

TECNOLOGÍAS ADITIVAS, UN CONCEPTO MAS AMPLIO QUE EL DE PROTOTIPADO RÁPIDO.

Pilar Ramírez López-Para
Jaime López Soto

Abstract

In the nineties CAD systems had already been implanted in a large number of companies, it was at that moment when the so-called rapid prototyping techniques began to spread, in order to manufacture prototype parts, being visual, functional or technical.

The techniques used in rapid prototyping are called additive techniques; they are based on the supply of material layer by layer and can create 3D objects directly from CAD files. The following are additive techniques, stereolithography (SLA), selective laser sintering (SLS), FDM, LOM, 3DP.

Additive technologies at their beginning were used only to produce prototypes, however their applications have evolved to very different and distinct from the initial. Likewise the number of patents related to these technologies has grown. All this has led to some confusion among trademarks, generic names and mainly all the different possible applications.

This paper introduces the name of additive technologies as a broader concept than that of rapid prototyping. It also proposes a classification that helps to differentiate between applications and technologies and helps too to understand a subject in which the saturation of acronyms and trademarks makes basic concepts difficult to understand.

Keywords: *rapid prototyping; additive technologies; applications; classification*

Resumen

En los años noventa los sistemas CAD ya estaban implantados en gran número de empresas, fue en ese momento cuando comenzaron a difundirse las denominadas técnicas de prototipado rápido, con el objetivo de fabricar prototipos de piezas, ya sean visuales, funcionales o técnicos.

Las técnicas empleadas en el denominado prototipado rápido son técnicas aditivas, se basan en la aportación de material por capas sucesivas y permiten obtener objetos tridimensionales directamente desde archivos CAD. Son técnicas aditivas las siguientes, estereolitografía (SLA), sinterización selectiva por láser (SLS), FDM, LOM, 3DP, ... Las tecnologías aditivas, que en su comienzo se emplearon únicamente para fabricar prototipos, han evolucionado hacia aplicaciones muy distintas y diferenciadas de la inicial. Asimismo el número de patentes relacionadas con estas tecnologías ha crecido. Todo esto ha dado lugar a cierta confusión entre marcas comerciales, nombres genéricos y sobre todo las diferentes aplicaciones posibles.

En este trabajo se introduce la denominación de tecnologías aditivas como un concepto mas amplio que el de prototipado rápido. Asimismo, se propone una clasificación que ayuda a diferenciar las diferentes tecnologías entre si y estas de las aplicaciones, todo ello encaminado a entender un tema en el que la saturación de siglas y marcas comerciales dificulta su comprensión.

Palabras clave: *prototipado rápido; tecnologías aditivas; aplicaciones; clasificación*

1. Introducción

Se puede definir prototipo al modelo físico de una pieza, componente, mecanismo o producto, que se realiza previamente a su industrialización, con el objeto de validar todas o alguna de sus características y funciones teóricas. Normalmente está vinculado al desarrollo de nuevos productos.

Las técnicas tradicionales de fabricación de modelos o prototipos son artesanales y por tanto basadas en la experiencia y buen hacer de personas que realizan su trabajo manualmente a partir de planos, dibujos o piezas preexistentes.

Los inconvenientes principales de estas técnicas resultan bastante evidentes, además de la dependencia del saber hacer de personas individuales se requieren tiempos de fabricación largos, de semanas a meses según la complejidad, cada modificación puede requerir un nuevo modelo desde el comienzo y la exactitud y grado de complejidad asumibles son limitados.

Ante estas dificultades y con el auge de la tecnología CAD que en los años noventa ya se utilizaba mayoritariamente en las empresas no fueron pocos los que se plantearon la posibilidad de pasar de la definición digital de una pieza en 3D a la pieza misma de una manera automática. Ante este anhelo surgieron diferentes técnicas que se comenzaron a denominar de prototipado rápido.

Si bien las técnicas de prototipado rápido en su inicio fueron enfocadas únicamente hacia la fabricación de prototipos, actualmente han evolucionado hacia la fabricación rápida de utillaje RT (Rapid Tooling) y la fabricación rápida RM (Rapid Manufacturing). Asimismo ha habido una gran proliferación de nuevas tecnologías con sus correspondientes denominaciones ya que cada empresa trata ocupar una posición diferenciada en el mercado. Todo ello hace que exista gran confusión y que a veces cueste diferenciar las tecnologías entre si y éstas de las aplicaciones, en este papel se trata de hacer una clasificación donde se diferencien tecnologías de aplicaciones así como insistir en la terminología adecuada que si bien no está estandarizada si se aconseja por organismos como la ASTM, American Society for Testing and Materials [9].

2. Fabricación aditiva. Una terminología en alza.

La terminología “prototipado rápido”, utilizada para denominar estas nuevas técnicas tuvo su origen en los primeros años 90 cuando la característica principal que se observó en estas técnicas fue precisamente la rapidez.

Por otra parte las aplicaciones de las tecnologías aditivas en el entorno de la fabricación pueden ser diversas como se muestra en la Tabla 1. La utilización de las estas tecnologías no se reduce únicamente a la realización de los prototipos citados en un apartado anterior. Asimismo no se puede circunscribir el uso del término prototipo al ámbito de la fabricación de elementos tridimensionales, por ejemplo el término prototipo es ampliamente utilizado en sistemas informáticos, en biología, etc.

La ASTM [9] propone una nueva denominación como es “Fabricación aditiva”. Defiende que la denominación propuesta define mejor unas técnicas que por una parte no siempre son rápidas mientras que si lo pueden ser otras técnicas no incluidas en este apartado como lo es el mecanizado de alta velocidad.

ASTM define el término “fabricación aditiva” como “el proceso de unir materiales para fabricar objetos 3D a partir del modelo CAD 3D, normalmente capa sobre capa, en oposición a las metodologías sustractivas de fabricación.

El mecanizado de alta velocidad no se incluye dentro de las denominadas como tecnologías aditivas de fabricación aunque también puede reducir mucho los tiempos de acabado y pulido, más teniendo en cuenta que se empieza a aplicar a aceros tratados con lo que se puede mecanizar directamente la pieza final sin necesidad de realizar electrodos.

Teniendo en cuenta las consideraciones de la ASTM [9], de WOHLERS, Terry [7], o de The Worldwide Guide to Rapid Prototyping [29] presentamos la tabla 1 donde se diferencian en primer lugar las distintas tecnologías de fabricación que se pueden incluir dentro de la categoría de aditivas y en segundo lugar las aplicaciones actuales de las tecnologías aditivas. Se debe tener en cuenta que la fabricación de prototipos fue la inicial y dinamizadora de estas técnicas pero que actualmente no es la única ya que actualmente van tomando fuerza otras aplicaciones como son la fabricación de herramientas o utillajes y, también, la fabricación de productos finales.

Tabla 1. Fabricación aditiva: tecnologías y aplicaciones

FABRICACIÓN ADITIVA	
TECNOLOGÍAS EXISTENTES	SLA Estereolitografía SLS Selective Laser Sintering DMLS Direct Metal Laser-Sintering DMD Direct Metal Deposition FDM Fused Deposition Modeling LOM Laminated Objected Manufacturing 3DP 3-Dimensional Printing DLP Digital Light Processing Sistemas de inyección de polímero
APLICACIONES POSIBLES	Prototipado rápido Modelos conceptuales, prototipos funcionales Prototipos técnicos Rapid tooling (Fabricación rápida de herramienta) Direct Tooling: no hay necesidad de modelos Indirect Tooling: puede incluir un modelo generado por prototipado rápido y un proceso secundario de transferencia de material Rapid Manufacturing (Fabricación rápida) Productos finales 3D Desktop Printers (impresoras 3D de escritorio)

De esta manera hay tecnologías que pueden tener una sola o más aplicaciones, así una impresora 3D de escritorio solo servirá para realizar prototipos conceptuales mientras que la estereolitografía puede aplicarse a la fabricación de prototipos o de modelos de moldeo o la sinterización selectiva por láser (SLS) se puede aplicar a la fabricación de piezas finales, prototipos funcionales, repuestos, insertos para moldes de inyección de plásticos, implantes médicos, piezas para turbinas, incluso moldes de inyección para series cortas-medias y otros utillajes.

Otras posibles denominaciones para la fabricación rápida son: Additive fabrication, additive manufacturing, Toolless manufacturing, Digital manufacturing, direct digital manufacturing, digital fabrication, Advanced Digital.

3. Introducción a las tecnologías aditivas de fabricación

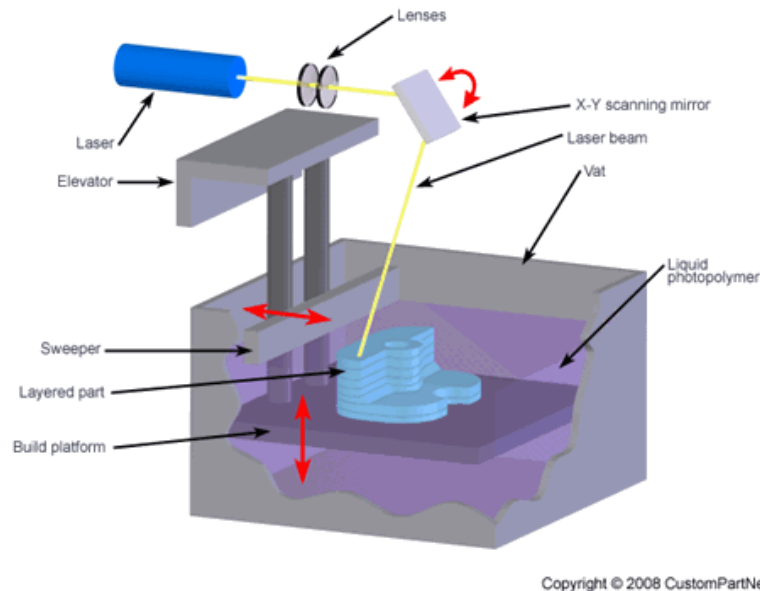
Hemos definido las tecnologías aditivas de fabricación como unas técnicas para la creación de objetos tridimensionales directamente desde archivos CAD, sin intervención humana y en un tiempo reducido.

Contrariamente al CN que utiliza el arranque de viruta, en el prototipado rápido los modelos se forman por adición de material, lo que implica que la complejidad de la geometría no suponga una dificultad.

Para comprender mejor como se puede crear un objeto tridimensional directamente a partir de un archivo CAD se describe a continuación una tecnología aditiva pionera como es la estereolitografía cuya primera máquina salió al mercado en 1988 desarrollada por 3D Systems

El proceso de estereolitografía se basa en la fotopolimerización, se utilizan resinas en estado líquido que cuando son expuestas a una cantidad suficiente de luz UV solidifican. Las fases del proceso son las siguientes:

Figura 1. Descripción del proceso de estereolitografía, fuente: CustomPartNet, [15]



Se dispone una cubeta llena de la resina líquida con un elevador situado a una distancia de la superficie igual al grosor de la primera capa a solidificar.

Se procede a la iluminación selectiva mediante un rayo láser precisamente dirigido

La luz solidifica la sección primera, parte más baja de la pieza, y el elevador desciende de nuevo el grosor de una capa sumergiendo la pieza y así sucesivamente.

Se requiere la generación de columnas que soporten la pieza en su construcción debido a que está apoyada en resina líquida, incapaz de soportar las partes en voladizo que se van creando.

El proceso es terminado con un postcurado en un horno especial de rayos UVA para darle solidez y dureza a la pieza.

Las ventajas que ofrece la utilización sistemática de estas tecnologías son varias:

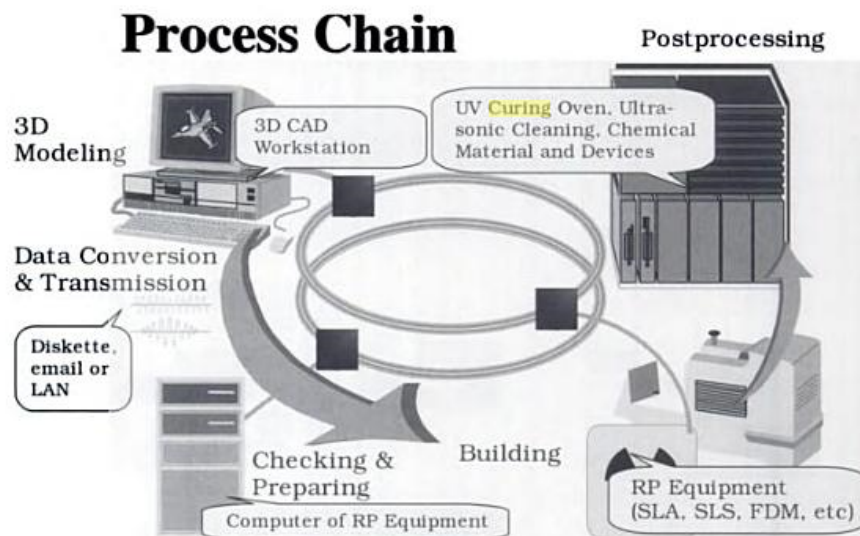
- los tiempos de desarrollo de producto se reducen de una manera muy destacable (desde la mitad a una décima parte), una modificación en un modelo se puede realizar en días y la fabricación propiamente dicha del modelo se puede realizar en horas.
- Se pueden realizar piezas de gran complejidad ya que su geometría viene definida por el CAD y las herramientas no limitan la geometría.
- Se puede eliminar un paso en el proceso de producción: se puede saltar el mecanizado blando para pasar directamente al mecanizado duro o fundir un molde sobre el modelo.

Por otra parte hay que hacer notar que las diferentes tecnologías de fabricación aditiva dependen del material que se adapta al proceso, por tanto es limitado el tipo de materiales utilizables para cada una de las técnicas. Esto conlleva el inconveniente de la limitación de materiales disponibles para cada una de las técnicas. Otros inconvenientes son la precisión limitada que en ocasiones hace necesario un mecanizado posterior para mejorarlo y la necesidad de operaciones de acabado posteriores: pulido, curado, acondicionado del material,...

Hemos comentado las aplicaciones posibles, asimismo hemos hablado de sus ventajas que son aplicables a todas las técnicas, sin embargo las desventajas dependerán de la tecnología a la que nos refiramos en cada caso, por tanto debemos conocer las especificaciones concreta de cada tecnología. Las especificaciones mas importantes que se deben conocer cuando se hable de una tecnología aditiva son las referidas a la precisión del producto obtenido o tolerancias, los materiales utilizables y el tamaño máximo de los modelos.

El proceso de prototipado rápido se muestra en la figura 2 donde se señalan los pasos que se deben acometer para realizar un proceso de prototipado rápido completo.

Figura 2. Proceso RP, fuente: Rapid prototyping Chee Kai Chua y otros [1]



El punto de partida del prototipado rápido es el CAD de modelado de sólidos.

Por otra parte tenemos los denominados archivos de estereolitografía (.stl) que se concibieron como una manera sencilla de guardar información sobre objetos 3D y cuyo uso principal es la creación de prototipos físicos desde diseños generados en un ordenador o

desde datos 3D procesados. Este tipo de archivo (.stl) utiliza una malla de pequeños triángulos denominados facetas sobre las superficies para definir la forma del objeto. [13]

Así, desde el puesto de trabajo donde resida el software de RP se importa el fichero CAD, normalmente se tratará de un fichero .stl, en su defecto habrá que solicitar que nos lo exporten desde el CAD en un formato de intercambio para posteriormente poder transformarlo en .stl.

- Preprocesado, tratamiento del fichero .stl mediante el software del sistema de prototipado, revisión, reparación y preparación: orientación, creación de estructuras, creación del modelo en rebanadas

Envío a la máquina de prototipado, actualmente todos los equipos están preparados para trabajar en red.

- Procesado, proceso de construcción de la pieza física. Puede realizarse sin supervisión, muchas veces se deja trabajar a la máquina durante la noche.
- Postprocesado, en muchos casos será necesario un procesado posterior que puede consistir en la retirada de las estructuras de soporte, endurecimiento de la pieza, mecanizado o revestimiento.

4. Principales tecnologías de fabricación aditiva

A continuación se describen los procesos de las principales tecnologías de prototipado rápido. En el encabezamiento se relacionan denominación de la tecnología en castellano, La denominación en inglés y su acrónimo correspondiente y el nombre de la empresa que detenta su patente.

2.1 Estereolitografía

Stereolithography (SLA) [TM of 3Dsystems.] , [12]

El proceso se ha descrito en el apartado correspondiente a la definición, apartado 2.1.

2.2 Sinterización láser selectiva

Selective Laser Sintering (SLS) [TM of 3Dsystems.] , [12]

The Direct Metal Laser-Sintering (DMLS) [TM of Eos GMBH Electro Optical Systems.] , [18]

La sinterización láser selectiva está basada en un proceso empleado desde hace mucho tiempo para la fabricación de piezas cerámicas y metálicas mediante la compactación y calentamiento de polvos.

El proceso es similar al descrito para la estereolitografía, en este caso se deposita una fina capa de polvo y un rayo láser es el encargado de fundir el material que se une de esta manera a las capa adyacente.. El proceso se repite para sucesivas capas hasta completar el producto, por último una unidad de rotura agita o sopla el polvo sobrante que rodea la pieza.

Se debe tener en cuenta que el proceso debe realizarse en una atmósfera controlada en ausencia de oxígeno.

Existen dos sistemas de sinterizado selectivo láser:

Selective Laser Sintering (SLS) , [12], Esta terminología suele emplearse para el sinterizado de plásticos.

Selective Laser Melting (SLM) o Direct Metal Laser-Sintering (DMLS) , [18], empleadas para metales. DMLS es la marca patentada de Eos. ,

sus características principales y diferenciadoras se exponen en la tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones de los dos sistemas de sinterizado láser selectivo

Fabricante	EOS Gmbh Electro Optical Systems	3DSystems
Sistema	SLM, DMLS®	SLS®
Precisión de posicionado (mm) XY	±0.05	± 0.178
Altura de capa (mm)	0.05(metal)-0.2	0.076
Tipo de láser Potencia del láser (W)	CO ₂ 50-100 W Yb-fibre 200 W (metal)	CO ₂ 25 o 100 W
Materiales	plástico, metal o arena	plásticos o composites + infiltraciones
Ventajas	Buena estabilidad dimensional Variedad de materiales Obtiene piezas de alta densidad 95% No necesita curado posterior Exactitud alta	Buena estabilidad dimensional Variedad de materiales Necesita poco procesado posterior No necesita estructuras soporte
Desventajas	Sistemas especializados para cada material: plástico, metal o arena Alto consumo de energía debido a la potencia empleada por el láser Máquinas de gran tamaño Se construye sobre una bandeja lo que implica procesado posterior.	Necesita tratamiento de infiltrado posterior. Máquinas de gran tamaño Alto consumo de energía debido a la potencia empleada por el láser Pobre acabado superficial

2.3 Deposición Directa de Metal

DMD™ Direct Metal Deposition [TM of POM Group Inc.], [33]

En este caso el láser no incide sobre una capa de metal en polvo como en los dos casos anteriores sino que el rayo láser enfocado se irradia sobre la bandeja de construcción para crear una base de metal fundido a la vez que se inyecta polvo metálico que funde con la base, todo ello en un ambiente sin oxígeno para que se sinterice.

La cabeza impresora se mueve en los tres ejes de forma similar a como lo hace un cabezal de máquina herramienta CNC.

2.4 Modelado por deposición de hilo fundido

Fused Deposition Modeling (FDM) [TM of Stratasys.] [21]

El proceso consiste en calentar y extrusionar un material termoplástico o cera suministrado en hilo a través de una boquilla que va trazando la geometría de la sección transversal de la pieza capa a capa. En la construcción es necesario crear estructuras de soporte, estas estructuras se realizan en un material diferente al de construcción lo cual permite que pueden ser retiradas fácilmente con la mano o incluso disolverse en una solución acuosa

2.5 Fabricación por corte y laminado

Laminated Objected Manufacturing (LOM) [TM of Helisys (Cubictchnologies) .], [14]

Los principales componentes del sistema son:

- un láser que recorta las secciones sucesivas.
- un mecanismo de alimentación continua que hace avanzar el material de construcción laminado revestido de pegamento.
- un rodillo caliente que aplica presión para fundir la lámina a la capa inferior y

Una vez retirado el material sobrante se somete la pieza a un proceso que elimina el material aglutinante y, segundo, a un proceso de curado en un horno a alta temperatura para endurecer la pieza.

Actualmente se comercializan laminadoras de papel en versiones de escritorio y de PVC

2.6 Impresión 3D

3-Dimensional Printing (3DP) [TM of MIT.], [34]

Se asemeja al proceso de impresión láser 2D, básicamente consiste en echar sobre una capa de polvo un líquido adhesivo e ir adhiriendo capas para construir la pieza de abajo hacia arriba. Terminadas todas las capas se retira el polvo sobrante, reutilizable, obteniéndose la pieza “en crudo” que son infiltradas con por ejemplo un agente endurecedor.

2.7 Inyección de fotopolímero

Model Maker (MM) [TM of Solidscape.], [28]

MultiJet Modeling (MJM) [TM of 3D Systems, Inc.] , [11]

Esta tecnología no la he incluido en la tabla comparativa de especificaciones de las tecnologías básicas, la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** a) y b), que resume las tecnologías de prototipado rápido porque se aplica únicamente a las impresoras 3D, que se tratan en un capítulo diferenciado. Sin embargo se trata de una tecnología diferenciada que considero debe ser explicada.

El proceso consiste en inyectar capas muy finas de material fotocurable, 0.016 mm, sobre la bandeja de construcción capa a capa, simultáneamente otro inyector distribuye un material de soporte como es la cera, cada capa es curada con una luz ultravioleta inmediatamente después de ser echada, una vez terminada una capa la bandeja desciende y se crea otra nueva capa hasta que la pieza está terminada. Finalmente se retira la estructura soporte de cera mediante un chorreado de agua manual.

Existen diversas variedades de este sistema:

- 3DSystems a implementado un sistema denominado ProJet™, [10] con cientos de inyectores que aceleran considerablemente el proceso
- PolyJet™ de Objet Geometries Ltd. . Sistema patentado con múltiples inyectores y curado capa a capa.

- Solidscape® 3D Printers utiliza la tecnología propiedad de la compañía denominada Smooth Curvature Printing (SCP®) que añade un proceso de fresado a cada capa.

2.8 Proyección de imagen enmascarada.

DLP® Digital Light Processing [TM Texas Instrument], tecnología usada para dirigir la luz a cada píxel.

Sistemas: Perfactory® of Envisiontec, [17]; VFlash™ de 3D Systems, [10]; Carima, [35]

Al contrario que otras técnicas esta se construye comenzando por la capa superior hasta la base. El material de construcción es una resina líquida que se extiende en un film colocado a su vez sobre una pantalla, la plataforma de construcción baja hasta tocar la resina, es entonces cuando se cura la primera capa de una vez mediante la proyección de un flash enmascarado con la imagen de la 1ª sección.

5. Impresoras 3D

Ante todo es importante destacar que las impresoras 3D no deben confundirse con la tecnología denominada impresión 3D registrada con la marca 3DP por el Massachusetts Institute of Technology (MIT)

Las impresoras 3D actualmente se han convertido en un complemento al CAD ya que ofrecen una alternativa rápida y de bajo coste al prototipado rápido para construir modelos conceptuales y funcionales y ha sido diseñada para el trabajo y el acceso en red de una manera similar a como lo hace una impresora láser, de hecho su empleo esta creciendo como creció en su día el modelado de sólidos CAD.

Las dos, prototipado rápido e impresoras 3D construyen modelos capa a capa a partir de un fichero STL, asimismo las razones para utilizar una impresora 3D son fundamentalmente las mismas que para usar RP, estas son verificar el diseño, compartir la información o comunicar, fabricar una pieza única y otras muchas.

En las siguientes líneas vamos a destacar las características de las impresoras 3D señalando las diferencias con el RP.

- Coste económico

La diferencia de precio por pieza puede ser significativa si incluimos todos los costes como son material, depreciación de la máquina, mantenimiento del sistema, coste de elaboración. Una pieza puede costar el doble si se construye con sistemas de prototipado rápido en lugar de hacerlo con impresoras 3D.

El coste de inversión en una impresora 3D está entre \$10,000 y \$25,000 según lo publicado en The Worldwide Guide to Rapid Prototyping, en comparación con lo que puede costar una máquina de RP, a partir de \$60,000, es una diferencia notable. Se puede adquirir una impresora 3D con sistema LOM por menos de \$10,000, o una de sistema FDM por menos de \$15,000.

En cuanto al coste del mantenimiento, según la misma fuente, se ha evaluado el gasto anual de mantenimiento de una impresora 3D con materiales incluidos desde unos cientos a pocos miles de dólares mientras las máquinas RP preciaría del orden de 20.000 dólares por renovar el láser que dura unas 20.000 horas o llenar una gran cubeta de fotopolímero costaría alrededor de 50.000.

El bajo coste de inversión y mantenimiento hace que sea accesible y permite, con toda confidencialidad, desarrollar vuestros proyectos sin necesidad de que salgan de nuestra oficina

- Capacidad de utilizarse en un entorno de oficina

Las impresoras 3D son generalmente pequeñas, compactas y ligeras, incluso algunas pueden colocarse sobre un escritorio usando una conexión de red o un enchufe de la corriente estándar, este sistema será operativo en pocos minutos. Por el contrario las máquinas RP son grandes, deben ir apoyadas libremente sobre el suelo y requieren una instalación eléctrica mas exigente

Las impresoras 3D son fáciles y limpias a la hora de cargar de material ya que los consumibles se suministran en cartuchos o similares mientras que para las máquinas RP se suelen suministrar a granel

- Tamaño de piezas

Las impresoras 3D sirven para fabricar piezas pequeñas y pocas en una sola operación de construcción, un máximo de un cubo de 200 mm de lado, las máquinas RP suelen tener un prisma envolvente de construcción de un mínimo de 250 mm de lado hasta 900mmx900mmx600mm.

- Facilidad de utilización

Las impresoras 3D son simples de usar, cualquier empleado puede manejarlas sin necesidad de entrenamiento, sin embargo los sistemas de prototipado rápido requieren usuarios especializados pues hay que manejar diferentes parámetros de construcción para conseguir optimizar el proceso y a veces se necesita conocer el proceso y la máquina a fondo para conseguirlo.

- Calidad de las piezas

Las impresoras 3D ni son tan precisas ni consiguen los mismos acabados superficiales que las máquinas RP, dependiendo de la geometría estas diferencias pueden aumentar o disminuir.

Las impresoras 3D no disponen de la misma gama de materiales de construcción que las máquinas RP. Además, las piezas resultantes de la construcción en la impresora 3D tienen unas características mecánicas, térmicas,...claramente mas alejadas de las de las piezas reales que las obtenidas en los sistemas RP. Materiales como los cerámicos o metálicos, al menos con las características de la pieza real, no son obtenibles en absoluto mediante la impresión 3D.

La oferta de impresoras 3D es muy amplia, a continuación se comentan varias posibilidades. Es importante destacar que las impresoras 3D pueden operar con diferentes metodologías como podemos ver en la Tabla 3.

Tabla 3. Tabla resumen impresoras 3D

3D PRINTERS			
Tecnología	Marcas comerciales	Materiales	
FDM	Stratasys Dimension HP Hewlett Packard 3D Printers	ABS	
	RepRap community project*	Sistema basado en la extrusión desarrollado por Bath University	
LOM	Solido 3DSystems: InVision®	PVC	
	Mcor Technologies Kira solid center	Papel	
Sistemas de inyección de .	Fotopolímero inyectado	Solidscape SPC (MM)	cera
		Objet PolyJet™	resinas
		3DSystems ProJet™ (MJM)	resinas, ceras, resinas calcinables
	Adhesivo inyectado	Z Corp	arena, PMMA
Sistemas de proyección de luz enmascarada	Perfactory® tecnología DLP® (Digital Light Processing) de Texas Instruments®		resinas, cera, ABS, PP
		3DSystems VFlash (FTI)	Plástico duro

- Una máquina RepRap es una máquina de fabricación aditiva que puede fabricar una parte importante de sus propias piezas. El proyecto RepRap publica toda la información para que cualquier persona pueda fabricar una máquina de prototipado rápido. Como consecuencia de este programa hay varias marcas que comercializan máquinas muy asequibles para usos no demasiado exigentes. [36] : MakerBot Industries [37]; Bits From Bytes [38]; Fab_a_Home [39]; PP3DP UP! [40]

6. Conclusiones

No se debe confundir tecnología con aplicación, así la fabricación de prototipos no es la única aplicación ni la mas importante sino únicamente la precursora. Así otras aplicaciones son las que mas nuevas patentes y desarrollos están generando, son las que tienen un futuro mas prometedor, estas son:

La fabricación de utillajes como son moldes o partes de moldes de inyección (insertos, sistemas complejos de refrigeración, matrices,..) moldes para fundición, modelos de fundición,...

La fabricación de piezas en serie , sobretodo ya que es en la fabricación donde está el dinero.

Se consideran separadamente las impresoras de escritorio que también se denominan impresoras 3D y que, por una parte están basadas en las mismas tecnologías que los sistemas de fabricación aditiva por lo que existen impresoras de escritorio que utilizan diferentes tecnologías (LOM, FDM, DLP, Inyección de tinta, Inyección de fotopolímero) . Por

otra parte son versiones simplificadas de sus hermanas mayores con el fin de hacerlas mas accesibles a un entorno de oficina.

La terminología no es algo sin importancia, no hay mas que ver la lucha de las empresas por utilizar términos que les ayuden a posicionarse en el mercado, ayudan a comunicar las potencialidades, puede incluso influir en el crecimiento de un sector según dice WOHLERS, Terry [7]. Por este motivo aquí se propone utilizar la expresión “tecnologías aditivas” en lugar de la anterior “técnicas de prototipado rápido” que resulta muy poco ambiciosa. Otra denominación que parece estar tomando fuerza es “impresoras 3D” que en un futuro tiene muchas posibilidades de imponerse por su facilidad a a la hora de ser entendida o dicha, sin embargo tiene el inconveniente de que actualmente es un término usado para las impresoras de baja gama o de escritorio.

7. Referencias

7.1. Monografías y revistas

1. CHUA, Chee Kai; LEONG, Kah Fai; LIM, Chu Sing. *Rapid prototyping: principles and applications*. World Scientific, Singapore, 2003. ISBN 9789812381170
2. GEBHARDT, Andreas. *Rapid prototyping*. Editor: Hanser Verlag, Ohio, USA, 2003. ISBN 9781569902813
3. GROTE, Karl-Heinrich; ANTONSSON, Erik K. *Springer Handbook of Mechanical Engineering, Volumen 10*. Editor: Springer, 2009. ISBN 9783540491316
4. KALPAKJIAN, Serope; SCHMID, Steven R. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Educación, México, 2002. ISBN 9789702601371
5. SKAUPY, Franz. *Cerámica de los metales*. Editor: Reverte, 1955. ISBN 9788429160802
6. TILLEY. R. J. D. *Understanding solids: the science of materials*. Editor: John Wiley and Sons, 2004. ISBN 9780470852767
7. WOHLERS, Terry. *Wohlers report 2010. Additive Manufacturing. State of the Industry. Annual Worldwide Progress Report*. Wohlers Associates, Colorado, 2010. ISBN 0-9754429-6-1
8. WOOD, Lamont. *Rapid Automated Prototyping: an introduction*. Industrial Press Inc. 1993

7.2. Direcciones de Internet

9. American Society for Testing and Materials (ASTM) (Consultado: abril 2011)
http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPMJ09/nelson_spmj09.html
10. 3D SYSTEMS. *3D Printer (V Flash y Projet)*. <http://www.printin3d.com/> (Consultado: noviembre 2010)
11. 3D SYSTEMS. *InVision™ SR 3-D Printer*. <http://www.3dsystems.com/products/multijet/invision/index.asp> (Consultado: noviembre 2010)
12. 3D SYSTEMS. <http://www.3dsystems.com/products/sls/index.asp> (Consultado: noviembre 2010)

13. CADDY. *El formato de Fichero .STL.*
http://www.caddyspain.com/noticias/May06_4.htm (Consultado: noviembre 2010)
14. CUBIC TECHNOLOGIES. *LOM Rapid Prototyping.*
<http://www.cubicttechnologies.com/Helisys.htm> (Consultado: noviembre 2010)
15. CUSTOMPART.NET. *Online resource for manufacturing cost estimation.*
<http://www.custompartnet.com/> (Consultado: noviembre 2010)
16. DIMENSION. *Dimension 3D.* <http://www.dimensionprinting.com/default.aspx>
(Consultado: noviembre 2010)
17. ENVISIONTEC. *Perfactory® tecnología DLP® (Digital Light Processing) de Texas Instruments®.* <http://www.envisiontec.de/> (Consultado: noviembre 2010)
18. EOS. *Laser-Sintering Systems.* <http://www.eos.info/en/products/systems-equipment.html> (Consultado: noviembre 2010)
19. EX ONE. *ProMetal RCT™.* <http://www.exone.com/eng/technology/x1-prometal/index.html> (Consultado: noviembre 2010)
20. EX ONE. *ProMetal®.* <http://www.exone.com/eng/technology/x1-prometal/index.html>
(Consultado: noviembre 2010)
21. FORTUS. *Stratasys.* <http://www.fortus.com/default.aspx> (Consultado: noviembre 2010)
22. HITCHINER MANUFACTURING. *Understanding Investment Casting.*
<http://www.hitchiner.com/basics-of-the-process.html> (Consultado: noviembre 2010)
23. HOSNI, Yasser A.; NAYFEH, Jamal; SUNDARAM, Ravindran. *Investment Casting Using Stereolithography: Case of Complex Objects.*
http://www.engineersedge.com/investment_casting_article.htm (Consultado: noviembre 2010)
24. MCOR TECHNOLOGIES. *Introducing the amazing Matrix 3D printer.*
<http://www.mcor technologies.com/index.html> (Consultado: noviembre 2010)
25. OBJET PolyJet™ Technology.
http://www.objet.com/PRODUCTS/PolyJet_Technology/ (Consultado: noviembre 2010)
26. OPTOMECH. *LENS Technology.* http://www.optomec.com/site/technology_lens
(Consultado: noviembre 2010)
27. SANDIA NATIONAL LABORATORIES (SNL). *LENS®.*
<http://www.sandia.gov/media/lens.htm> (Consultado: noviembre 2010)
28. SOLID-SCAPE. *Solidscape®, Inc. 3D Printers Smooth Curvature Printing (SCP®).*
<http://www.solid-scape.com/video.html> (Consultado: noviembre 2010)
29. THE WORLDWIDE GUIDE TO RAPID PROTOTYPING. *Rapid Prototyping.*
<http://www.additive3d.com/home.htm> (Consultado: noviembre 2010)
30. VOXELJET TECHNOLOGY. *Voxeljet technology GmbH.*
http://www.voxeljet.de/voxeljet_en/inhalt/produkte/produkte.php?navid=6
(Consultado: noviembre 2010)
31. Z CORPORATION. *3D Printers.* <http://www.zcorp.com/en/Products/3D-Printers/spage.aspx> (Consultado: noviembre 2010)
32. SOLIDO SD300 Pro 3D printer <http://www.solido3d.eu/En/SD300.asp> (Consultado: abril 2011)

33. POM Group Inc.
http://www.pomgroup.com/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=86 (Consultado: abril 2011)
34. Massachusetts Institute of Technology/ web educación / Three Dimensional Printing
<http://web.mit.edu/tdp/www/whatis3dp.html> (Consultado: abril 2011)
35. CARIMA, Digital multimedia company <http://www.carima.com/> (Consultado: abril 2011)
36. REPRAP http://www.reprap.org/wiki/Main_Page (Consultado: abril 2011)
37. MAKERBOT INDUSTRIES <http://www.makerbot.com/> (Consultado: abril 2011)
38. BITS FROM BYTES <http://www.bitsfrombytes.com/> (Consultado: abril 2011)
39. FAB_A_HOME <http://www.fabathome.org/?q=node/10> (Consultado: abril 2011)
40. PP3DP UP! <http://pp3dp.com/> (Consultado: abril 2011)

Correspondencia (Para más información contacte con):

Secretaría VIX Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos.

Phone: +

Fax: +

E-mail :

URL :