

9. FABRICACIÓN ADITIVA

Autor: Ing. Noelia Yrigaray

9.1 INTRODUCCIÓN

Teniendo presente cómo ha ido evolucionando la industria, en un momento en el que están apareciendo constantemente nuevas tecnologías como IOT (Internet de las cosas), Big Data, Cloud Computing, inteligencia artificial, robótica, etc., que, combinadas y conectadas, están transformando los sistemas de producción con una velocidad y un alcance sin precedentes. En este punto vale presentar un concepto que se encuentra en auge, Industria 4.0 (conocida también como cuarta revolución industrial).

La industria 4.0 o cuarta revolución es una estrategia iniciada por Alemania y rápidamente asimilada por la Unión Europea. El proyecto (de prioridad estratégica) promueve la "computarización inteligente" de las industrias tradicionales relacionadas con la fabricación.

La fabricación aditiva es uno de los pilares de esta cuarta revolución industrial, esta tecnología permite convertir modelos digitales en objetos tridimensionales sólidos, sin necesidad de moldes ni utillajes de ningún tipo, mediante la impresión 3D.

El sector de la producción aditiva ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años debido a la rapidez, precisión y ahorro que permite. Sin duda, es una de las tecnologías más prometedoras y cada vez son más las industrias que deciden integrarla en sus líneas de producción.

En este capítulo abordaremos el concepto de fabricación aditiva, el proceso de, las principales tecnologías utilizadas en el mercado y por último la aplicación de la impresión 3D en los distintos sectores industriales.

9.2 EN QUÉ CONSISTE LA FABRICACIÓN ADITIVA

La fabricación aditiva (también conocida como manufactura aditiva) es un nuevo concepto de producción industrial que consiste en un proceso de producción digitalizada donde se fabrican objetos previamente modelados, mediante la deposición de capa por capa de material, hasta conformar un objeto tridimensional.

El proceso de fabricación aditiva comienza con un boceto CAD, luego se leen los datos de dicho archivo digital y se agrega el material (puede ser termoplástico, metal, resina, filamentos, fibra de carbono, otros), el mismo es depositado capa a capa de manera controlada en una impresora 3D en donde luego se producen formas geométricas personalizadas en función de las necesidades.

A diferencia de las técnicas de fabricación industrial tradicionales, la fabricación aditiva reduce procesos intermedios como la producción de moldes, por lo que permite obtener piezas a mayor velocidad (hasta un 90% más rápido), y, a su vez, al utilizar únicamente el material para la fabricación de la pieza no se generan residuos,

los componentes tienen un costo más bajo y se produce de manera más sustentable con el medio ambiente.

9.3 ALTERNATIVAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

Las TFD (Tecnologías de fabricación digital) se pueden clasificar de diferentes maneras dependiendo de varios factores como por ejemplo la forma en que se aporta el material (pre-depositado, depositado o inyectado), el tipo de material que se esté empleando (hilo, láminas, polvo, etc.), la fuente de energía que se emplea (resistencia, láser, otras). Dependiendo de los distintos factores presentados, cada cual con sus ventajas y desventajas (eficiencia, accesibilidad, costos) se detallan a continuación los distintos tipos que podemos encontrar:

Según el método utilizado para la fabricación de la pieza se clasifican en Sustractiva (TFDS) y Tecnologías de Fabricación Digital Aditiva (TFDA), teniendo presente la utilización y complemento de otras tecnologías requeridas en el proceso como pueden ser el software de diseño de la pieza y la maquinaria (hardware de impresión).

9.3.1 Tecnologías de Fabricación Digital Sustractiva

Para entender las tecnologías de fabricación digital sustractiva, es necesario saber de qué estamos hablando cuando nombramos el término de fabricación digital sustractiva. El término refiere a varios procesos controlados de mecanizado y eliminación de materiales que comienzan con bloques sólidos, barras, barras de plástico, metal u otros materiales que son moldeados por la eliminación de materiales mediante corte, perforación y esmerilado. Estos procesos de control mecanizado se realizan manualmente o con la ayuda de un control numérico computarizado, conocido como CNC.

Esta tecnología de fabricación digital sustractiva, el control numérico computarizado (CNC) utiliza un modelo virtual diseñado en el software CAD como entrada para la herramienta de producción. La simulación por software se combina con la entrada del usuario para generar trayectorias que guían a la herramienta de corte a través de la geometría de la pieza. Estas instrucciones explican a la máquina cómo realizar los cortes, canales, agujeros y todas las demás características necesarias para la eliminación de material, teniendo en cuenta la velocidad de la herramienta de corte y el avance del material. Las herramientas CNC producen piezas a partir de estos datos de producción asistida por ordenador (CAM), con poca o ninguna asistencia o interacción humana. En los inicios eran 2D (dos dimensiones) y posteriormente se fueron integrando los archivos CAD 3D.

Ejemplos de estas tecnologías son: fresadoras CNC (router CNC); tornos CNC; centros de mecanizado CNC; corte CNC (láser, al agua y por plasma).

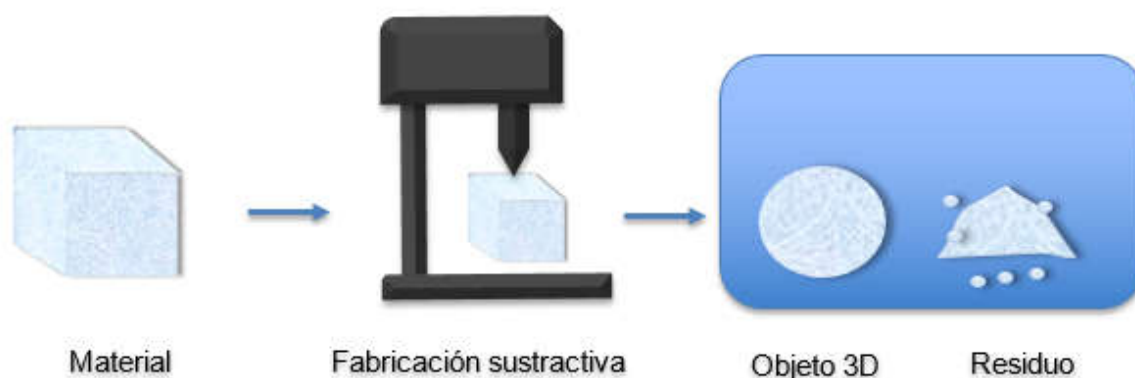


Figura 9.1 - Proceso de fabricación sustractiva.

9.3.2 Tecnologías de Fabricación Digital Aditiva

La fabricación aditiva tiene un proceso de fabricación distinto a la fabricación sustractiva, si bien ambos procesos hacen uso de diseños en 3D y se utilizan para la creación de piezas funcionales. La diferencia radica en que la fabricación sustractiva (como vimos en el inciso anterior) se basa en la eliminación de material de una pieza mayor y los procesos de fabricación aditiva o de impresión en 3D construyen objetos añadiendo material capa por capa (una a la vez), y cada capa subsiguiente se une a la capa anterior hasta que la pieza esté totalmente completa.

Una vez definido el tipo de fabricación nos centraremos en las tecnologías de fabricación aditiva, éstas crean piezas a partir de modelos CAD.

El proceso más conocido y comúnmente utilizado para llevar a cabo esta técnica es la impresión 3D, aunque existen otras variedades de manufactura aditiva.

La preparación de modelos para la impresión en 3D mediante el software de preparación de la impresión o el software de corte (slice cutting) suele estar automatizada, lo que hace que la preparación de los trabajos sea mucho más fácil y rápida que con las herramientas CNC. Dependiendo de la tecnología, la impresora 3D deposita el material, y funde selectivamente el polvo o cura los materiales líquidos foto poliméricos para crear piezas a partir de software de Diseño asistido por computadora, más conocido como datos CAM (Computer Aided Design).

Los materiales más comunes utilizados en la fabricación aditiva son los plásticos y los metales.



Figura 9.2 - Proceso de fabricación aditiva.

Según los materiales utilizados, tipo de procesos existen distintas clasificaciones de las tecnologías de fabricación aditiva. La clasificación más utilizada es con base en las características del proceso de fabricación aditiva utilizado, según este criterio se organizan en las siguientes familias o tipologías: fotopolimerización, extrusión, granulado -o Powder Bed Fusión-, inyección de aglutinante y fabricación de objetos laminados o Laminated Object Manufacturing (LOM).

9.4 PROCESO DE FABRICACIÓN ADITIVA

Si bien existen diferentes tecnologías de fabricación aditiva, se puede definir un proceso genérico común de todas ellas. El mismo consta de mínimamente 4 partes principales.

- Una computadora.
- Un software de modelado 3D (Diseño Asistido por Computadora o CAD).
- Un equipo de fabricación aditiva (conocidos como impresoras 3D).
- El material que se precise en cada caso para llevar a cabo la estratificación.

Una vez que se produce un boceto CAD, la impresora de fabricación aditiva lee los datos del archivo CAD y coloca o agrega capas sucesivas de líquido, polvo o el material de que se trate, capa sobre capa, para fabricar un objeto 3D.

Si bien puede parecer que la producción en base a la agregación sucesiva de capas es simple, hay que señalar que existen diversas aplicaciones de esta tecnología, cada una con un grado de sofisticación distinto, orientado a satisfacer diversas necesidades, a continuación, veremos un breve resumen de algunas de ellas.

9.4.1 Principales tecnologías de fabricación aditiva

En esta sección describiremos las principales tecnologías de fabricación Digital Aditiva, teniendo en cuenta cuáles se utilizan en el mercado para realizar modelos, prototipos y series cortas de productos, así como las tecnologías representativas de cada familia.

9.4.1.1 Tecnología estereolitografía: La estereolitografía (SLA o SL) es la tecnología de fabricación aditiva más antigua, actualmente la más avanzada y que definió las bases de este nuevo tipo de tecnología.

El proceso comienza con el envío de un archivo digital desde un software CAD 3D al software de la máquina, la cual va generando capas sólidas horizontales a través de la foto polimerización a través del curado de una resina fotosensible en estado líquido. El curado se lleva a cabo con un haz de luz ultravioleta (láser). Luego de este proceso las piezas se someten a un baño químico para eliminar el exceso de material y a un curado en un horno ultravioleta.



Figura 9.3 - Impresora SLA - Fuente: 3D Natives
(<https://www.3dnatives.com/es/impresion-3d>)



Figura 9.4 - Piezas creadas con la tecnología de estereolitografía - Fuente: 3D Natives

9.4.1.2 Tecnología polyjet o photopolymer Jetting (PJ): En este tipo de tecnología, se envía el archivo digital desde un software CAD 3D al software de la máquina, posteriormente un cabezal va depositando capas sucesivas y horizontales de un polímero fotosensible, las cuales van siendo curadas con lámparas ultravioletas y depositadas sobre una plataforma, cada capa se va adhiriendo con la capa posterior hasta formar el objeto físico.



Figura 9.5 - Impresora 3D PolyJet - Fuente: PIXEL SISTEMAS
<https://www.pixelsistemas.com/>



Figura 9.6 - Prototipo 3D PolyJet - Fuente: Undo Prototipos <https://www.undoprototipos.com/>

9.4.1.3 Tecnología de Deposición de Hilo Fundido: La tecnología de deposición de hilo fundido o Fused Deposition Modeling (FDM) es una tecnología de manufactura aditiva que permite fabricar prototipos funcionales de diferentes termoplásticos directamente desde un archivo digital.

Se envía el archivo digital desde un software CAD al software de la máquina, posteriormente un filamento de un polímero termoplástico que está en un rollo pasa por una boquilla metálica que está a una temperatura superior a la temperatura de fusión del polímero, este se va derritiendo y generando capas sucesivas y horizontales de material que se va adhiriendo una tras otras hasta formar tridimensionalmente el objeto físico que fue enviado a través de un archivo digital.

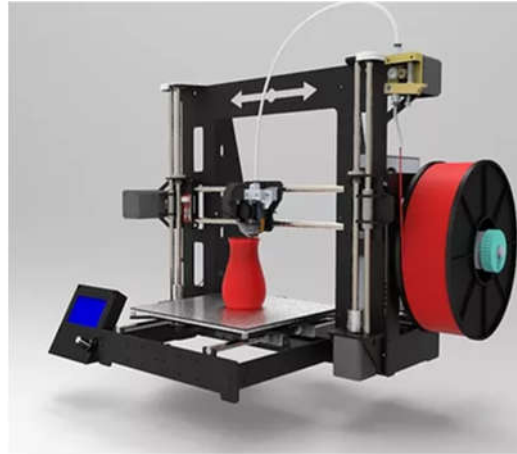


Figura 9.7 - Impresora 3D Deposición de material fundido (FDM) - Fuente: SOTEX
<https://www.sotec.com.ar/>



Figura 9.8. Prototipo 3D - Deposición de material fundido (FDM) - Fuente: SOTEX
<https://www.sotec.com.ar/>

9.4.1.4 Tecnología de Inyección de Aglutinante o Binder Jetting: La tecnología Binder Jetting es una tecnología de manufactura aditiva que permite crear objetos tridimensionales de material compuesto cerámico-polimérico con acabado de alta definición y precisión, permitiendo además imprimir con diferentes colores e imágenes en la pieza tridimensional.

Se envía el archivo digital desde un software CAD al software de la máquina, posteriormente un cabezal va depositando capas sucesivas y horizontales de un líquido polimérico (Binder), las cuales se van mezclando con un polvo cerámico (Powder) ubicado en una cubierta originando un material compuesto, el cual se va compactando con un rodillo y se polimeriza a 40°C. Cada capa se va adhiriendo sucesivamente con la capa posterior hasta formar el objeto físico.



Figura 9.9 - Prototipo 3D - Inyección de Aglutinante - Fuente: TRSD
<https://impresiontresde.com/tecnologias-de-impresion-3d-industrias/>

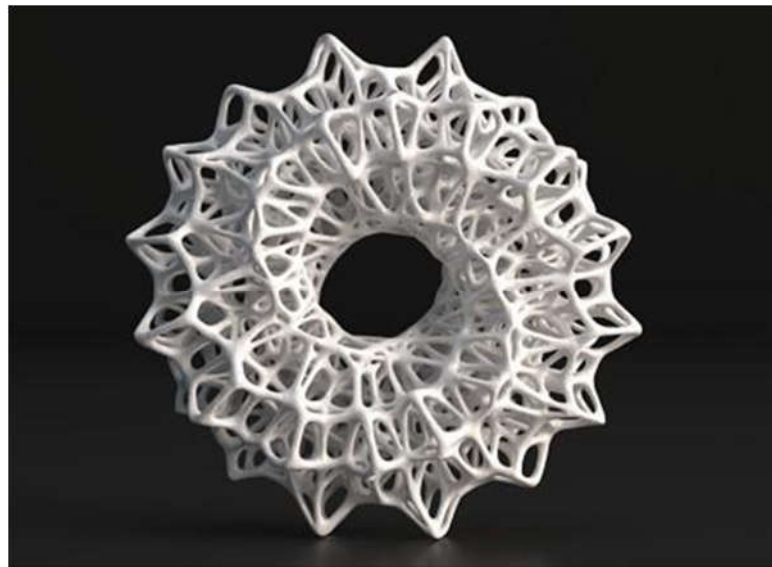


Figura 9.10 - Prototipo 3D - Inyección de Aglutinante - Fuente: El Blog Del Plástico
<https://elblogdelplastico.blogs.upv.es/2012/12/09/prototipos-avanzados-7/>

9.4.1.5 Sinterizado Selectivo con Láser o Laser Sintering (LS): Se envía el archivo digital desde un software CAD 3D al software de la máquina, posteriormente un láser de CO₂ de alta potencia va fusionando y solidificando en forma selectiva el polvo (polimérico, cerámico o de vidrio), el cual está depositado en una plataforma a una temperatura levemente inferior a su punto de fusión, generando capas horizontales sucesivas las cuales se adhieren una tras otra hasta construir tridimensionalmente el objeto enviado en forma digital.



Figura 9.11 - Impresora 3D - Sinterizado Selectivo con Láser - Fuente: 3D Natives
(<https://www.3dnatives.com/es/impresion-3d>)



Figura 9.12 - Prototipo 3D - Sinterizado Selectivo con Láser - Fuente: formlabs
<https://formlabs.com/es/blog/que-es-sinterizado-selectivo-laser/>

9.4.1.6 Sinterizado Láser Directo en Metal (DMLS) o Fusión por Láser (LM): La tecnología de Sinterizado Láser Directo en Metal (DMLS) o Fusión por Láser Laser Melting (LM) es una tecnología de manufactura aditiva, similar a la Tecnología de Sinterizado Selectivo por Láser, pero la diferencia radica en que esta tecnología permite crear objetos tridimensionales de metal, también se destaca por la generación de piezas con alta resistencia a esfuerzos mecánicos, ideales para hacer prototipos funcionales o series cortas de productos.

Se envía el archivo digital desde un software CAD 3D al software de la máquina, posteriormente un láser va fusionando y solidificando en forma selectiva el polvo metálico (aluminio, acero, titanio o aleaciones), el cual está depositado en una plataforma a una temperatura levemente inferior a su punto de fusión generando capas horizontales sucesivas las cuales se adhieren una tras otra hasta construir tridimensionalmente el objeto enviado en forma digital.

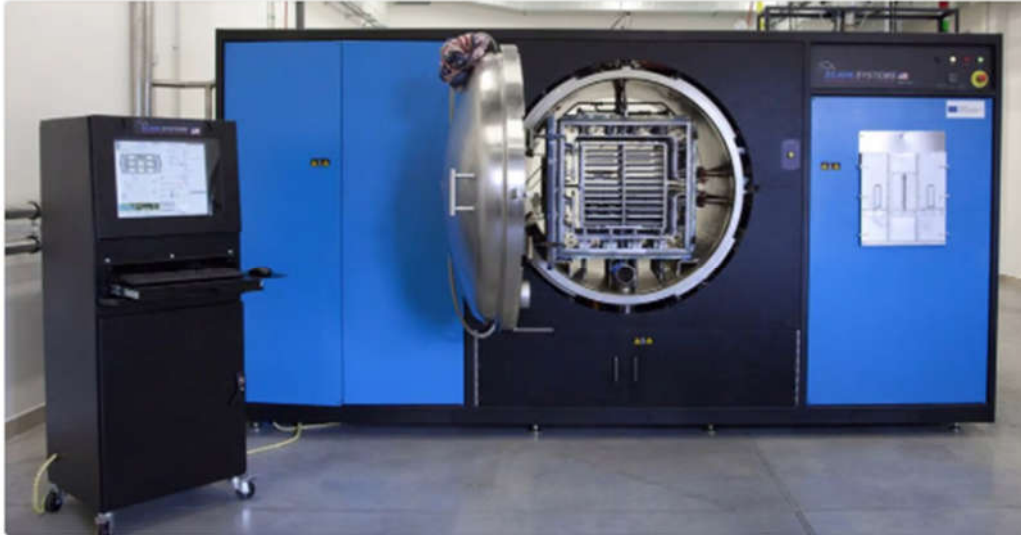


Figura 9.13. Impresora 3D - 6. Sinterizado Láser Directo en Metal - Fuente: All3DP
<https://all3dp.com/1/betting-on-binder-jetting-for-production-additive-manufacturing/>



Figura 9.14 - Prototipo 3D - Sinterizado Láser Directo en Metal - Fuente: All3DP
<https://all3dp.com/1/betting-on-binder-jetting-for-production-additive-manufacturing/>

A continuación, se nombran una serie de características de las piezas fabricadas con los distintos tipos de tecnologías nombradas en este apartado.

	Definición de detalles	Acabado superficial	Transparencia y/o translucidez	Resistencia mecánica	Durabilidad
Estereolitografía	Alto	Alto	Si	Medio	Bajo
Polyjet	Alto	Alto	Si	Medio	Bajo
Deposición de Hilo Fundido	Medio - Bajo	Medio - Bajo	No	Alto	Alto
Inyección de aglutinante	Alto	Alto	No (en base al caso del modelo Z Printer de 3D Systems con material compuesto)	Medio - Bajo	Medio
Sinterizado Selectivo con Láser	Medio - Bajo	Medio - Bajo	No	Alto	Alto
Sinterizado Láser Directo en Metal	Medio - Bajo	Medio - Bajo	No	Alto	Alto

Tabla 9.1- Análisis de características de las TFDA. Fuente: Tecnologías de Fabricación Digital Aditiva, ventajas para la construcción de modelos, prototipos y series cortas en el proceso de diseño de productos - David Torreblanca Díaz

9.5 APLICACIONES DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN LA INDUSTRIA

El significativo crecimiento de la manufactura aditiva se debe principalmente a los beneficios que brinda esta tecnología en los distintos sectores industriales, como la reducción de materiales y costos o la aceleración en la producción.

A continuación, se listan algunos sectores industriales que han experimentado el mayor impacto de la impresión 3D.

9.5.1 Automotriz y manufactura industrial

Dentro de este tipo de industrias se utiliza la fabricación aditiva para desarrollar prototipos que permiten validar procesos de ingeniería y diseño funcional y estético de componentes, por ejemplo, de una sola pieza compleja. En cuanto a la producción de piezas se utiliza para personalizar elementos en vehículos especiales.

Se muestra a continuación la imagen de una rueda en dónde las herramientas de diseño generativo de Autodesk ayudaron a realizar un diseño de las mismas más ligeras en un microbús Volkswagen 1962 Tipo 2 de 11 ventanas.



Figura 9.15 - Rueda un microbús Volkswagen 1962 Fuente: 3D Natives
<https://www.3dnatives.com/es/fabricacion-aditiva-automocion>

9.5.2 Electrónica

En este sector se utiliza para la fabricación de circuitos impresos mediante la aplicación de tintas conductivas. Fabricación de dispositivos electromecánicos a partir de planos tridimensionales (Silva, 2015).

A continuación, dejamos un ejemplo de impresión 3D de carcasas de alta calidad para sus dispositivos con el más alto nivel de detalle.



Figura 9.16 Carcasas para circuitos Fuente: Sculpteo
<https://www.sculpteo.com/es/aplicaciones/electronica/>

9.5.3 Aeroespacial

En el sector aeroespacial se espera que la fabricación aditiva pueda cumplir con los requisitos de comportamiento mecánico y térmico, reducción de peso y otras exigencias. Se utiliza además en la creación de partes con geometrías complejas, no realizables con métodos de producción convencionales. Para control de propiedades del producto impreso como densidad, rigidez y otras. (Stratasys, s.f).

Vemos a continuación un ejemplo de una pieza impresa en 3D realizadas en ULTEM™ 9085 resin de alta resistencia, como este conducto de aeronave, permiten reducir peso a las empresas aeroespaciales.



Figura 9.17. Conducto aeronave espacial Fuente: Stratasys
<https://www.stratasys.com/es/manufacturing/3d-print-strong-parts-carbon-fiber-advanced-materials>

9.5.4 Farmacia / medicina

En este sector la fabricación aditiva permite fabricar modelos físicos 3D a partir del procesamiento de imágenes médicas y su aplicación en diferentes especialidades. Se pueden obtener modelos anatómicos precisos, elaborados a partir de datos con tomografía (CT) o resonancia magnética (MRI). Desarrollo de implantes ortopédicos y prótesis adaptados a las necesidades y dimensiones específicas del paciente (prótesis, audífonos, dientes, injertos óseos). A su vez, el uso de partes humanas impresas en 3D para la educación en medicina, como, por ejemplo, impresión de tejidos vivos para realizar ensayos relacionados al desarrollo de nuevas medicinas (medicina regenerativa - Vazhnov, 2014).

Vemos en la siguiente imagen la impresión de piel, cartílago y válvula aórtica generadas mediante técnicas de bioimpresión 3D.



Figura 9.18. Piel, cartílago y válvula aórtica mediante bioimpresión 3D Fuente: Comunicar Ciencia
<https://comunicarciencia.bsm.upf.edu/?p=1468>

9.5.5 Arquitectura

En el sector arquitectónico el desarrollo de modelos de diseño asistido, con su siguiente obtención de un modelo sólido han permitido obtener maquetas digitales, infografías y animaciones virtuales de los proyectos con una calidad muy atractiva. De esta manera ha ido reemplazando las técnicas manuales para la visualización de modelos de edificios de alta precisión. (SICNOVA, s.f).

Vemos en la siguiente imagen un modelo de edificios reales de una ciudad impresos en 3D a escala 1/1000.



Figura 9.19 - Maqueta de edificio impresa en 3D Fuente: Sicnova
<https://sicnova3d.com/blog/el-impacto-de-la-impresion-3d-en-la-arquitectura/>

9.5.6 Venta al por menor

Para las ventas al por menor se utiliza en la creación de juguetes, joyas, decoraciones de hogar y otros, permitiendo elaborar diseños únicos. También para la elaboración de repuestos cómo lo vimos anteriormente para efectuar reparaciones de autos y hogar (Márquez, 2015 - Marketing Directo, 2013).

A continuación, se muestra imagen de lámparas Regolit la cual muestra distintos diseños que se pueden realizar con la fabricación aditiva.



Figura 9.20 - Lámpara Regolit. Fuente: 3D Natives
<https://www.3dnatives.com/es/12-ikea-hacks>

9.5.7 Deportes

Su utilización en las áreas recreativas cómo deportes está orientada a geometrías y formas de equipos y accesorios que no son posibles fabricar con métodos tradicionales. Por ejemplo, para la creación de equipos personalizados para mejor ajuste y protección, creación de prendas específicas (botines de fútbol) adaptados a los datos biomecánicos del individuo. Creación de prototipos de materiales y colores múltiples para realizar pruebas de producto (Imprimalia 3D, 2015).

Vemos en la siguiente imagen un botín en dónde la suela, los tacos que les permitirían evitar resbalones y mantenerse en pie tras las embestidas de sus rivales se habían fabricado gracias a una impresora 3D.



Figura 9.21 -. Botines o Zapatillas de Súper Bowl - Fuente: Imprimalia 3D
<http://www.imprimalia3d.com/noticias/2014/02/04/001217/impresi-n-3d-tambi-n-fue-protagonista-superbowl>