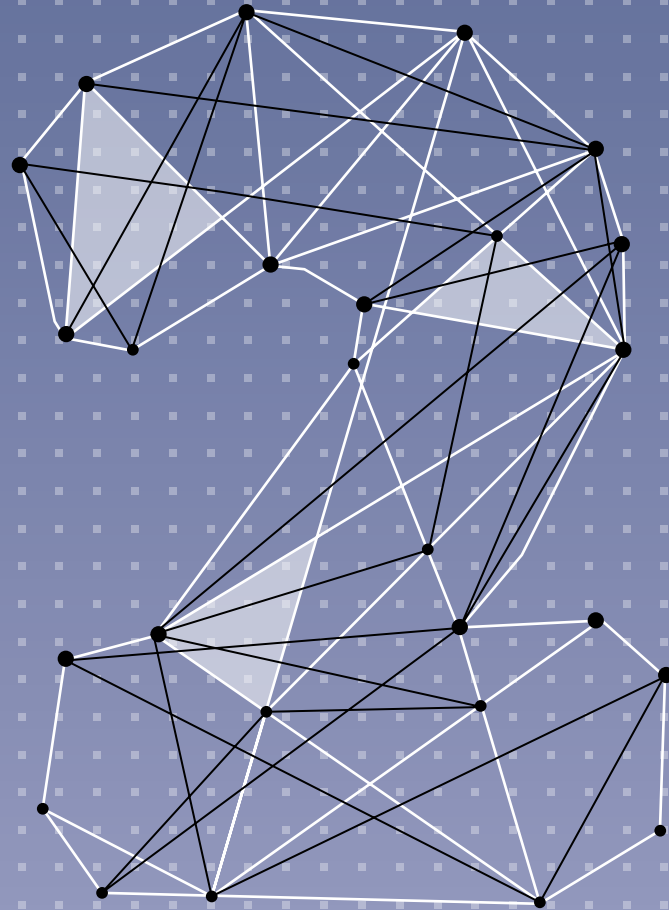
Los sectores de aplicación de la fabricación aditiva están estrechamente relacionados con la selección de materiales y tecnologías. **Algunas de las principales aplicaciones de la tecnología de fabricación aditiva se clasifican por campo de especialización, como:**

- Transporte y movilidad (aeronáutico, automoción, espacial).
- Bienes de equipo (componentes de maquinaria, útiles y herramientas).
- Bienes de consumo (componentes de productos, accesorios de moda).
- Salud (ortesis, prótesis, componentes, equipos médicos).
- Energía (componentes).



Fuente: Wholers Associates, Inc





# VENTAJAS DEL USO DE LA FABRICACIÓN ADITIVA

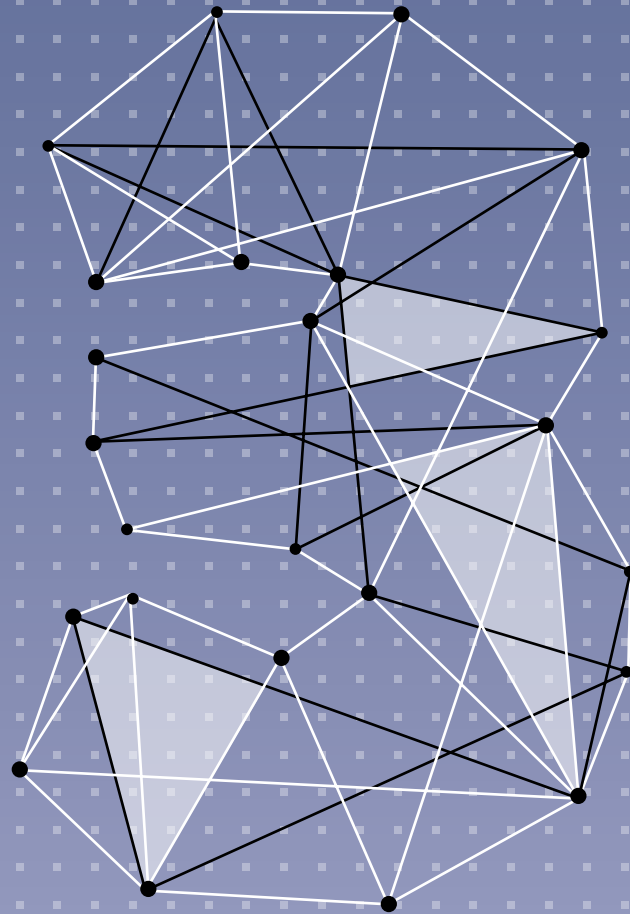


## VENTAJAS DEL USO DE LA FABRICACIÓN ADITIVA

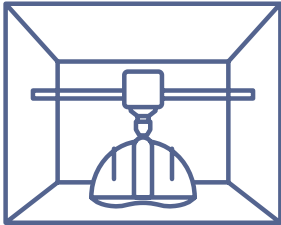
Las principales ventajas que aporta la fabricación aditiva aparecen a continuación:

- Tecnologías que facilitan la **personalización de producto**, dado que parten de un fichero 3D sobre el que se pueden hacer modificaciones de diseño. La fabricación aditiva permite la obtención de productos personalizados adaptados a la morfología de los usuarios cuyas características y datos se recogen mediante sistemas de escaneado. Esta personalización de productos se puede utilizar, por ejemplo, en la obtención de EPIs que mejoren el confort de los trabajadores puesto que se adaptan perfectamente a su morfología. Además son más ligeros, ya que se aprovechan todas las ventajas que aportan los procesos de fabricación aditiva.
- **Reducción del tiempo necesario de puesta en el mercado** de productos, sin la necesidad de fabricar utillajes específicos.
- **Menor limitación geométrica**. Las tecnologías de FA pueden producir piezas con casi cualquier forma y complejidad. Las tecnologías de FA, por ejemplo, pueden producir piezas y moldes con canales de circulación de fluidos con cualquier forma y ramificación, o fabricar productos con huecos o cavidades internas o estructuras porosas.
- **Ahorro de material**. El material es añadido selectivamente y no sustraído desde un bloque, con lo que se limita el desperdicio de materiales.
- **Fabricación de piezas sin necesidad de inversión en moldes o utillaje**. La pieza se produce directamente a partir del fichero CAD 3D.
- **Fabricación de geometrías imposibles** para los procesos convencionales.
- **Fabricación de piezas aligeradas** mediante un diseño optimizado de producto adaptado a los requisitos funcionales de la pieza.
- **Reducción de ciertos riesgos** asociados a otros procesos de fabricación en los que se precisan más equipos de fabricación. En FA se puede simplificar el proceso, limitando los equipos involucrados y con unas condiciones ambientales más controladas.





# **CONSIDERACIONES PARA LA IMPLANTACIÓN DE FABRICACIÓN ADITIVA EN LA EMPRESA**



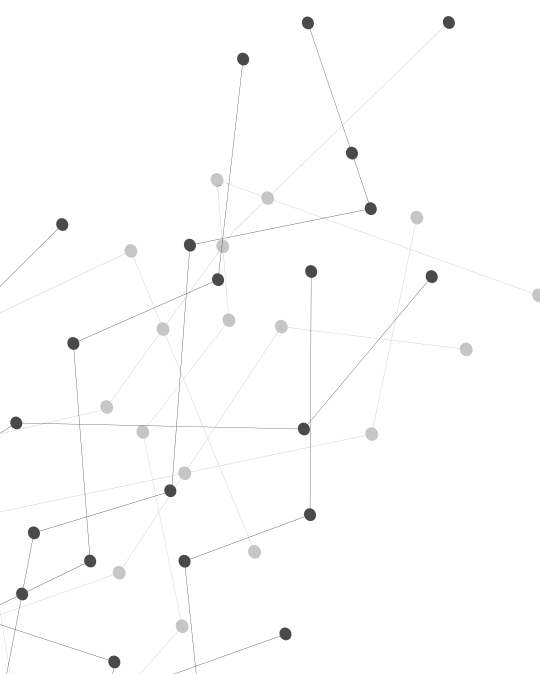
## CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA

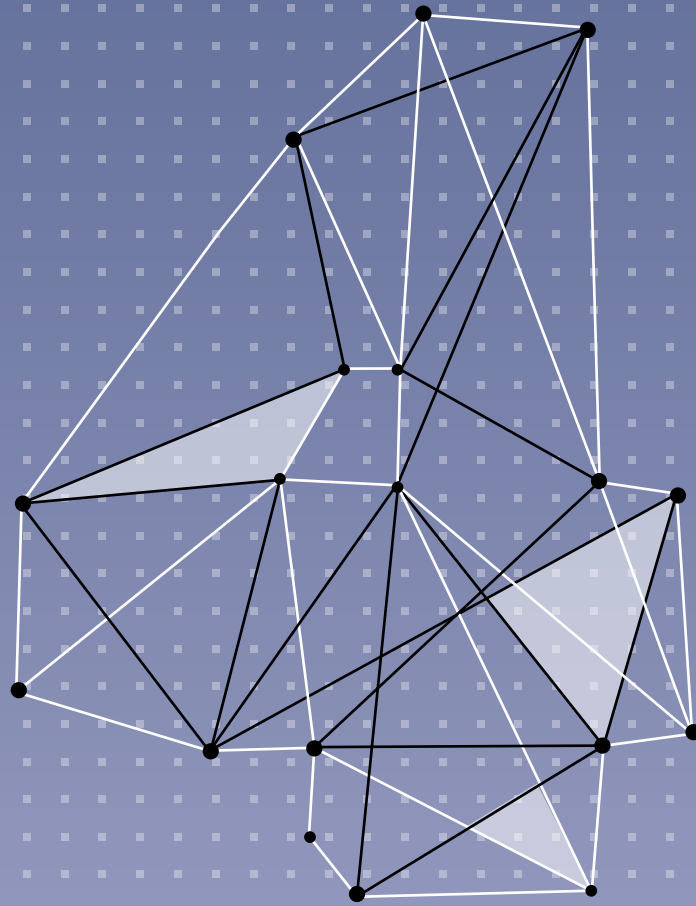
Existen básicamente dos categorías diferentes de procesos de fabricación aditiva:

- **Procesos de una sola etapa:** Las piezas se fabrican en una sola operación, en la que se obtienen simultáneamente la forma geométrica y las propiedades básicas del material con el que se fabrica el producto deseado.
- **Procesos de varias etapas:** Las piezas se fabrican en dos o más operaciones, en las que la primera proporciona habitualmente la forma geométrica básica, y en las siguientes se consolida la pieza con las propiedades previstas del material.

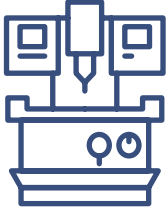
**Haz click aquí** para acceder a la infografía donde se resume la clasificación de las principales tecnologías de la fabricación aditiva.

Las diferentes propiedades de las diversas tecnologías son las que determinan los riesgos laborales a los que se enfrentan los usuarios.





# **RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN FABRICACIÓN ADITIVA**



## MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN FABRICACIÓN ADITIVA

Se describen a continuación los principales riesgos laborales asociados a estas tecnologías y sus medidas de prevención:

Riesgos	Medidas preventivas
<p><b>Atrapamiento o aplastamiento</b> por/entre objetos o con partes móviles de la maquinaria, bien por acceso a elementos peligrosos durante el uso, la preparación de la máquina o por operaciones de mantenimiento.</p>	<p><b>Seguridad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección mediante resguardos y/o dispositivos.</li> <li>• Disponer de pulsador de parada de emergencia identificable y accesible.</li> <li>• Facilitar manual de instrucciones. Utilizar según las especificaciones del fabricante.</li> <li>• Implantar procedimientos de uso y mantenimiento periódico seguros según instrucciones del fabricante.</li> <li>• Evitar el uso de ropa holgada, cadenas, anillos o cabello suelto.</li> </ul>
<p>Riesgos derivados de realizar <b>tareas de investigación</b> y desarrollo con materiales o parámetros de procesos nuevos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer procedimientos de trabajo adecuados para la investigación, aplicando medidas preventivas (cumplimiento de lo indicado en las fichas de seguridad, uso de EPIS, etc.). En caso necesario, designar un recurso preventivo.</li> </ul>
<p><b>Incendio</b> por sustancias inflamables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponer de fichas de seguridad y seguir las instrucciones indicadas.</li> <li>• Realizar operaciones de mantenimiento y de gestión de residuos de manera frecuente y adecuada.</li> <li>• Disponer de medios de extinción adecuados.</li> </ul>
<p><b>Explosión</b>, bien por realizar tareas en atmósferas explosivas debidas al uso de materiales en polvo, gases o productos químicos, o bien por presencia de instalaciones de aire comprimido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación de las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas. Señalizar las áreas ATEX así como colocar señales de "prohibido" el uso de teléfonos móviles, encender llamas y fumar, etc.</li> </ul>



**Riesgos**

**Medidas preventivas**



- Asegurar la correcta conexión a tierra de los equipos para evitar cargas electrostáticas.
- Uso de alfombrillas antiestáticas.
- Trabajar con equipos ATEX siguiendo indicaciones del fabricante.
- Realizar revisiones periódicas de la instalación.

**Proyección** de fragmentos o partículas.

- Encerramiento del proceso, empleo de ventilación y extracción general o localizada. Mantenimiento de los sistemas.
- Utilización de EPIS adecuados: protección ocular.
- No sacudirse la ropa al terminar la jornada laboral ni limpiarla con aire comprimido.

**Golpes y cortes** por manipulación de piezas o herramientas durante la fabricación y los postprocesos.

- Uso de EPIS adecuados: guantes.
- Elección, uso y mantenimiento adecuado de la herramienta.

**Caída de objetos** en manipulación.

- Uso de EPIS adecuados: calzado de seguridad.
- Utilizar medios auxiliares para el transporte y manipulación de cargas pesadas.

**Contactos térmicos** con superficies calientes.

- Utilizar EPIS adecuados: guantes de protección térmica.

**Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos**, bien por permanencia prolongada en posición de pie o sentado, o en la manipulación manual de cargas.

**Ergonomía**

- Realizar estudios ergonómicos específicos.
- Emplear, siempre que sea posible, medios mecánicos para el manejo de cargas (carretillas, carros, etc.).
- Se recomienda no rebasar 25 kg para hombres y 15 kg para mujeres.
- Alternar tareas en posición de pie/sentado.
- Establecimiento de pausas durante el trabajo para facilitar la recuperación muscular.



**Riesgos**

**Medidas preventivas**

**Exposición a sustancias nocivas o tóxicas** (triácidos, resinas, polímeros, poliuretanos termoestables, pinturas, fibra de vidrio, resinas irritantes, etc.).

**Higiénicos**

- Realizar mediciones higiénicas, estableciendo medidas técnicas y organizativas, según los resultados.
- Encerramiento del proceso, empleo de ventilación y extracción general o localizada. Mantenimiento de los sistemas.
- Disponer de fichas de seguridad y seguir las instrucciones indicadas.
- Los envases deben estar correctamente etiquetados y almacenados respetando incompatibilidades.
- Establecer protocolos de limpieza de la ropa de trabajo.
- Uso de EPIS adecuados, según se indique en la ficha de seguridad (mascarilla, gafas, guantes...).
- Disponer de suficientes y adecuadas instalaciones sanitarias (lavabos, duchas, vestuarios, taquillas, etc.).
- Establecer protocolos de manipulación de estos productos, restringidos a personal capacitado y autorizado.



**Exposición a materiales en polvo.**

- Realizar mediciones higiénicas estableciendo medidas técnicas y organizativas, según los resultados.
- Uso de instalaciones adecuadas para el filtrado de nanopartículas.
- Establecer protocolos de limpieza de la ropa de trabajo.
- Extremar la limpieza y/o usar alfombras adherentes para evitar resbalones.

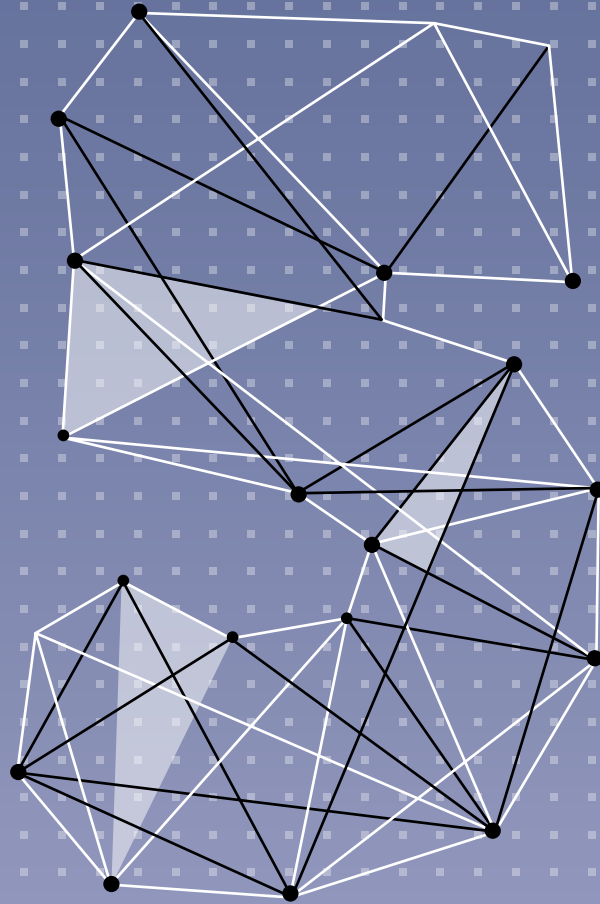
**Exposición al ruido** producido por equipos y procesos de trabajo.

- En caso de exposición, realizar mediciones de ruido estableciendo medidas técnicas y organizativas, según los resultados.
- Uso de EPIS adecuados: protección auditiva.

**Generales**

Además de las medidas preventivas expuestas, se deberá en todo momento disponer de la información y la formación específica necesaria y suficiente, de los EPIS adecuados para cada una de las operaciones y garantizar la vigilancia de la salud.





# RETOS Y DESAFÍOS EN LAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA





## RETOS Y DESAFÍOS EN LAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA

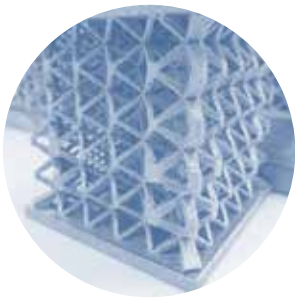
Los retos a corto y medio plazo a los que se enfrentan las empresas a la hora de incorporar estas tecnologías están relacionados con diferentes aspectos, no solo vinculados al proceso de diseño y de fabricación en sí mismos, sino también los relacionados con procesos auxiliares, como la selección del material, el acabado de las piezas obtenidas, e incluso el control de calidad de las mismas. A continuación, se describen algunos de los más relevantes:

- **Entender los nuevos métodos de diseño de productos que exige la fabricación aditiva.**

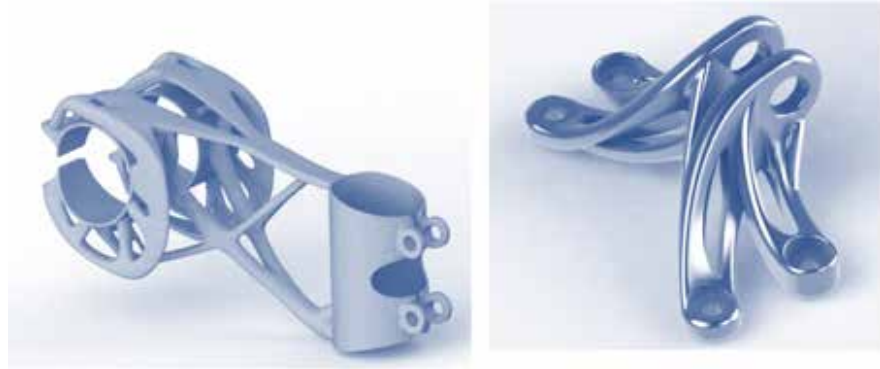
Los diseñadores deben tener en cuenta desde el principio todas las particularidades del proceso de fabricación, de forma que se aprovechen todas las ventajas que aporta la tecnología (menos material, geometrías complejas, etc.). Por lo tanto, deben conocer y dominar los programas de diseño y simulación adecuados, así como los detalles de la tecnología de fabricación aditiva para asegurar un diseño correcto y adaptado. Este aspecto es más relevante cuando se producen piezas finales en las que, además del propio proceso de fabricación, suelen aplicarse postprocesos para el acabado definitivo de la pieza.

La fase de diseño debe contemplar también la orientación y localización de las piezas en la bandeja de fabricación, ya que de esta selección dependerá la eficiencia del proceso. Esta orientación debe garantizar:

- Mínimo material posible.
- Mínimo soporte.
- Reducción de postprocesos.
- Máxima compactación y máxima apilabilidad, dado que cuantas más piezas se fabriquen en una bandeja de fabricación menor es el coste por pieza.



En este sentido las empresas deben conocer y controlar aspectos como el tamaño de las piezas que se pueden obtener, su nivel de acabado superficial, la velocidad de fabricación, la productividad, los métodos de validación e incluso el coste de los equipos.



- **Materias primas disponibles.** Actualmente la cartera de materiales que pueden ser procesados con tecnologías de fabricación aditiva es limitada, tanto en materiales poliméricos y cerámicos como en metálicos. Aunque está creciendo de forma significativa en los últimos años, el desarrollo de nuevos materiales es clave para la introducción de estas tecnologías en la industria.

De entre los nuevos desarrollos en los que se está trabajando destacan los **materiales inteligentes**. Estos materiales tienen una o más propiedades que pueden cambiar significativamente, de manera controlada, mediante estímulos externos tales como la temperatura, la fuerza, la luz, la humedad, el pH o los campos eléctricos o magnéticos.

Cuando se usan con una impresora 3D, estos materiales inteligentes pueden producir objetos que responden a su entorno cambiando de forma, textura o dureza. A este proceso se le llama **impresión en 4D**, ya que los objetos cambiarán una y otra vez a lo largo del tiempo. Estos cambios pueden responder, por ejemplo, a la fotosensibilidad, a la presión o a la temperatura. Algunos de estos materiales pueden tener «memoria», esto significa que volverán a su forma original cuando las circunstancias cambien de nuevo.

Muchos de estos materiales son altamente experimentales y los riesgos que suponen para la salud y la higiene son inciertos, por ello ha habido peticiones para su regulación. En particular, la regulación de las tecnologías de **bioimpresión** es mucho más crítica, ya que se trata de la impresión en 3D de tejido orgánico o vivo o de la impresión de unos andamiajes con unos materiales determinados que permiten el crecimiento celular.



PREVENCIÓN Y RETOS 4.0

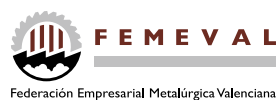
**R-EVOLUCIÓN INDUSTRIAL:**

MÁS SEGURA  
MÁS PRODUCTIVA  
MÁS HUMANA

# SISTEMAS DE FABRICACIÓN ADITIVA

EN PREVENCIÓN DE  
RIESGOS LABORALES

[www.prlcuatropuntocero.es](http://www.prlcuatropuntocero.es)



Plan General de Actividades Preventivas de la Seguridad Social 2019