

Entendiendo a la impresión en 3d: usos prácticos y perspectivas

Alumna: Paula Gabriela Lizardo

Tutor: Diego Altvarg

Fecha: 08/05/2015

Lugar: Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Firma del tutor:

“¿Cómo puedo hacer una escultura?
Simplemente retirando del bloque de
mármol todo lo que no es necesario.”

Miguel Ángel

“Hacer predicciones es muy difícil,
especialmente acerca del futuro”

Yogi Berra

“The world is moving so fast these days
that the man who says it can't be done is
generally interrupted by someone doing
it.”

Elbert Hubbard

Resumen

La impresión en 3D o manufactura aditiva es uno de los procesos llamados a revolucionar el modo de diseñar, producir y consumir dentro de los próximos diez años. Esta tesis exploratoria pretende descubrir las formas en las que este proceso puede suceder y entender las formas en las que cambiará al modo de producir y consumir.

La impresión en 3D permite posponer la fabricación de un producto hasta el mismo hogar del consumidor, posibilitando una personalización de lo que consumimos hasta ahora inédita; también habilita la posibilidad de eliminar inventarios, transformando a las cadenas de distribución de tipo “pull” a tipo “push”. Más allá de la sobreestimación de las posibilidades de este producto, es necesario despejar la bruma para entender que es lo que realmente se puede hacer con esta tecnología.

Este nuevo universo implica un mayor poder de decisión para el consumidor, como así también un desafío para las empresas, que ahora deben competir con nuevos entrantes al mercado, que pueden copiar sus productos sin necesidad de invertir capital. Un nuevo competidor de las empresas pasa a ser el propio consumidor, que se transforma en creador de productos.

Palabras Clave

Manufactura aditiva, Impresión 3D, Personalización, Logística.

Índice

Resumen.....	3
Palabras Clave.....	3
Introducción	6
Justificación e Importancia	7
Metodología	8
Objetivos de la investigación	8
Principales resultados.....	10
Metodología de la Investigación	10
Entrevistas.....	10
Encuesta de opinión	11
Observación	11
Análisis de casos	11
Análisis de los capítulos.....	12
Marco Teórico.....	13
Historia del desarrollo de la impresión en 3D.....	13
Revisión bibliográfica.....	20
Resumen de la bibliografía revisada	34
Revisión de los tipos de impresoras actualmente existentes en el mercado.....	36
Evolución de los precios de las acciones de empresas creadoras de impresoras 3D en los últimos 5 años.....	38
Impacto de la innovación tecnológica.....	39
Capítulo 1 – Empresas que adoptaron la impresión en 3D	42
1.1 – Presentación de casos de implementación	42
1.1.1 – APP (American Precision Prototyping). Compañía de diseño.....	42
1.1.2 – Fábrica Alemana de Autopartes	42
1.1.3 – 3M Korea	43
1.1.4 – Empresa Autopartista Argentina	43
1.2 – Análisis comparativo de costos de fabricación de un elemento en 3D versus la importación del mismo.....	44
Capítulo 2 – Análisis comparativo de costos	51
2.1 – Análisis de diseño y fabricación de una silla de niños.....	51
2.2 – Análisis de productos que pueden ser impresos en forma hogareña.....	54
2.2.1 - Carcasa de Smartphone.....	54

2.2.2 - Porta Botellas para Bicicleta.....	55
2.2.3 - Perilla para Horno.....	56
2.2.4 - Perchas para Muñecas.....	58
2.2.5 - Instrumentos Musicales	60
2.2.6 - Botones para ropa	62
Capítulo 3 - Análisis de encuesta de opinión.....	64
3.1 – Nivel de conocimiento por edad	64
3.2 – Motivos para la compra de la impresora 3D	65
3.3 – Preferencias de precio de compra	65
3.4 – Aplicación de la Ley de Moore al mercado argentino	66
3.5 - Nivel de aceptación de la impresión en 3D	68
3.6 - Lugar de compra de Insumos: Preferencias.....	69
3.7 – Distribución del mercado argentino.....	70
3.8 – Relación entre la edad y la voluntad de compra	71
3.9 – Motivos para no comprar una impresora en 3D.....	72
3.10 – Tipo de productos que esperan fabricar los usuarios	73
3.11 – Conclusiones preliminares de la encuesta de opinión.....	74
Capítulo 4 - Amortización de la compra hogareña de una impresora 3D.....	75
Capítulo 5 - Cambios de comportamiento en el consumo por la introducción de la impresión en 3D.....	77
Capítulo 6 – Otros usos de la impresión 3D	79
6.1 - Uso odontológico de las impresoras 3D	79
6.2 – Análisis del uso de impresoras 3D para reemplazar la matricería tradicional en la fabricación de juguetes.....	79
Conclusiones	81
Índice de Figuras	88
Anexo	90
Fuentes de Productos Diseñados en 3D	90
Modelo de Encuesta de Opinión	90
Evolución de los Precios de las Impresoras Makerbot.....	93

Introducción

La masificación de las impresoras 3D, el abaratamiento de los componentes y su avance tecnológico, hacen que las empresas tengan que replantear la manera en que gestionan su cadena de producción y distribución. En la actualidad esta cadena de producción y distribución se basa en la noción de producción en escala para abaratar costos. Se instalan fábricas en lugares con bajo costo de mano de obra y acceso directo a centros de distribución. Este tipo de producción no permite la personalización de los productos a gusto del consumidor, ya que el pedido debe hacerse con mucha anticipación, evaluando stocks y tiempos de tránsito prolongados. Este modo de producir tradicional choca contra una demanda cada vez mayor de personalización de los productos y servicios consumidos. Así como internet ha permitido a empresas antes imposibilitadas de prestar servicios a escala global hacerlo, la tecnología de impresión en 3D permite que la producción no sea exclusiva de un lugar físico. La fabricación pasa a tener fronteras difusas con la provisión de servicios. Las empresas que sigan pensando de forma tradicional no van a poder subsistir.

En el nuevo paradigma, se pasa de un centro de producción a una red de pequeños productores de manufacturas, capaces de dar respuesta rápida a las necesidades del cliente. Esta respuesta no es sólo rápida, sino que es específica a la persona; es también barata, ya que la masificación de las impresoras 3D va a permitir la baja en el costo de los componentes y de la materia prima. La producción que puede sobrevivir en forma centralizada es la que requiere un bajo nivel de especialización, o la abocada a la fabricación de los componentes que resulten estándares e intercambiables. Los diseños de los productos deberán incorporar dentro de sí la posibilidad de tener partes reutilizables, y partes que pueden ser personalizadas y diseñadas a último momento para satisfacer las necesidades del consumidor.

Por otro lado, aparece una oportunidad para que los consumidores no actúen sólo como receptores pasivos de mercadería, sino como co-creadores. La instalación de impresoras 3D en los hogares permitirá que estos actúen como mini fábricas que creen productos específicos para sus necesidades. Es también una oportunidad para las empresas, que pueden utilizar estas terminales 3D en las viviendas para ofrecer

productos directamente en los hogares. Estos van desde comida hasta productos terminados, dependiendo de la capacidad de la impresora hogareña. Por ejemplo, una empresa podría usar los datos y preferencias en base a consumos anteriores del usuario para anticipar sus necesidades, y ofrecerle productos personalizados (algo similar a lo que hace Netflix con las películas). Si un usuario está buscando en internet “Uñas postizas”, las empresas podrían ofrecerle directamente descargarse un set de uñas adaptados a su mano, pudiendo el usuario final pagar por el diseño.

Justificación e Importancia

Hay numerosa bibliografía que habla de los cambios que va a traer aparejada la masificación de esta nueva forma de producción, lo que habla de su importancia en la cadena de valor de las empresas y en la forma en la que los usuarios modificarán sus pautas de consumo. La potencialidad de la impresión en 3D está presente en el mundo de la producción, pero aún muchos no tienen claro cuáles pueden ser las aplicaciones prácticas y tangibles de esta tecnología. Hay muchos que aún la asocian a la ciencia ficción en lugar de a una realidad cercana.

Si bien se habla en diversos lugares del carácter potencial de la aplicación de la impresión en 3D a numerosas áreas de la manufactura, el diseño y la logística, no hay muestras concretas de que esta potencialidad pueda llegar a desarrollarse en el corto plazo. En la Argentina no hay estudios conocidos sobre lo que piensan los potenciales usuarios de este sistema. ¿Por qué lo usarían? ¿Están preparados para afrontar este cambio radical en su forma de consumir, que implica más personalización pero también más participación?

En los últimos años hemos visto como tecnologías disruptivas hacían desaparecer a empresas líderes (por ejemplo, locales de venta de música, locales de alquiler de video, fabricación de rollos de fotos) que no supieron adaptarse al cambio, o que no supieron evaluar el surgimiento de una nueva tecnología como una amenaza a su posición dominante. Esta tecnología disruptiva tiene la potencialidad de derribar a los “líderes” de hoy.

Además de ser una amenaza para las empresas grandes, esta tecnología permitiría que empresas pequeñas compitan en igualdad de condiciones con empresas

de mayor envergadura, al tornar menos relevantes las grandes inversiones en infraestructura. La creación sencilla de prototipos y matrices permite abaratar costos de producción, y lleva a que productos que antes no podían ingresar al mercado lo hagan.

Estamos ante un punto de quiebre en la historia, y podemos ver en vivo y en directo como va a ocurrir. Analizar este proceso y adelantarse a los cambios que se van a producir genera una ventaja competitiva en las empresas y los usuarios que adopten en forma temprana esta tecnología, y adapten sus estructuras para poder aprovecharla al máximo. La velocidad del cambio en la sociedad actual es tal, que se hace difícil establecer una visión macro de que es lo que está sucediendo. Por otro lado, como hay cambios en todos los ámbitos, es complicado entender con coherencia cuales de estos avances que aparecen en los medios serán fundamentales y cuáles no.

Metodología

La metodología de investigación adoptada es la de una tesis exploratoria. Para llevar adelante la misma se han utilizado tanto métodos cualitativos como cuantitativos, buscando dar cabida al amplio espectro de potencialidad de esta nueva tecnología.

Los sujetos de la investigación son los usuarios potenciales de la tecnología, y los usuarios actuales de la misma. Por otro lado, se investigó a las firmas manufactureras que podrían verse amenazadas por la expansión de la impresión 3D.

Objetivos de la investigación

El objetivo del presente trabajo es analizar la potencialidad del sistema de impresión en 3D, revisando las maneras en las que se puede aplicar este sistema en formas concretas. Se hará un análisis comparativo de los costos de producción, de los tiempos de espera. Por otro lado, se analizará el mercado argentino con la intención de verificar cuándo es posible que se masifique esta tecnología en el medio local, alcanzando una masa crítica de usuarios.

Se buscará analizar si la impresión en 3D puede reemplazar a la manufactura tradicional, y si es posible hacerlo, determinar un plazo de ocurrencia. La manufactura tradicional puede sentirse amenazada con la impresión en 3D, o puede verla como una oportunidad para bajar costos. En una primera etapa, la impresión en 3D pareciera tener

más posibilidades en la fabricación de prototipos y matricería que en la producción en sí.

Se buscará también analizar si hay ámbitos específicos en los cuales la impresión en 3D pueda desarrollarse más que en otros. Esta tecnología puede servir a ciertos sectores en forma más importante que a otros. Más allá de la publicidad dada a sus características, el objetivo es buscar en las aplicaciones reales del producto en la actualidad.

Por otro lado, se buscará investigar si la impresión en 3D puede modificar en forma determinante la distribución de productos terminados. Este tipo de productos constituye el grueso de la distribución de productos de oriente a occidente. El fin de la distribución de este tipo de productos puede dañar la posición de muchas empresas de logística. Según algunas investigaciones hechas por operadores de logística, el monto de productos terminados transportados por sistemas de paquetería puerta a puerta disminuirá notablemente, y será reemplazado por la distribución de insumos.

Finalmente, se intentará contestar la pregunta de cuándo puede masificarse esta tecnología en la Argentina en los hogares. Más allá de los análisis realizados a nivel internacional, es el objetivo de esta tesis descubrir cuál es el panorama entre los usuarios locales. Hay noticias casi a diario en los periódicos y portales de internet, pero aún así no parece demostrarse un interés concreto en la adquisición de equipos, o en saber para qué puede ser usada realmente una impresora. Esta situación podría ser atribuida a la coyuntura político-económica del país, que favorece una visión cortoplacista. Generalmente en la Argentina, los cambios son impuestos por la necesidad concreta de mejora, y no por una decisión estratégica de implementar una nueva tecnología.

Este trabajo busca responder las siguientes preguntas sobre la impresión en 3D:

¿Pueden las empresas reemplazar la manufactura tradicional por la impresión en 3D?

¿Puede usarse la impresión en 3D para solucionar problemas de producción específicos?

¿Es posible eliminar en el mediano plazo por completo la necesidad de distribuir productos terminados?

¿Cuándo va a suceder la masificación de esta tecnología en los hogares de Argentina?

¿Puede en la actualidad competir a nivel costos una impresora en 3D con la fabricación tradicional?

Principales resultados

Se lograron analizar las diferentes opiniones sobre el desarrollo de esta tecnología. También se logró estimar que la masificación de la impresión en 3D en el país se daría hacia el año 2021. Esto se hizo mediante el análisis de costos de insumos, precios de impresoras y de preferencias de los usuarios.

Por otro lado, se hizo una comparación entre los costos de producción mediante el modelo de producción tradicional y el de impresión en 3D, y se comprobó que en ciertos casos, la impresión en 3D tiene costos menores que en la manufactura extractiva tradicional.

Se observa que la manufactura aditiva es especialmente útil en productos de alta diferenciación.

Metodología de la Investigación

La investigación de esta tesis se basó en el análisis de fuentes primarias y fuentes secundarias. Se utilizaron tanto métodos cualitativos como cuantitativos, de acuerdo al instrumento utilizado.

Entre las fuentes primarias se encuentran las entrevistas, una encuesta de opinión y la observación. Entre las fuentes secundarias, se encuentra el análisis de casos de implementación del sistema de impresión en 3D.

Entrevistas

Realizadas a usuarios de impresoras en 3D, a fabricantes de impresoras 3D, a potenciales usuarios de impresoras 3D.

- Entrevista al jefe de proyectos de una autopartista en Argentina, quien está liderando el proceso de introducción de las impresoras 3D en su empresa.
- Entrevista a un fabricante de accesorios para instrumentos de música, quien no estaba utilizando este sistema, para poder evaluar la potencialidad de usar este producto.
- Entrevista a una odontóloga que utiliza el sistema de CAD-CAM para la creación de prótesis dentales, para evaluar la factibilidad de reemplazarlo por un sistema de impresión en 3D.

Encuesta de opinión¹

Fue realizada online, entre 102 personas. Las mismas contestaron 15 preguntas en total. Hay un total de 99 respuestas válidas. Se buscó analizar cuáles podrían ser los motivos de los consumidores finales de este sistema, para validar la posible masificación de esta tecnología en el país en el corto plazo. Por otro lado, se intentó encontrar cual es el rango de precio que pagarían los usuarios en la Argentina por este tipo de productos, y cuál era el nivel de conocimiento de la tecnología.

Observación

Se solicitaron precios a diferentes proveedores de servicios de transporte, materia prima, maquinaria y productos finales para hacer una comparación entre el costo de imprimir en 3D y el costo de comprar un producto final. También se analizó la posibilidad de reemplazar la importación de productos con la producción local de los mismos.

Análisis de casos

Se tomaron datos de casos de implementación de la impresión en 3D, y cómo esta modificó la performance o los costos. Para algunos de los análisis se tomó información obtenida en las entrevistas, para otros se utilizaron fuentes secundarias.

¹ El cuestionario completo utilizado se encuentra en el Anexo, bajo el título “Modelo de Encuesta de Opinión”.

Análisis de los capítulos

En el Capítulo 1 se hará una revisión bibliográfica sobre esta tecnología, se analizará el desarrollo de la impresión en 3D hasta hoy, se hará un relevamiento de los tipos de impresoras que hay en el mercado y se revisará cuál ha sido el impacto de la investigación tecnológica hasta ahora. Contiene información sobre el desarrollo de este producto en el tiempo y como es percibido en el mundo. Por otro lado, está listada la evolución del precio de las acciones de las principales compañías fabricantes de impresoras 3D en los últimos 5 años.

El Capítulo 2 hace una revisión de qué sucedió con diferentes empresas que adoptaron la impresión en 3D. Se hace un estudio de diferentes casos de éxito. Se usaron tanto fuentes primarias como secundarias.

El Capítulo 3 hace una revisión de los costos comparativos entre imprimir en 3D e importar un producto, para luego pasar a analizar la diferencia de costos entre imprimir productos en 3D en forma hogareña o comprarlos como se hace habitualmente.

El Capítulo 4 hace un análisis de la encuesta de opinión y comenta sus principales resultados.

En el Capítulo 5 se hace un análisis de la posibilidad de amortizar la compra de una impresora hogareña, usando los consumos anuales de un hogar.

El Capítulo 6 analiza los posibles cambios en el comportamiento de los usuarios con la introducción de esta tecnología.

En el Capítulo 7 se analizan otros posibles usos para la impresión en 3D.

Marco Teórico

Historia del desarrollo de la impresión en 3D²

La impresión en 3D o manufactura aditiva es inventada en 1986 por el ingeniero Chuck Hull. En la Figura 1 aparece la primera impresora 3D, que imprimía con el sistema de Estereolitografía. Ese mismo año, funda la compañía “3D Systems”, en la cual permanece como CEO hasta el año 2003.

Figura 1 - Primera impresora 3D, creada por Chuck Hull³



En 1989 se funda la compañía Stratasys, que lanza su primer modelo en 1992: “3D modeler”. Ese año patenta el sistema de FDM (Fused Difution Modeling) y dos años después hace su IPO (Initial public Offering)

Años 2000: se acuña el término “Manufactura Aditiva” para englobar a todos los sistemas de impresión en 3D, en contraposición a la “Manufactura Sustractiva” o tradicional⁴.

En el año 2005, Adrian Boyer funda el proyecto RepRap, para llevar las impresoras 3D a las masas y permitir democratizar la producción. La iniciativa lleva a la

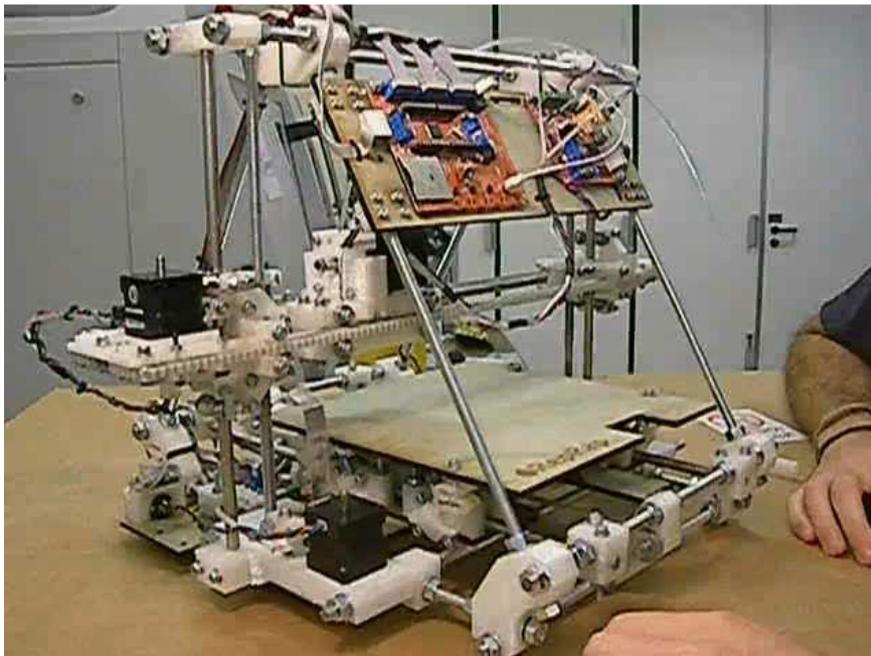
² Información extraída de (Winnan, 2013), <http://www.manufacturing.gov/institutes.html>, (I3D, 2015),

³ Fuente: http://www.pcmag.com/slideshow_viewer/0,3253,1=289174&a=289174&po=1,00.asp

⁴ En un CNC tradicional, la broca extrae material de una figura más grande hasta obtener la forma deseada.

producción de una impresora que pueda imprimir sus propios componentes.⁵ Se basa en la cultura de DIY (“Do It Yourself”), que permite a los usuarios construir sus propias impresoras. La idea es crear una impresora que pueda reproducirse a sí misma, imprimiendo sus propios componentes. En la Figura 2 aparece una de las impresoras desarrolladas por este grupo. Contiene plaquetería y partes intercambiables y muchos de sus componentes pueden ser impresos por la misma impresora. Por otro lado, al contener componentes móviles habilita la ampliación del sistema en forma sencilla.

Figura 2 - Impresora creada mediante el proyecto RepRap⁶



En el 2006, la compañía Object crea la primera impresora capaz de imprimir en muchos materiales a la vez.

En el año 2007 aparece en el mercado internacional la primera impresora por menos de 10.000 USD.

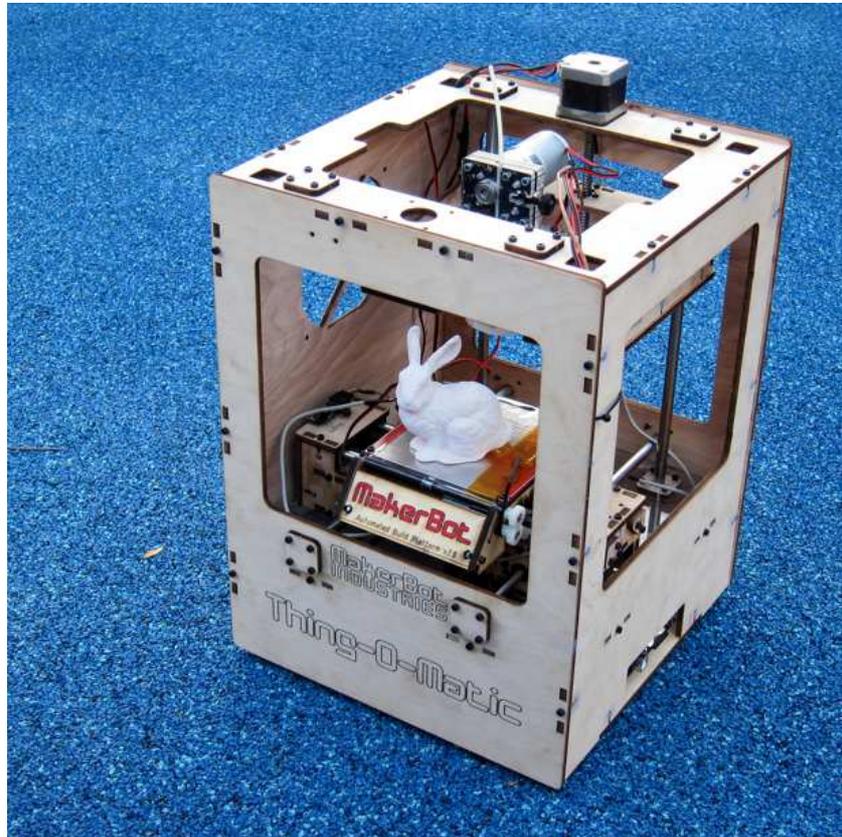
En el año 2009 se cayeron las patentes de las impresoras en 3D y comenzó una explosión con la aparición de diferentes tipos de impresoras. Ese mismo año la compañía Makerbot lanza kits que permiten a los usuarios ensamblar sus propias impresoras. La Figura 3 muestra una de las primeras impresoras desarrolladas por la

⁵ Fuente: <http://reprap.org/>

⁶ Fuente: "RepRap 'Mendel'" by CharlesC - <http://vimeo.com/6865848> - video from open-source RepRap project. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:RepRap_%27Mendel%27.jpg#/media/File:RepRap_%27Mendel%27.jpg

firma Makerbot, con carcasa de madera y componentes similares a los del proyecto RepRap. En su fabricación colaboraron grupos de usuarios, ya que su diseño se basó en un formato colaborativo.

Figura 3 - Impresora Makerbot⁷



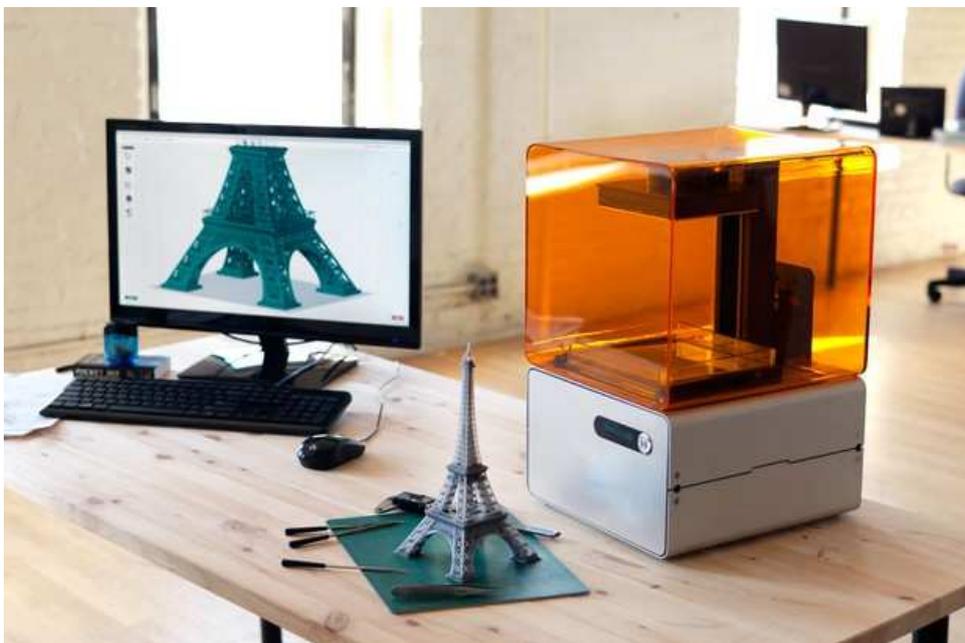
En el 2011 se crea el primer auto impreso totalmente en 3D, a un precio de venta minorista de 50.000 USD. En la Figura 4 aparece este auto. Se basa en el principio de ser autosustentable y hecho con materiales reciclados. Es un auto de dos plazas y es híbrido. Está hecho con código abierto, por lo que el usuario puede modificar libremente sus partes y modificarlas de acuerdo a sus gustos.

⁷ <http://www.makerbot.com/blog/2010/09/25/announcing-makerbots-new-3d-printer-the-thing-o-matic/>

Figura 4 - Urbee, el primer auto comercial impreso en 3D



En el año 2011 se crea la compañía “Formlabs” que busca crear una impresora que replique el método de estereolitografía en forma hogareña. Logran su objetivo de conseguir financiación mediante el “Crowd-funding”⁸ del sitio Kickstarter. En la Figura 5 aparece el primer producto de Formlabs, la “Form 1”. Este producto replica los resultados de las impresoras profesionales, pero con un precio mucho más bajo.

Figura 5 - Form 1 (Impresora SLS)⁹

En el 2012 se utiliza una impresora en 3D para imprimir un reemplazo de mandíbula para una paciente de 83 años. En la Figura 6 aparece el diseño que se usó

⁸ Este sistema permite a los usuarios solicitar fondos para un proyecto en forma online. La forma de repago puede ser con la venta del producto terminado, o con un sencillo agradecimiento. Esto depende de las condiciones que proponga el oferente.

⁹ Fuente: <http://www.engadget.com/2012/09/26/form-1-delivers-high-end-3d-printing-for-an-affordable-price/>

para construir esta mandíbula y el producto final. El mismo año se lanza en Estados Unidos el Instituto “America Makes” cuyo foco es la promoción de la manufactura aditiva en ese país.

Figura 6 - Reemplazo de mandíbula creado en 3D¹⁰



En 2013 se crea la EPMA (European Powder Metallurgy Association), para impulsar el uso de metales en la manufactura aditiva. Numerosas iniciativas similares surgen en toda Europa bajo el concepto de que el metal sobrante se puede reutilizar.

En el 2014 se crea en Estados Unidos el “Digital Manufacturing and Design Innovation Institute (DMDII)”, para estudiar formas de promover el uso del diseño digital en las empresas. En el 2014 una compañía en Shanghái logró imprimir 10 casas en 24 horas, mediante la técnica de extrusión. En la Figura 7 aparecen fotos del proceso de impresión de las viviendas. Los vidrios y los techos se produjeron aparte. En el año 2015, consiguieron imprimir un edificio completo.

Figura 7 - Casas impresas en 3D en China¹¹

¹⁰ <http://www.bbc.com/news/technology-16907104>

¹¹ Fuente: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2615076/Giant-3D-printer-creates-10-sized-houses-DAY-Bungalows-built-layers-waste-materials-cost-3-000-each.html>



En el 2014 también, la NASA lanza al espacio una impresora llamada “Made in Space”, que permite la impresión en condiciones de gravedad cero. Esta tecnología permite reemplazar el traslado de herramientas al espacio por el traslado de unidades que fabriquen las herramientas, abaratando el costo de los vuelos. Se planifica el uso de impresión en 3D para la construcción de una estación lunar, hecha de elementos encontrados en el lugar. En la Figura 8 aparece en uso la impresora en condiciones de gravedad cero en la estación espacial internacional. La Figura 9 plantea la posibilidad de usar esta misma tecnología para “imprimir” una base en el suelo lunar usando los mismos componentes encontrados en el satélite. Hasta ahora, cualquier intento de construir una base en suelo lunar se había visto imposibilitada por los costos de volar carga al espacio. Ahora existe la posibilidad de trasladar una impresora al espacio que construya la base sin necesidad de hacer vuelos extra. En la actualidad, cuesta 10.000 USD¹² poner una libra en órbita alrededor de la tierra, por lo que este nuevo sistema genera muchas expectativas.

Figura 8 - Impresora creada para imprimir en gravedad cero¹³

¹² http://www.nasa.gov/centers/marshall/news/background/facts/astp.html_prt.htm

¹³ Fuente: http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/3DPrinting2.JPG



Figura 9 – Modelo de base lunar impresa en 3D¹⁴

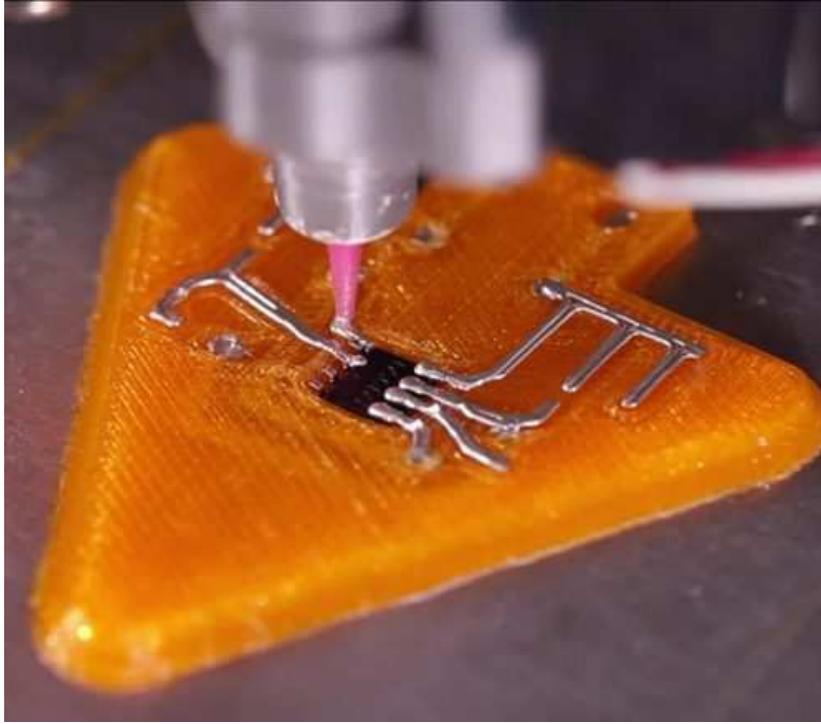


En enero de 2015 se lanza el instituto “Power America” que busca investigar formas de crear equipos semiconductores mediante la impresión en 3D. Ese mismo mes se crea el “The Institute of Advanced Composites Manufacturing Innovation (IACMI)” que busca investigar sobre el uso de diversos materiales en la impresión en 3D. En enero también aparece la primera impresora de circuitos electrónicos, Voxel8, con un

¹⁴ Fuente: <http://sservi.nasa.gov/articles/building-a-lunar-base-with-3d-printing/>

precio de 10,000 USD. En la Figura 8 aparece el cabezal de la impresora Voxel8 imprimiendo con tinta de plata, material que conduce la electricidad.

Figura 10 - Impresión de circuitos electrónicos mediante extrusión¹⁵



Revisión bibliográfica.

En este capítulo, se hará una revisión de los antecedentes teóricos en el campo de la impresión en 3D. Al ser un fenómeno relativamente nuevo, la mayor parte de los antecedentes son artículos en revistas especializadas. Sólo en el último año comenzaron a aparecer libros sobre el tema a tratar. Se revisó también bibliografía referente a la innovación y a como esta afecta a las industrias establecidas.

Como indican los autores **Lipson & Kurman (2013)**¹⁶, la manufactura de escala trae aparejada a primera vista una reducción en el precio del producto final, pero conlleva en sí costos ocultos que no son evaluados por el fabricante, como la necesidad

¹⁵ Fuente: <http://www.experiensense.com/circuitos-impresos/>

¹⁶ (Lipson & Kurman, 2013). Ver en Bibliografía.

de técnicos especializados e ingenieros para calibrar las máquinas; la necesidad de tener gran cantidad de inventarios para lograr la economía de escala en la producción. Por otro lado, las empresas que se dedican a la producción en escala no pueden ofrecer variedad y cada cambio en el diseño implica importantes inversiones, por lo cual aún ante el descubrimiento de diseños no eficientes se prefiere seguir adelante con la producción para no realizar variaciones. Por otro lado está la producción artesanal, que no requiere de grandes inversiones en infraestructura o en ingenieros que controlen y calibren la maquinaria, pero que puede tener errores fatales de diseño, al no permitir la producción en serie y controlada. La ventaja de la producción artesanal es que estos errores de diseño pueden ser resueltos rápidamente en la siguiente unidad producida; pero tienen como desventaja que cada producto es único, y su reproducción es muy complicada. No se generan ahorros significativos en la producción de la siguiente unidad como sí existen en la producción a escala. La ventaja de la manufactura con impresoras 3D radica en que es un punto intermedio entre la flexibilidad del artesano y la fiabilidad de la producción con máquinas. La impresora 3D permite la reproducción exacta del modelo diseñado, pero permite realizar cambios si el diseño falla. Este análisis es un buen punto de inicio para entender a la tecnología de manufactura aditiva, ya que hace hincapié en las diferencias en los problemas que permitiría resolver, analizando primero los dos tipos de producción ya existentes, como son la producción a escala y la producción artesanal. “[...] si el modelo de negocios de una compañía está basado en vender un pequeño número de modelos únicos, altamente cambiantes, o personalizados con grandes márgenes, la producción mediante la impresión en 3D (como el ornotorrico) representa un salto evolucionario”¹⁷

Según los autores **Christopher & Ryals (2014)**¹⁸ debe hacerse un cambio conceptual que nos permita pasar de una administración de la cadena de suministro a la administración de la cadena de demanda. El poder pasa a estar en manos del consumidor, que cuenta con más información para decidir que quiere y para exigir a las empresas como lo quiere. Entender este cambio del foco de atención permitirá entender la potencialidad de productos como la impresora en 3D, que permite la respuesta rápida a las demandas del cliente. Se deja de pensar en una cadena de producción tradicional y

¹⁷ (Lipson & Kurman, 2013, p. 27) Ver en Bibliografía.

¹⁸ (Christopher & Ryals, 2014) Ver en Bibliografía.

se pasa a una cadena de entrega de valor. El valor no es creado solamente por la empresa productora, sino también por el consumidor, que busca ser parte de la creación de los objetos que consume. El consumidor deja de ser un recipiente pasivo para pasar a ser co-creador. Este artículo pone el foco en cómo se cambia el tipo de producción de tipo “push” a tipo “pull”. Este cambio en la forma de producción le da más poder al usuario final, que es quien dictamina en definitiva qué y cuánto se va a producir. La producción “Local-for-local” pasa a tener mayor preponderancia en este escenario. Siguiendo a los autores, el usuario está dispuesto a pagar ese extra, ya que la demanda de productos personalizados es mayor a la que puede ofrecer la producción a escala. El precio deja de ser relevante y lo importante pasa a ser la individualización.

Otro autor que habla en este mismo tono es **Christopher Barnatt (2013)**¹⁹, quien versiona sobre la importancia del desarrollo de esta tecnología. Habla de la “Personalización en masa”²⁰ que puede permitir la impresión en 3D y de cómo se va a transformar el comercio, que dejará de trabajar con stock de productos finales. Parece interesante resaltar que este autor habla de las razones por las que esta tecnología, que existe desde la década del '80 no produjo una revolución antes. Se tuvieron que conjugar varios factores. Por un lado, la capacidad de procesamiento de las computadoras era muy baja para operar estas impresoras. Por otro lado, los avances en el hardware de la tecnología de impresión en 2D han permitido el desarrollo de la tecnología en 3D, ya que utilizan sistemas similares. Otro elemento que ha permitido un gran desarrollo en los últimos años es la co-creación de diseños y el “OpenWare”²¹, que han alentado a múltiples usuarios alrededor del mundo aportar soluciones al diseño de las impresoras en 3D. Un factor externo que antes no existía es la digitalización de las actividades. Antes la música o la literatura eran bienes físicos que podían coleccionarse y poseerse. Hoy son bienes digitales compartidos colectivamente. Esta transformación de bienes materiales en bienes digitales ha incrementado la conciencia de los usuarios de la necesidad de una mayor digitalización en otros aspectos.

¹⁹ (Barnatt, 3D Printing: The Next Industrial Revolution, 2013) Ver en Bibliografía.

²⁰ En inglés original: “Mass Customization”

²¹ Open-Ware Es un término que hace referencia a productos de código libre. Inicialmente se aplicó a programas de informática que permiten la libre modificación del código por otros usuarios (Dentro de los más conocidos se encuentran Linux y Mozilla). En la actualidad se ha extendido a los productos de hardware que no son patentados para permitir modificaciones por parte de la comunidad.

Este autor explica de manera clara las causas que hicieron que esta revolución no se diera antes en el tiempo. Sin embargo, también matiza e indica que en muchos casos la tecnología es demasiado precaria aún para otorgar todo lo que promete. El mismo autor en su sitio Explaining the future²² explica cómo será la curva de adopción de esta tecnología en los diferentes estratos. La Figura 11, muestra cuales serán los porcentajes de adopción de la tecnología de acuerdo a su uso. Por ejemplo, para la creación de prototipos ya alcanzó una tasa de uso del 50%, mientras que otros tipos de usos (como la manufactura digital y la fabricación personal) serán adoptados en forma más gradual en los próximos años.

Figura 11 - Tasa de adopción de la impresión en 3D²³

De acuerdo a **Maners-Bell & Lyon (2014)**²⁴, la aparición de la impresión en 3D representa una amenaza para la industria global de transportes, pero también representa una gran oportunidad. Si bien en la actualidad hay algunos impedimentos técnicos para producir todo lo que se desea, las grandes ventajas que ofrecen las impresoras en 3D por sobre otros métodos de producción hacen que esos impedimentos desaparezcan. Por otro lado, los avances en la tecnología podrían permitir no solo fabricar en forma más veloz, sino también abaratar costos. La manufactura en 3D va a cuestionar los principios de la Revolución Industrial. Se va a restablecer la producción en lugares cercanos a la

²² www.explainingthefuture.com

²³ Fuente: Christopher Barnatt en <http://www.explainingthefuture.com/3dprinting.html>

²⁴ (Manners-Bell & Lyon, 2014) Ver en Bibliografía.

demanda y la producción se hará de acuerdo a lo realmente demandado y no a lo que convenga producir. El balance actual entre costo de mano de obra y costo de transporte puede variar, haciendo que la producción se transfiera a otras partes del mundo. “Potencialmente, una proporción de los bienes que antes eran producidos en China o en otros mercados asiáticos, podría ser producida en Norteamérica y en Europa”²⁵

En **The Economist (2012)**²⁶, aparece la visión de la impresión en 3D como la de una tercera revolución industrial. El artículo da cuenta de las dos primeras revoluciones industriales (la de fines del siglo XVIII en Gran Bretaña y la de principios del siglo XX con Henry Ford) y equipara los cambios que produjeron a lo que sucederá en los próximos años con la introducción de la manufactura digital. El viejo modelo de producción, basado en la fabricación de una gran cantidad de partes, se ve reemplazado por la facultad de reducir los costos hasta equiparar el de la producción de una unidad con la de muchas unidades, y haciendo que producir en casi cualquier lugar sea posible. Ya en la actualidad los costos de producir en China no justifican el traslado de la producción hacia allí. Hay un cambio en la forma de pensar los productos, y se necesita tener mayor respuesta a lo que sucede en el mercado para poder aplicar las innovaciones apenas suceden. La línea entre manufactura y servicios está desapareciendo, creando un nuevo escenario en el cual ambos están entrelazados. “El Boston Consulting Group indica que en áreas como el transporte, la computación, metales y maquinaria, entre el 10 y el 30% de los productos que hoy importa los Estados Unidos desde China podrán ser hechos en casa en el 2020, favoreciendo el producto estadounidense por entre 20 a 50 millardos de dólares por año.”²⁷ Es interesante observar que este artículo está emparentado con los esfuerzos que propone la actual administración en Estados Unidos para lograr que las manufacturas vuelvan a los Estados Unidos. Este tipo de tecnología podría representar una oportunidad para los países centrales que han perdido puestos de trabajo manuales a manos de los países de bajo costo, de recuperar parte de esos trabajos. Los perdedores en todo este análisis son los países asiáticos que basan su crecimiento en un tipo de cambio “competitivo” y salarios deprimidos.

²⁵ (Manners-Bell & Lyon, 2014) Ver en Bibliografía.

²⁶ (The Economist, 2012) Ver en Bibliografía.

²⁷ (The Economist, 2012) Ver en Bibliografía.

De acuerdo a **Pannet(2014)**²⁸, debido a la presión constante por bajar costos y por mejorar la experiencia del cliente, la impresión en 3D tiene la oportunidad de insertarse rápidamente en el mercado, otorgando soluciones a los problemas que tienen y quieren resolver los fabricantes. La impresión en 3D permite la reducción de inventarios y de necesidades de almacenes; tener inventario manejado por el cliente; instalación de terminales en los hogares, para vender directamente. Este sistema permitirá que los repuestos se ubiquen de forma mucho más cercana al consumidor final, sin necesidad de stock adicional. Las cadenas de producción podrán reaccionar mucho más rápido a los cambios en el mercado, sin necesidad de realizar costosas (en tiempo y en dinero) reestructuraciones internas. Los cambios generados en la cadena de distribución permitirán que los productos finales sean más baratos y con menor obsolescencia. Los costos de *setup* bajarán radicalmente, haciendo más fácil el surgimiento de pequeñas empresas manufactureras. Por otro lado, el emplazamiento de las impresoras en 3D en otros países permitirá saltar las barreras arancelarias, bajando los impuestos. La aparición de esta tecnología significará una baja de volumen para las compañías de logística, que deberán adaptarse a la nueva situación.

Según **Manyika, George y Massey (2013)**²⁹, el cambio producido de productos con grandes necesidades de mano de obra, a productos con grandes necesidades de I+D genera una gran oportunidad para el aprovechamiento de las tecnologías de impresión en 3D. Los rápidos cambios en las tendencias globales hacen que las naciones que hoy tienen acceso barato a la energía y a la mano de obra puedan no tenerlo en el futuro. Por esta razón las compañías deben replantear su decisión de instalarse en determinadas partes del mundo con grandes inversiones de difícil recuperación. La aparición de la manufactura mediante la impresión en 3D permite evitar estas grandes inversiones, armando una red de pequeñas fábricas cercanas a los lugares en los que exista el talento necesario para llevar a cabo los proyectos. “Los salarios bajos importan mucho en ciertos segmentos, como en la fabricación de prendas, pero en la mayoría de las industrias manufactureras, el costo del trabajo por hora es menor al 20% de los costos³⁰

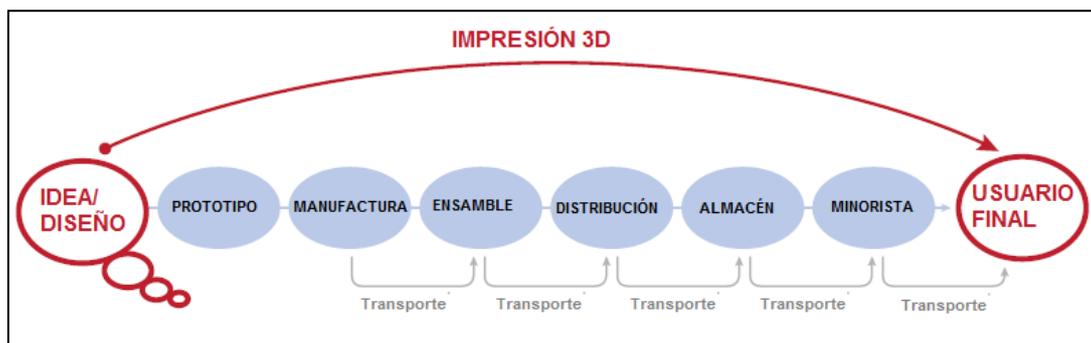
²⁸ (Pannett, 2014) Ver en Bibliografía.

²⁹ (Manyika, George, & Rassey, 2013) Ver en Bibliografía.

³⁰ (Manyika, George, & Rassey, 2013) Ver en Bibliografía.

De acuerdo al **Leading Edge Forum** (2012)³¹, la irrupción de la impresión en 3D obligará a replantearse el concepto de fábrica. Si bien por el momento las capacidades de las impresoras son limitadas, en breve jugarán un papel determinante en la fabricación de productos. El informe habla de tecnología disruptiva, porque permite que con una sola máquina se puedan fabricar numerosos productos. Además permiten fabricar productos con piezas móviles instantáneamente. Por otro lado, la posibilidad de adicionar capas de material en lugar de sacar partes de material, permite grandes ahorros. Como las nuevas impresoras 3D permiten utilizar varios tipos de materiales y combinarlos en un único producto final, todo sin necesidad de ensamblaje. La impresión en 3D también permite evitar el uso de las cadenas de distribución tradicionales, pasando de la idea a la producción directamente, según se observa en la Figura 12.

Figura 12 - Oportunidades a largo plazo para la producción en 3D³²



La impresión en 3D va a traer aparejada una democratización de la manufactura, ya que elimina las barreras creadas por los altos costos de entrada que suponen la instalación de una planta, o del diseño de prototipos funcionales.

Por otro lado, según el informe la impresión en 3D permitirá grandes innovaciones en todos los campos de la manufactura. Por ejemplo, en el área de la salud, la impresión en 3D permite hoy por hoy crear prótesis dentales, implantes de huesos e instrumentos médicos. Está en desarrollo la posibilidad de imprimir tejido y piel humanas para hacer trasplantes. Un escenario posible plantea la posibilidad de imprimir órganos complejos (como un corazón, etc.). En el campo de las manufacturas generales la impresión en 3D se usa actualmente para el diseño de productos y prototipos y para la fabricación de productos de bajo volumen. Ya existe la posibilidad de crear circuitos electrónicos, siendo posible en un futuro cercano imprimir todos los

³¹ (Leading Edge Forum, 2012) Ver en Bibliografía.

³² Fuente: (Leading Edge Forum, 2012) Ver en Bibliografía.

componentes, tanto plásticos como electrónicos, con la misma máquina. Esto permitiría que quien tenga este tipo de impresoras podrá imprimir con un solo aparato, la carcasa, la pantalla y los circuitos electrónicos de un celular. En un futuro, las fábricas contendrán filas de impresoras 3D que harán en trabajo manual, actualmente realizado por operarios y máquinas diversas. Otra área interesante a la que hace referencia esta figura, es la comercial. Actualmente, hay intensos debates por la propiedad intelectual de los diseños y de la posibilidad de copiarlos fácilmente. En un futuro cercano, se indica que habrá un boom de start-ups amparadas en la posibilidad de imprimir productos iguales a los masivos, pero personalizados al gusto del usuario final. El capital se moverá desde las industrias tradicionales hacia estas nuevas Industrias, especializadas en la personalización de los diseños.

De acuerdo a **Anderson(2012)**³³, una de las grandes ventajas de la impresión en 3D es que no ofrece penalidades por imprimir pocas o muchas unidades, lo que permite una gran personalización de los productos, lo cual permite equiparar a lo masivo con lo personal. Esto permite que: La variedad sea libre, la complejidad sea libre y la flexibilidad sea libre. La impresión en 3D no eliminará totalmente las manufacturas en países con mano de obra barata, pero hará que muchas de las cosas que hoy se producen en China pasen a fabricarse en los países centrales, sobre todo las que requieren gran flexibilidad y personalización. El autor apuesta a que el péndulo de la manufactura volverá hacia los países desarrollados, sin importar el alto costo de la mano de obra. La gran automatización de los procesos hace que el costo de la mano de obra sea cada vez un porcentaje menor del precio final de un producto. Por otro lado, el autor presta particular importancia a la posibilidad que otorga la impresión en 3D a generar un mercado que antes no existía. En el capítulo “The Long Tail of Things”, da cuenta de tres cuellos de botella que existían hasta hora en la industria:

- “1. Los productos eran lo suficientemente populares para que los fabricantes los produjeran
2. Los productos eran lo suficientemente populares para que los minoristas los vendieran

33 (Anderson, 2012) Ver en Bibliografía.

3. Los productos eran lo suficientemente populares para ser encontrados”³⁴

La masificación de internet permitió resolver los dos últimos cuellos de botella, al permitir el acceso a productos en todo el mundo, pero aún restaba resolver el primero. El autor propone que la aparición de esta tecnología es la solución a este problema. Un producto ya no necesita ser popular para ser producido, simplemente debe existir la necesidad del mismo. Al equiparar el costo de producción de una unidad con el de múltiples unidades, el ahorro generado por este proceso deja de ser pertinente en la decisión de producir o no. La cadena de producción puede suministrar los productos que son realmente deseados por los consumidores y no los que puede producir.

En un trabajo de **Bower y Christensen (1999)**³⁵, se hablaba de la importancia de entender las tecnologías disruptivas y como estas impactan en el mundo de las empresas. Este artículo es fundamental para entender el porqué del fracaso de varias compañías en entender que era lo que estaba floreciendo a su alrededor y en cómo utilizarlo en provecho propio. “Al principio entonces, las tecnologías disruptivas tienden a ser usadas y valoradas solo en nuevos mercados y nuevas aplicaciones y de hecho posibilitan la aparición de nuevos mercados. [...] ¿Cómo puede haber sucedido que tecnologías que eran inicialmente inferiores y útiles en mercados nuevos, eventualmente hayan llegado a cuestionar el liderazgo de las compañías en mercados establecidos?”³⁶

Es interesante ver el análisis realizado sobre las compañías que no se adaptan a la innovación y no la reconocen como tal. Estas empresas comienzan haciendo inversiones intensivas de capital, pero son arrastradas por la burocracia interna, la arrogancia y la falta de planificación para reconocer un cambio en el mercado que socave su posición de liderazgo. Dejan de pensar en el futuro y cometen el error de escuchar al usuario. El usuario puede saber qué es lo que quiere ahora, o lo que quiso ayer, pero esto no significa que vaya a saber que va a querer en el futuro. En esta misma línea, Steve Jobs dijo unos años después: “En el final, para algo tan complicado, es realmente complicado diseñar a partir de “focus groups”. Muchas veces, la gente no sabe que es lo que quiere hasta que no se lo muestras”³⁷ La innovación disruptiva puede no ser inicialmente superior a la tecnología existente, pero puede atacar un nicho o un

34 (Anderson, 2012.P. 64) Ver en Bibliografía.

35 (Bower Clayton & Christensen, 1995) Ver en Bibliografía.

36 (Bower Clayton & Christensen, 1995) Ver en Bibliografía.

37 (Steve Jobs: "There is sanity Returning", 1998) Ver en Bibliografía.

problema desde un ángulo totalmente diferente al habitual, lo que descoloca a las empresas existentes en el mercado. Es interesante utilizar este marco conceptual para entender el cambio que puede significar este tipo de tecnología, ya que es un texto que se escribió previo al “hype”³⁸ provocado por las impresoras 3D desde el 2013 en adelante. Este proceso se vio replicado a nivel accionario incluso por la suba de acciones de las empresas dedicadas a la producción de impresoras 3D (ver en Subcapítulo 1.5); la aparición de numerosos artículos del tema; y el boom de cursos sobre el uso y creación de máquinas propias.

De acuerdo a **Petric & Simpson(2013)**³⁹, la impresión en 3D generará un cambio tan profundo como el obrado por la Revolución Industrial. En el modelo de producción desde la Revolución Industrial, el diseño precede a la fabricación de un producto y las funciones y responsabilidades de diseño y producción están bien delimitadas. La impresión en 3D hace difusas las fronteras entre las diferentes etapas de la cadena de distribución de una compañía. Por otro lado, la fabricación va a dejar de necesitar grandes centros en los cuales unificar toda la producción. Se reemplazarán los sistemas de inventario y distribución de mercaderías. Hacen especial hincapié en la aparición de dos tipos de sistemas de producción que coexistirán. Por un lado permanecerán los sistemas de economía de escala tal y como las conocemos, que producirán todas las partes intercambiables de un equipo. Y por el otro lado aparecerá un sistema altamente “personalizado”, o como lo llaman los autores “Economies of One”, que fabricará partes o productos finales a la medida del cliente. De acuerdo a los autores, hay dos tendencias que emergen, por un lado hay una cultura de “Makers” o creadores artesanales. Por otro lado, hay proyectos desarrollados por empresas que ven peligrar su negocio principal, buscando aliarse con empresas del sector para paliar la baja en sus negocios. Pone el ejemplo de Fedex, quien se alió con Stratasys para ofrecer impresión en 3D en sus locales a través de Estados Unidos. Un minorista tradicional como Staples, está ofreciendo este mismo servicio, poniendo a disposición de sus clientes la red de locales que dispone en todos los Estados Unidos.

Amazon, quien ha minado el liderazgo de los minoristas tradicionales en todo el mundo, ha identificado a la impresión en 3D como una de las amenazas a su liderazgo, e intenta nuevamente ponerse al frente de las tendencias, creando un Amazon’s 3D

³⁸ Promoción excesiva y elaborada desde el marketing de un producto, sin sustento real.

³⁹ (Petrick & Simpson, 2013) Ver en Bibliografía.

Printing Store⁴⁰ que ofrece por un lado la posibilidad de comprar productos impresos en 3D, como también la posibilidad de personalizar un diseño ya existente y enviarlo por medio de los canales tradicionales, como Fedex, UPS, TNT, etc. Siendo el fuerte de Amazon su cadena de distribución, la introducción de este servicio podría significar una ruptura con los paradigmas que han guiado a la empresa hasta ahora.

Maxell (2012)⁴¹ habla de un total realineamiento de la cadena de distribución, haciendo que deje de existir el inventario y que el cliente pague por un producto que aún no ha sido fabricado. Según el texto, quienes abracen la tecnología podrán cambiar su forma de hacer negocios para siempre. Hoy se puede imprimir en múltiples tipos de material, lo que abre las puertas a muchos tipos de productos nuevos. Para el año en que el texto fue escrito, se estimaba que el 28% de las impresiones eran de productos finales, porcentaje que subirá a 80% en 2020. La posibilidad de imprimir lotes pequeños de productos hace que esta tecnología permite tener mucha flexibilidad. El autor también hace referencia al gran salto tecnológico ocurrido en los últimos años con esos productos, lo que ha permitido que lo que hasta ahora solo sirvió para hacer prototipos, sirva también para elaborar productos finales. Hace referencia a varias de las ventajas de este sistema, por ejemplo, que permite que el costo inicial de fabricar un producto sea tan bajo, que permite la aparición de muchos tipos nuevos de diseños. Productos que antes no se lanzaban al mercado porque no se sabía si podían tener éxito o no, ahora se pueden lanzar. El costo más bajo de la primera unidad favorece la aparición de nuevos productos. Por otro lado, otro punto que comparte con otros autores es el del realineamiento de la cadena de distribución. Los productos sólo serán fabricados cuando hayan sido ordenados.

Lo propuesto por este autor es muy interesante, ya que implica que se eliminen los stocks. Sobre todo en el caso de los repuestos, este es un punto muy importante. Por ejemplo, si se quisiera conseguir el repuesto de una manija de un horno roto, hoy por hoy habría que buscarla en alguna casa especializada, que tenga repuestos de alguna marca en particular. Si es un horno que dejó de fabricarse, es muy improbable que hayan quedado remanentes de manijas para ser vendidos. Este caso será luego analizado para revisar la plausibilidad de usar una máquina 3D en el hogar.

⁴⁰ Ver <http://www.amazon.com/>

⁴¹ (Maxell, 2012) Ver en Bibliografía.

El informe **Executive Office of the President - President's Council of Advisors on Science and Technology (2014)**⁴² es un informe creado en Estados Unidos que resalta la importancia de la manufactura para avanzar en la creación de empleo en los Estados Unidos. Para este fin fue creado el National Advanced Manufacturing Portal, en conjunto con una serie de institutos que buscan desarrollar la manufactura en Estados Unidos para crear nuevos puestos de trabajo. Esto permitiría dejar de depender de las manufacturas en países de mano de obra barata y daría trabajo calificados en Estados Unidos. Este informe fue lanzado luego del discurso al “State of the Union” del 28 de enero de 2014, en el cuál Obama reconoció la importancia de hacer que los productos fueran nuevamente fabricados en Estados Unidos. “Tenemos la chance, ahora mismo, de vencer a otros países en la carrera hacia la nueva ola de empleos tecnológicos. Mi administración ha lanzado dos centros para la manufactura de alta tecnología en Raleigh y Youngtown, hemos conectado a negocios con centros de investigación en universidades, que pueden ayudar a que los Estados Unidos lideren al mundo en las tecnologías de avanzada”⁴³

La consultora **Gartner (2015)** acuña un concepto que puede ser importante para el análisis de esta tecnología, que es el de “Hype Cycle”. Esta consultora aplica este concepto al hablar del desarrollo que tiene una tecnología versus el desarrollo a base de marketing de la misma. Hay un desarrollo inicial realizado por el producto en sí, que luego es fogoneado por la publicidad que le otorga más virtudes de las que en realidad tiene el sistema. Esto es ejemplificado en la Figura 13, en donde se muestra el desarrollo de un producto en base a la maduración y a la visibilidad. El desarrollo de la impresión en 3D parece corresponder al desarrollo evidenciado por las acciones de compañías del sector. El gráfico muestra dos ejes, uno de visibilidad y otro de maduración de la tecnología. Inicialmente, la tecnología no está madura, pero aún así hay una gran visibilidad, apariciones en los medios, suba del precio de las acciones, etc. Esto genera un pico de expectativas, que no pueden ser cumplidas. La exposición del nuevo producto cae en forma inmediata por este incumplimiento de las expectativas y hay una baja en la visibilidad, producida por este valle de la desilusión. Comienza luego una nueva alza en la visibilidad de la tecnología, que sube una cuesta de reconocimiento,

⁴² (Executive Office of the President - President's Council of Advisors on Science and Technology, 2014)
Ver en Bibliografía.

⁴³ Fuente: <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2014/01/28/president-barack-obamas-state-union-address>

llegando luego a una meseta de productividad. Este es el momento en el cuál la tecnología comienza a ser más útil.

Figura 13 - Hype Cycle de Gartner⁴⁴



McKinsey Global Institute (2013)⁴⁵ elabora un informe en el cual analiza cuales son las tendencias disruptivas para la industria. Para el caso de la manufactura aditiva, o impresión en 3D, indica que es una tecnología que hasta hora se ha visto reducida a ser usada por hobbistas o diseñadores industriales. Sin embargo, la baja en el precio de las impresoras y de los insumos va a permitir que sea utilizada masivamente por los usuarios hogareños y con fines manufactureros. Esta tecnología afectará no sólo a la industria manufacturera, sino también a la medicina, permitiendo la bio-impresión de órganos humanos. Este informe intenta analizar las tendencias dentro de la industria que pueden generar cambios en el mercado. Puede resultar interesante analizar que este informe no pone a la aparición de la manufactura aditiva como el elemento disruptivo más importante de los próximos años. Le atribuye importancia, pero lo pone un peldaño por debajo de otras creaciones como la Internet de las Cosas (que permite que los aparatos se comuniquen entre si) o de los vehículos autónomos y matiza su importancia. La impresión en 3D se ubicaría así dentro de una tendencia general de digitalización de

⁴⁴ Fuente: <http://www.gartner.com/technology/research/methodologies/hype-cycle.jsp>

⁴⁵ (McKinsey Global Institute, 2013) Ver en Bibliografía.

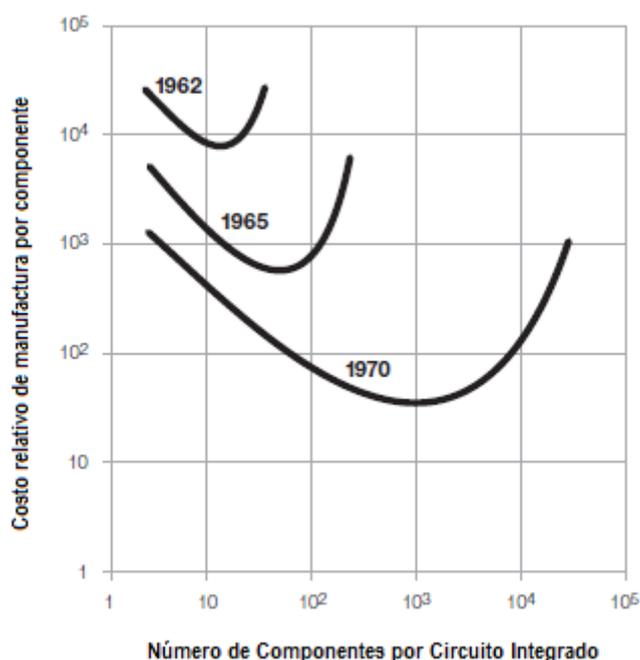
la economía y de co-creación de los productos. Tiene la ventaja de atravesar todo el espectro de la producción de forma horizontal, no afectando solamente a un estrato o sector, sino a todos.

Si bien es una teoría que ha cumplido ya 50 años, es interesante revisar las ideas de **Gordon Moore (1975)**⁴⁶. Gordon Moore era en ese momento un ingeniero que había fundado una empresa que habría de transformarse en Intel. En este ensayo, examina las posibilidades de la industria de los circuitos integrados. En base al estudio empírico de la evolución de esta industria, hace unas predicciones en cuanto al desarrollo de los chips. En primer lugar, afirma que la cantidad de chips en un procesador se duplicaría cada dos años y que esto no implicaría un precio mayor, sino un precio menor del producto final y una mayor velocidad. En entrevistas posteriores, aclaró que hay momentos en los cuales la necesidad de inversión hace subir el precio del producto. En la Figura 14, se hace referencia a las observaciones que había hecho Moore y a lo que esperaba para los siguientes 10 años. Por un lado una baja del costo relativo de los componentes, mientras se incrementaba la velocidad del chip, para luego subir por efecto de los costos fijos que requerían las nuevas inversiones. La Figura 14 explica esta relación y como hay un aumento del número de componentes por circuito, a la vez que hay una baja del precio relativo, seguida luego por un aumento del mismo. Esta “Ley”, si bien no se aplica en cuanto a la reducción de los circuitos integrados, puede ser usada para explicar lo ocurrido con la tecnología en los últimos años y será usada en capítulos posteriores para explicar la evolución de la impresión en 3D.

Figura 14 - Cuadro Original de la Ley de Moore⁴⁷

⁴⁶ (Moore, 1965). Ver en Bibliografía.

⁴⁷ (Moore, 1965). Ver en Bibliografía.



Resumen de la bibliografía revisada

Texto	Aportes Principales
Lipson & Kurman (2013)	La principal ventaja de la impresión en 3D radica en la eliminación de los costos ocultos de producción.
Christopher & Ryals (2014)	Se pasa el foco de la cadena de distribución a la cadena de demanda.
Barnatt, 3D Printing (2015)	La digitalización de la vida y el mayor poder de procesamiento de las computadoras se han conjugado para permitir el boom de la impresión en 3D
Manners-Bell & Lyon (2014)	La impresión en 3D cuestiona a la Revolución Industrial y cambia la forma y los lugares en los que se produce.
The Economist (2012)	Habla de una Tercera Revolución Industrial, que borrará las fronteras entre manufacturas y servicios
Pannet(2014)	Los cambios en la cadena de distribución debido a la impresión 3D permitirán productos finales más baratos
Manyika, George y Massey (2013)	Hay un cambio en los deseos de los consumidores que puede ser llevado adelante gracias a la impresión en 3D
Leading Edge	Habla de la innovación que significa que los productos

Forum (2012),	puedan salir directamente de fábrica al consumidor.
Anderson(2012)	Introduce el concepto de “The Long Tail of Things”, que permite que se lleven adelante proyectos que antes no tenían mercado para ser desarrollados.
Bower y Christensen (1999)	Indican que el no reconocer una tecnología disruptiva, hace que las empresas pierdan liderazgo.
Petric & Simpson(2013)	Hace hincapié en las diferencias entre “Economías de Escala” y “Economies –of-One”, que es lo que permite la impresión en 3D
Maxell(2012)	Habla del realineamiento de la cadena de distribución y del surgimiento de nuevas oportunidades de negocios.
Executive Office of the President - President’s Council of Advisors on Science and Technology (2014)	Habla de la importancia de la impresión 3D para la creación de empleos en Estados Unidos.
Gartner(2015)	Analiza como las innovaciones tecnológicas atraviesan un ciclo de crecimiento no fundamentado, para luego surcar un camino de crecimiento más estable.
McKinsey Global Institute (2013)	Analiza la aparición de diferentes tecnologías disruptivas y de su impacto en los próximos años.
Moore (1965)	Analiza el crecimiento de las capacidades de los circuitos electrónicos, e indica que estos duplicarán su capacidad en dos años. Esto seguirá sucediendo durante los años subsiguientes.

Revisión de los tipos de impresoras actualmente existentes en el mercado⁴⁸

Si bien es una tecnología en constante desarrollo, es interesante relevar los tipos de impresoras que hay en el mercado y sus posibilidades. El orden utilizado es desde los sistemas más sencillos a los más complejos. Las impresoras más baratas son las primeras, mientras que las impresoras más caras y que permiten los diseños más complejos se encuentran al final.

Tipo de Impresión	Año de creación	Cómo Funciona	Aplicaciones	Materiales	Precio Actual ⁴⁹	Ventajas	Desventajas
FFF (Fused Filament Fabrication)	2005	Deposita el material capa por capa, unidos por un material de adhesión. Es la versión sin registrar del FDM.	Prototipado rápido. Prototipado de tejidos humanos	ABS, ABSi, polyphenylsulfone (PPSF), polycarbonato (PC), y Ultem 9085	XYZprinting Da Vinci 1.0 (Impresora Hogareña): 499 usd	Es un sistema que no está registrado, por lo que el precio es mucho menor.	Trabaja en forma de capas, por lo que el acabado tiene desperfectos.
FDM (Fused Deposition Model)	1989	Funciona como un lápiz que va depositando capa por capa el material sobre una placa.	Modelado, prototivado y producción.	Acrylonitrile Butadiene Styrene ABS, Polylactic acid PLA, Polycarbonate PC, Polyamide PA, Polystyrene PS, lignin, rubber	Ultimaker 2 (Impresora Hogareña): 2.500 usd Printrbot Simple with Heated Bed (Impresora Hogareña): 749 usd	Está avalado por una marca reconocida (Stratasys). Puede usar muchos tipos de materiales.	No tiene buena calidad final.
PJP (Polyjet Printing):	2000	Iguala a una impresora a chorro de tinta, depositando gotas del producto	Medicina	Fotopolímero.	Objet24 Desktop printer (Impresora para diseñadores): 21.140 USD	Trabaja en forma rápida, con gotas de 16 micrones	El fotopolímero no tiene mucha resistencia y es caro en comparación a

⁴⁸ Los datos para realizar este listado se extrajeron de (Anderson, 2012); (McKinsey Global Institute, 2012); (Winnan, 2013) y de www.grupoxds.com

⁴⁹ Precios en USD a Mayo de 2015, extraídos de www.amazon.com, www.dasisolutions.com, www.tomsguide.com

							otros materiales
SLS (Selective Laser Sintering):	1985	Una capa de polvo de décimas de milímetro se deposita en un recipiente ligeramente caliente (inferior al punto de fusión del polvo). Un laser CO2 sinteriza el polvo de acuerdo al diseño, haciendo que las partículas se fusionen y solidifiquen.		Polvo de nailon, poliestireno, acero, titanio, aleaciones y compuestos.	Wiiibox One Pro (Impresora Hogareña): 1.699 usd	Es más fuerte y no se colapsa durante la fabricación. Los restos de polvo pueden ser usados en otros trabajos.	La superficie es porosa. Puede explotar si se usa en forma incorrecta. El producto final tarda en enfriarse.
SLA (Estereolitografía):	1986	Se adicionan finas capas de resina una encima de otra. El laser traza cada sección transversal en la superficie de la resina. La resina se cura con la exposición del líquido a la luz ultravioleta.	Piezas mecanizadas, moldes	Resina líquida	Form 1 (Impresora Hogareña): 3.499 usd	Elevado precio de las resinas. Los objetos producidos son sensibles a la humedad y la temperatura.	Es un método rápido y tiene un acabado prolijo

Evolución de los precios de las acciones de empresas creadoras de impresoras 3D en los últimos 5 años.

La Figura 15 contiene los precios de las acciones de las principales compañías del rubro de impresión en 3D en los últimos 5 años. En el gráfico se observa un punto de inicio similar para todas, un progresivo aumento del valor de las acciones para crecer en forma muy importante a partir del año 2013. Luego de esta subida en el precio, hay una caída abrupta y una relativa baja en los precios desde entonces. En este proceso de cinco años, la firma Stratasys aumenta su valor un 157,72%, la firma 3D Systems crece un 560,72%; la firma ARC crece un 693,09%, mientras que la firma EXone cae un 49,73%, no habiéndose subido a la oleada de subas de los precios.

Figura 15 - Precio de las acciones de Fabricantes de Impresoras 3D⁵⁰



Se analizaron cinco compañías del rubro, para ver la evolución del precio de las acciones.

DDD= 3D Systems Corporation

ARCW= ARC Group Worldwide, Inc.

VJET= Voxeljet AG

XONE= The ExOne Company

⁵⁰ Fuente: Yahoo! Finance, 28 de marzo de 2015.

SSYS= Stratasy Ltd.

AMAVF= Arcam AB

Impacto de la innovación tecnológica.

En este tramo, se analizará que sucedió con la aparición de un invento disruptivo en otras industrias. Para este caso, se hará una reseña del caso de Blockbuster, que fue llevado a la quiebra por no reconocer la importancia de la aparición del sistema de transmisión online.⁵¹

Blockbuster pasó de valer 5 millardos de dólares en 2002, a declarar la quiebra en 2010. Todo por la masificación de la banda ancha y la aparición de formatos comprimidos que permiten ver video con alta calidad y menor tamaño. El golpe de gracia lo dio la aparición de la transmisión online de video por parte de Netflix en 2007. Aún teniendo la capacidad de crear su propia plataforma de contenidos online, de tener a una gran clientela cautiva, a una marca establecida y contratos con las productoras de filmes, Blockbuster no supo como implementar en el momento exacto una forma de adaptar su estructura a la nueva tecnología. Esta falta de adaptación a la nueva forma de distribución de video la llevó a la desaparición.

Se plantea en esta tesis que la aparición de esta tecnología “exponencial” no solo afectará a un sector de la industria o a una empresa en particular, sino que el efecto será transversal, e implicará cambios en todos los ámbitos del mundo del trabajo. Es una tecnología que sirve de plataforma para realizar cambios mucho más profundos.

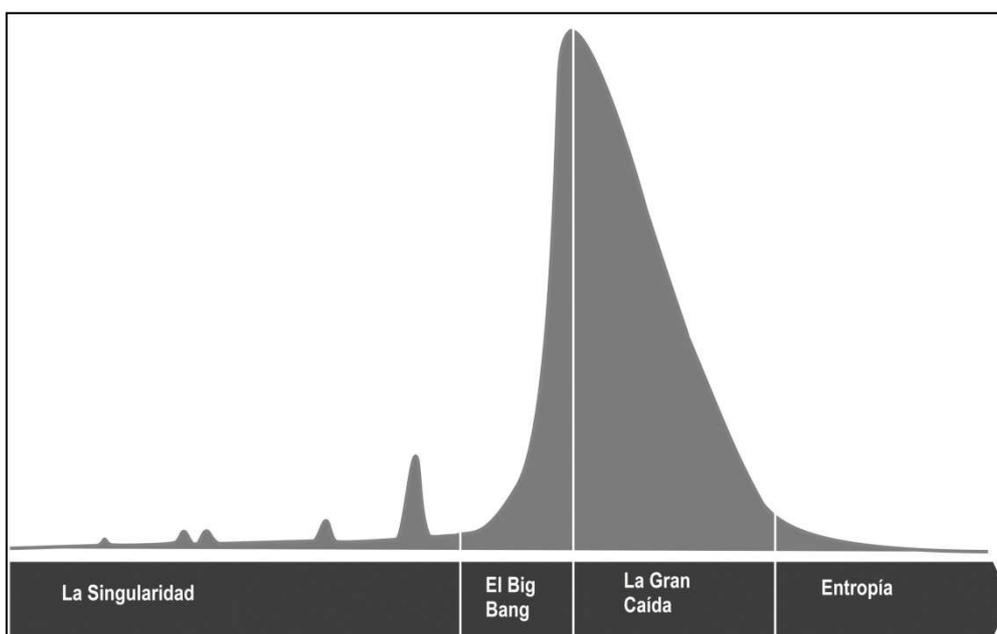
En este nuevo mundo digital, las irrupciones tecnológicas no son graduales, sino que el nuevo entrante puede presentar un producto mejor en calidad y precio que quien tiene una posición dominante en el mercado. Es el campo fértil para que prospere y se difunda la impresión en 3D. Quienes primero sufrirán los embates de este tipo de tecnología serán las empresas con grandes inversiones de capital en fábricas en lugares con mano de obra barata. El diferencial en costo que permite tener más stocks intermedios, tiempos de envío más largos y menos capacidad de diferenciación va a

⁵¹ Datos extraídos de (Downes L. &, 2013). Ver en Bibliografía.

desaparecer rápidamente y la mayoría de las empresas del sector no están preparadas para afrontar este nuevo reto.

Usando el modelo propuesto por **Downes y Nunes(2014)**, que identifica las cuatro etapas de una irrupción tecnológica, se puede argumentar que la tecnología de impresión en 3D acaba de dejar la etapa de “Singularidad” y se encuentra a punto de entrar en la etapa de “Big Bang”. La Figura 16 muestra cuán fuerte puede ser el cambio generado por una tecnología disruptiva. El desafío de la impresión en 3D es no caer rápidamente en la etapa de Big Crunch⁵².

Figura 16 – El “Shark Fin”, o Aleta de Tiburón⁵³



El modelo propuesto por estos autores consta de cuatro etapas. Una primera etapa de “Singularidad”. En esta etapa hay una disrupción causada por un provocador, un actor nuevo en el mercado. Estos actores nuevos operan no bajo la lógica del negocio, sino bajo la lógica de la creación y el diseño. En esta etapa hay muchos

⁵² Gran caída

⁵³ (Downes L. &, 2014). Ver en Bibliografía.

experimentos fallidos. Hay colaboración en los diseños, hay apertura de ideas, se buscan soluciones en dónde antes no se pensaba en buscar. La segunda etapa es conocida como “El Big Bang” y en esta etapa hay grandes fracasos y grandes sucesos. Todo ocurre de manera muy veloz. Hay una sensación de que el ganador se lleva todo y eso lleva a una carrera hacia ser el primero, el mejor. La tercera etapa es conocida como “La Gran Caída”. En esta etapa, luego de la explosión de innovación producida por la etapa anterior, llega una etapa en la cual es difícil manejar el éxito. Lo que antes era innovación pasa a ser imitación, en busca de repetir los éxitos pasados. De golpe, aquella compañía que era innovadora pasa a ser una más del montón y se ve superada por nuevos no incumbentes que le roban mercado. Esta etapa lleva a la cuarta y final, la “Entropía”. En esta etapa, las compañías entran en un agujero negro que las puede llevar a la bancarrota. “Los usuarios abandonan a los productos, servicios y marcas viejos, causando una disrupción masiva en las industrias existentes, mientras que nuevos y más dinámicos ecosistemas son creados. La antigua industria implodiona, transformándose rápidamente en nueva forma, más inestable.”⁵⁴

⁵⁴ (Downes L. &, 2014). Ver en Bibliografía.

Capítulo 1 – Empresas que adoptaron la impresión en 3D

1.1 – Presentación de casos de implementación

1.1.1 – APP (American Precision Prototyping). Compañía de diseño.⁵⁵

En febrero de 2014, la empresa APP fue seleccionada para crear las cajas para el traslado de las botellas de Powerade durante el Mundial FIFA 2014 en Brasil. Tenían un mes para fusionar dos diseños existentes y entregar 150 productos terminados. Se utilizaron impresoras 3D para mejorar el diseño existente y luego se crearon prototipos de cómo se vería el producto final. Con la misma impresora 3D se crearon moldes de silicona que se usaron para crear el producto final. En este caso la impresión en 3D les permitió realizar en forma rápida un proyecto que necesitaba respuesta inmediata. En la Figura 17 se observa el prototipo a escala y el prototipo en tamaño real. Mediante el sistema de impresión en 3D la compañía logró un ahorro considerable de tiempo, que en este caso era fundamental para completar el proyecto.

Figura 17 - Prototipos de porta botellas⁵⁶



1.1.2 – Fábrica Alemana de Autopartes.⁵⁷

Esta fábrica necesitaba crear una carcasa para la transmisión de un auto de Fórmula 1 y el método utilizado hasta ese momento era el de modelado en arena. Cada molde costaba entre 15.000 y 20.000 euros. Utilizando una impresora en 3D, el costo por molde pasó a ser de 1500 euros, con un tiempo de impresión de 4 horas. En este caso la impresión en 3D permitió bajar costos y reducir tiempos. La Figura 18 muestra el molde de arena creado mediante una impresora Exone.

⁵⁵ Datos tomados de www.3dsystems.com

⁵⁶ Fuente: www.3dsystems.com

⁵⁷ Fuente: www.exone.com

Figura 18 - Molde de arena creado con impresora 3D⁵⁸

1.1.3 – 3M Korea.⁵⁹

Esta empresa tenía demoras con la creación de los prototipos de sus productos, que tercerizaba en otras empresas. Lograron reducir los tiempos de producción de prototipos de 7 días a 1 día, bajando el costo de 3.500 usd a 350 usd por prototipo. Por otro lado, al tener control interno de la creación de los prototipos, pueden tener más control sobre el producto final. Esta empresa logró bajar tiempos y costos gracias a la impresora.

1.1.4 – Empresa Autopartista Argentina.⁶⁰

Se trata de una empresa autopartista que tercerizaba la realización de prototipos en empresas especializadas. Decidieron adquirir una máquina de impresión 3D para poder realizar el proceso internamente. El proceso está actualmente en proceso de implementación, pero los valores estimados que manejó la empresa para la inversión en esta máquina son los representados en la Figura 19. En esta figura, se indican los costos estimados por la empresa para sus trabajos de prototipado tercerizado. Los valores están en dólares y se estima un crecimiento en los requerimientos de outsourcing por la necesidad de crear más modelos. Si bien el costo de la impresora es alto, el costo en los años subsiguientes es reducido con respecto al costo de tercerizar el proceso. Por lo tanto, el Valor Actual Neto de comprar una impresora en 3D para esta empresa es más bajo que el de tercerizar el proceso.

⁵⁸ Fuente: www.exone.com

⁵⁹ Fuente: www.stratasys.com

⁶⁰ Fuente: Entrevista con el Jefe de Sistemas de la Empresa Autopartista.

Figura 19 - VAN de uso de Impresora 3D en empresa autopartista argentina⁶¹

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Costo Total	VAN	Tasa
Trabajo Tercerizado	\$ -10.000,00	\$ -12.000,00	\$ -14.000,00	\$ -16.000,00	\$ -18.000,00	\$ -70.000,00	\$ -49.246,37	18%
Inhouse	\$ -25.330,00	\$ -4.000,00	\$ -4.677,00	\$ -5.330,00	\$ -6.000,00	\$ -45.337,00	\$ -38.417,51	

No sólo se tomaron en cuenta los costos a la hora de analizar la compra de la impresora 3D. Otro de los problemas con los que tiene que lidiar esta empresa es con los tiempos de espera entre el diseño del prototipo y la obtención del mismo. Esta empresa necesita dar respuesta rápida a los cambios de diseño introducidos por las automotrices a sus vehículos y a su vez adoptar nuevas tecnologías en el producto final. Esto lleva a que se deban realizar muchas modificaciones en los productos a la espera de ser aprobados por el cliente. Incluso en los trabajos ya presupuestados puede haber luego cambios en el diseño del vehículo que obliguen a modificar el diseño de la autoparte. Se volvió necesaria la implementación de esta máquina para poder responder en forma más rápida a los pedidos de las automotrices. El ahorro estimado en los tiempos de espera en el diseño de los prototipos puede observarse en la Figura 20. En esta figura, se observan los tiempos estimados para la creación de prototipos. Mientras que en el caso de los trabajos tercerizados hay una demora estimada de 15 días, en el caso de los trabajos realizados dentro de la empresa mediante una impresora 3D hay una demora de dos días.

Figura 20 - Tiempo promedio por prototipo⁶²

	Tiempo Promedio
Trabajo Tercerizado	15 días
Inhouse	2 días

1.2 – Análisis comparativo de costos de fabricación de un elemento en 3D versus la importación del mismo.

Parte de la bibliografía recabada indica la posibilidad certera de reemplazar la producción tradicional a escala por una producción más personalizada, realizada en

⁶¹ Fuente: Elaboración propia en base a entrevista a Jefe de Sistemas de Empresa Autopartista. Valores en USD.

⁶² Fuente: Elaboración propia en base a entrevista a Jefe de Sistemas de Empresa Autopartista.

impresoras 3D. Este análisis intenta ver si es posible reemplazar la producción en China con métodos tradicionales por la producción en Argentina con una impresora 3D.

Para este análisis se tomaron en cuenta varios supuestos que pasaré a detallar a continuación. Se utilizó un producto que puede ser comprado tanto en China, como fabricado mediante una impresora 3D. Si bien no existen planos de fabricación de este modelo de silla en las páginas de diseño online, sería posible adaptar algún diseño existente para crear una silla como la de la Figura 21. Es un producto relativamente sencillo de fabricar, con partes pequeñas y encastrables. Se trata de una sillita portátil para fijar a una silla y alimentar bebés o niños pequeños. En la actualidad este tipo de sillas no se producen en el país, sino que son importadas de China. El producto elegido no cuenta con certificaciones de seguridad, solamente se debe consignar que el plástico utilizado en el producto no contenga ftalatos⁶³.

Figura 21 - Silla Plegable⁶⁴



En la Figura 22 aparecen todos los costos asociados a la importación de este tipo de producto en la Argentina. Por un lado, están los costos FOB del producto en origen; los costos del flete hacia la Argentina; los derechos aduaneros; y los costos asociados a la importación del producto. La fábrica en China posee un número mínimo de unidades para poner una orden de producto, que están consignadas en esta figura. El cuadro contiene todos los costos asociados a la importación de este tipo de productos a la Argentina. El valor FOB de este producto en Ningbo es de 13 USD. A ese valor hay que sumarle el costo de un flete internacional (en el cuadro están estimados los costos de dos tipos de contenedores) y del seguro de la mercadería. Para poder realizar la importación del producto están también especificados los impuestos que paga este

⁶³ Fuente: www.tarifar.com.ar

⁶⁴ Fuente: www.babymovil.com.ar

producto. Se incluyen los gastos asociados a la salida de la mercadería de Aduana local (Despachante de Aduana, flete local). Los datos de la tercera columna indican los costos FOB, CFR y CIF de un contenedor de 20 y de 40 pies. FOB o Free on Board es el precio del producto puesto en el puerto de origen, en este caso Ningbo. CFR, es ese mismo costo, al cual se le suma el monto del flete internacional, desde Ningbo a Buenos Aires. El monto CIF incluye los gastos de seguro.

Figura 22 - Costos para el cálculo de la importación de sillas⁶⁵

Costos		Datos			
FOB Ningbo	\$ 13,00	Peso Bruto	3	FOB 40HQ	\$ 35.633,00
Flete40HQ NGB-BUE	\$ 5.500,00	Cont 40 HQ	2741	CFR 40HQ	\$ 41.133,00
Flete 20	\$ 3.000,00	Cont 20	1263	CIF 40HQ	\$ 41.544,33
Derechos	18,50%	Orden Min	1263	Unit CIF	\$ 15,16
IVA	21%	NCM			
IVA AD	10,50%	Pago	Ant.45 días	FOB 20	\$ 16.419,00
Ganancias	6%			CFR 20	\$ 19.419,00
IIBB	3%			CIF 20	\$ 19.613,19
Gastos Despa	0,40%			Unit CIF	\$ 15,53
Otros Despa	\$ 200,00				
Flete Local	\$ 500,00				
Almacenaje	\$ 400,00				
Seguro	1%				

Por otro lado, en el caso de la importación, sólo se pueden traer dos colores de productos por contenedor, dado que la orden mínima es de 1263 unidades, cuando en un contenedor de 40HQ entran 2741 unidades. En ese escenario no se tomaron en cuenta la importación de repuestos, ni de bandejas de colores adicionales. Se importarían dos modelos de este producto.

Por otro lado, el “leadtime” indicado en Figura 23 es de 98 días desde realizado el pedido hasta tener el producto en depósito. En este modelo no se tienen en cuenta las demoras producidas en la aprobación de la DJAI, vigente a marzo de 2015 para la importación de productos de consumo en Argentina. Se estima una demora de 45 días en la entrega en el puerto de origen de acuerdo a las especificaciones del proveedor. Por otro lado, en ese puerto hay una demora de 5 días hasta la salida del buque. El viaje entre Ningbo y Buenos Aires demora 43 días. Luego el contenedor debe esperar unos cinco días más hasta salir del puerto de Buenos Aires.

⁶⁵ Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados de Tarifar y de Vernazza SA.

Figura 23 - Tiempo de tránsito Ningbo-Buenos Aires⁶⁶

Lead Time	98
Entrega Ningbo	45
Terminal Ningbo	5
Viaje Ningbo-Buenos Aires	43
Terminal BUE	5

En la Figura 24, se encuentra el cash flow para la importación de las sillas. Se tomó un precio de venta decreciente y no se tomaron en consideración las posibles trabas a la importación de productos. En esta figura se estiman los gastos que implica la importación de este producto. Se usa una demanda estimada creciente y un precio de venta decreciente. Hay un costo inicial por la importación de las sillas (que incluye los conceptos especificados en el cuadro anterior). En el caso de los derechos, la base imponible de los mismos es el monto CIF. En las filas inferiores aparecen los ingresos por ventas de productos. Esta sumatoria entre egresos por las importaciones y por el mantenimiento de un empleado genera el flujo de fondos de este proyecto. En el primer momento este proyecto pierde dinero, pero luego hay un resultado positivo.

⁶⁶ Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de CHINA SHIPPING (ARGENTINA) AGENCY S.A. y Alibaba.

Figura 24 - Flujo de fondos para la importación de sillas⁶⁷

Precio		\$ 55,00	\$ 55,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00
Año	0	1	2	3	4	5
Ventas		1500	1500	1600	1800	1823
Stock	2741	1241	2482	882	1823	0
Egresos						
Sillas	\$ 41.544,33		\$ 41.544,33		\$ 41.544,33	
Flete Local	\$ 500,00		\$ 500,00		\$ 500,00	
Despachante	\$ 142,53		\$ 142,53		\$ 142,53	
Derechos	\$ 7.685,70		\$ 7.685,70		\$ 7.685,70	
Seguro	\$ 415,44		\$ 415,44		\$ 415,44	
Custodia	\$ 300,00		\$ 300,00		\$ 300,00	
Almacenaje	\$ 400,00		\$ 400,00		\$ 400,00	
Stock	\$ 5.193,04	\$ 2.351,17	\$ 4.702,35	\$ 1.671,02	\$ 3.453,82	\$ -
Empleado		\$ 21.000,00	\$ 21.000,00	\$ 21.000,00	\$ 21.000,00	\$ 21.000,00
Total Egresos	\$ -56.181,05	\$ -23.351,17	\$ -76.690,35	\$ -22.671,02	\$ -75.441,82	\$ -21.000,00
Ingresos						
Ventas		\$ 82.500,00	\$ 82.500,00	\$ 80.000,00	\$ 90.000,00	\$ 91.150,00
Total Ingresos	\$ -	\$ 82.500,00	\$ 82.500,00	\$ 80.000,00	\$ 90.000,00	\$ 91.150,00
Neto	\$ -56.181,05	\$ 59.148,83	\$ 5.809,65	\$ 57.328,98	\$ 14.558,18	\$ 70.150,00

En la Figura 25 se encuentran el cash flow para la fabricación de las sillas de plástico en Argentina.

Para los materiales, se tomó el precio del filamento importado, puesto en Buenos Aires, importado por la vía aérea. En este precio están incluidos los valores de importación del producto. Las fábricas de filamentos suelen ofrecer packs de varios colores por el mismo precio de la compra de un único color. En este caso existe la posibilidad de producir sillas en múltiples colores y se pueden ofrecer también bandejas de repuesto en caso de ser requeridas. También se pueden realizar sillas de diferente tamaño ya que el mismo diseño se puede escalar fácilmente.

Debido a la técnica de producción usada, el peso final del producto es un 30% menor, lo que permite ahorrar parte del material, produciendo una silla más liviana. Una silla producida con métodos de producción tradicionales pesa 2,6 kilos, mientras que la silla producida con materiales 3D puede pesar 1,58 kilos. El precio de venta es 10% mayor ya que el producto es personalizado con el nombre, tamaño y los colores que pida el cliente. Esta figura busca reproducir los números planteados en la Figura 24, pero con la fabricación local de las sillas mediante una impresora en 3D. Hay un primer momento en el cual se realizan las compras de maquinaria e insumos y luego se replican

⁶⁷ Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de Tarifar, Vernazza SA, Alibaba, Shenzhen Lankeda Technology Co.,Ltd. y Baby Movil. Todos los valores están en USD.

los gastos en insumos, dependiendo de las ventas estimadas del producto. A mayor venta estimada, mayor gasto estimado en insumos.

Figura 25 - Flujo de fondos para la producción de sillas⁶⁸

Año	0	1	2	3	4	5
# sillas		1500	1500	1600	1800	2000
# Bandejas de colores		150	150	160	180	200
# Repuestos		100	200	300	400	500
Egresos						
Compra Equipo	\$ 24.000,00					
Filamento	\$ 51.480,00	\$ 51.480,00	\$ 54.912,00	\$ 57.024,00	\$ 63.360,00	
Mantenimiento	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00	
Mano de Obra		\$ 21.000,00	\$ 21.000,00	\$ 21.000,00	\$ 21.000,00	\$ 21.000,00
Otros Materiales	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00	\$ 4.800,00	\$ 5.400,00	\$ 6.000,00	
Repuestos	\$ 30,00	\$ 60,00	\$ 90,00	\$ 120,00	\$ 150,00	
Total Egresos	\$ -83.010,00	\$ -80.040,00	\$ -83.802,00	\$ -86.544,00	\$ -93.510,00	\$ -21.000,00
Ingresos						
Ventas Sillas	\$	82.500,00	\$ 82.500,00	\$ 88.000,00	\$ 90.000,00	\$ 100.000,00
Ventas Bandejas	\$	1.500,00	\$ 1.500,00	\$ 1.600,00	\$ 1.440,00	\$ 1.600,00
Ventas Repuestos	\$	500,00	\$ 1.000,00	\$ 1.500,00	\$ 2.000,00	\$ 2.500,00
Total Ingresos	\$ -	\$ 84.500,00	\$ 85.000,00	\$ 91.100,00	\$ 93.440,00	\$ 104.100,00
Neto	\$ -83.010,00	\$ 4.460,00	\$ 1.198,00	\$ 4.556,00	\$ -70,00	\$ 83.100,00

En la Figura 26 se hace un análisis comparativo de la importación de sillas contra la fabricación de sillas a nivel local. El costo de los filamentos hace que producir con una impresora en 3D sea más caro en comparación a la producción tradicional. En el caso de este producto, en el cual no hay más valor agregado, ni necesidad de ajustar diseños o moldes, la producción en masa es muy sencilla. Esta figura usa los flujos de fondos generados en los cuadros anteriores y los compara. Para evaluar en forma financiera cuál es el mejor proyecto, se compara el Valor Actual Neto de ambos. Se toma una tasa de descuento del 25%. El modelo del Valor Actual Neto indica que es mejor importar las sillas que fabricarlas en forma local.

Figura 26 - Análisis comparativo de Valor Actual Neto⁶⁹

⁶⁸ Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de 3D Lab Fab & Café y Babi Movil. Todos los valores están en USD.

⁶⁹ Fuente: Elaboración propia en base a información generada en Figura 24y Figura 25

Para el costo de los insumos, se utilizaron filamentos importados de China y no de producción local. En estos momentos, el costo de los insumos producidos localmente es hasta 10 veces mayor que el de los insumos importados. En la Figura 27 se pueden observar los costos de los dos materiales más populares en la fabricación en 3D, uno FOB China y el otro fabricado en Argentina. Sólo con una baja considerable en el precio de la materia prima podría considerarse el uso de la impresión en 3D para el reemplazo de la fabricación tradicional.

Figura 27 - Costo de filamentos Marzo 2015⁷⁰

Material	PLA	ABS
FOB China	11	12
Argentina	45	35

En el modelo de fabricación local analizado, para lograr un VAN similar al de la importación, es necesario usar filamentos que valgan 8 USD en Argentina. Si el precio del kilo de filamentos quiebra esa barrera, la fabricación local de este producto va a ser más conveniente desde el punto de vista económico que la importación.

Sin embargo, el costo de los filamentos no ha tenido en los últimos años un descenso pronunciado. El costo de los insumos necesarios para lograr una producción más barata ha hecho que el desarrollo de la manufactura se haya visto detenido en los últimos meses. Hasta que no se desarrolle un insumo más barato, las ventajas de menor stock, mayor personalización no primarán por sobre el costo final. Hubo avances técnicos muy importantes en las características técnicas de las impresoras, que han posibilitado una baja de precios importante en los equipos, pero no ha habido un desarrollo similar en el precio de los insumos.

⁷⁰ Fuente: Elaboración propia en base a 3DL para precios de Argentina, y Guangzhou Flythinking Macromolecular Material CO.,Ltd para los precios de China

Capítulo 2 – Análisis comparativo de costos

2.1 – Análisis de diseño y fabricación de una silla de niños

Una de las posibilidades que se plantean a futuro es que se reemplace la compra de productos terminados en comercio por la de filamentos y mediante una impresora 3D hogareña se impriman los productos directamente descargando los diseños de internet. Esta es una tendencia que de acuerdo a la bibliografía recabada va en aumento.

Para poder realizar este análisis, se toman en cuenta precios al por menor y diseños fácilmente descargables de la web, que no requieren de una capacidad de diseño avanzada. A hoy se requiere solamente un manejo intermedio de programas de computación, para poder entender el uso de los diferentes formatos. Estos programas se pueden obtener en forma gratuita.

La impresora más barata que se puede conseguir en Argentina puede ser ensamblada directamente usando instrucciones de internet por alrededor de 1.000 usd.⁷¹ La máquina local más barata ya ensamblada cuesta alrededor de 1.500 usd⁷². Estas máquinas permiten la impresión de diseños básicos a un color. La cantidad de modelos desarrollados es importante a nivel internacional, por lo que es difícil seguir el ritmo exacto de la evolución de las impresoras.

En la Figura 28 se analizan los costos necesarios para producir una silla en forma hogareña. Dentro de los costos se ofrecen diferentes materiales de producción, que están actualmente en el mercado argentino. Cada uno de estos materiales difiere en precio, resistencia y colores. En esta figura se indica el peso de una silla. El peso de la silla determina cuanto material debe ser utilizado en la producción. En este caso es de 1,82KG. Luego están detallados los precios por kilo de los diferentes tipos de materiales que pueden ser usados (en este caso se tomaron tres tipos de material: ABS, Nylon y Laywood). “Otros materiales” se refiere a las cintas utilizadas. Por otro lado, se indican también los precios de dos tipos de impresoras de fabricación argentina.

⁷¹ Fuente: <http://www.reprap.org/>

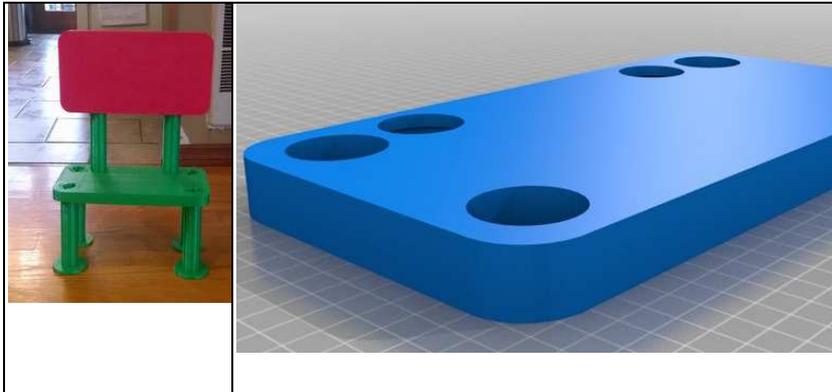
⁷² Fuente: 3D Lab Fab & Café.

Figura 28 - Costo variable de materiales⁷³

Material x silla		1,82
Costo Fil base. x Kilo	\$	35,00
Costo Fil. Nylon x Kilo	\$	75,00
Costo Fil. Laywood x Kilo	\$	130,00
Costo Variable ABS	\$	63,70
Costo Variable Nylon	\$	136,50
Costo Variable Laywood	\$	236,60
Otros Materiales	\$	5,00
3D FAB	\$	1.500,00
CH-101B REV1.3	\$	3.500,00

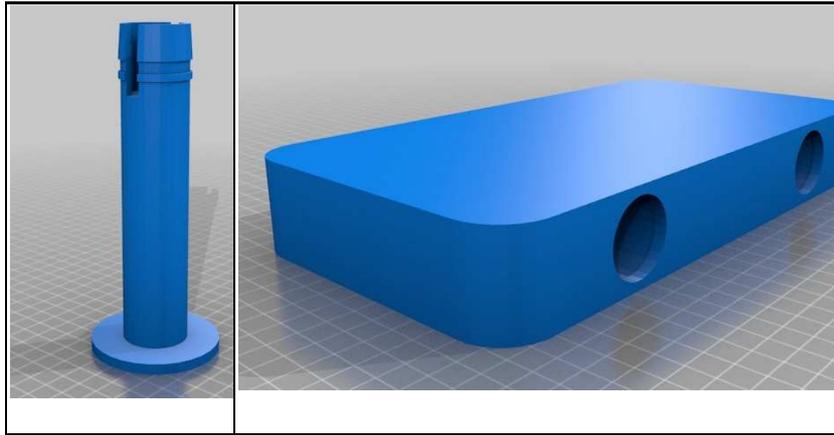
De acuerdo a este análisis, el costo variable de imprimir una silla en plástico ABS en forma hogareña, usando los materiales que se encuentran disponibles localmente cuesta casi lo mismo que comprar una silla fabricada con 3D localmente (60usd versus 63,7 usd). Al momento de escribir esto, no está disponible el diseño de una silla similar para descargar en forma gratuita, pero sí podemos encontrar el modelo de la Figura 29, que permite crear una silla para niños como las que se encuentran en forma comercial en el mercado.

Figura 29 - Modelo de silla para imprimir en forma hogareña⁷⁴



⁷³ Fuente: Elaboración propia en base a datos de 3D Lab Fab & Café y Chimak.

⁷⁴ Fuente: Toddler Size Chair en <http://www.thingiverse.com/thing:218782>



Tomando en cuenta el costo variable, imprimir una silla hogareña puede resultar más conveniente que comprar una. Se puede configurar con los colores que sean los requeridos, se puede hacer del material que se escoja. Por ejemplo, si se quiere lograr una terminación en madera, la silla costaría 236,5 USD en costo variable. En caso de querer agregarle partes, se puede hacer con programas de diseño disponibles en forma gratuita online. Si la impresora en 3D no es de buena calidad, el producto final no va a tener una calidad comparable a uno profesional, pero si la impresora 3D es de calidad “semi-profesional”, como la CH-101B Rev 1.3 por 3,500 USD, se puede imprimir una silla como la descrita sin inconvenientes.

La masificación de este tipo de impresoras a nivel hogareño puede implicar en el corto plazo grandes cambios para la manufactura tradicional. Una industria con la cual se puede trazar un paralelismo es la fotográfica. Hasta hace 15 años, era normal sacar fotos con una cámara analógica y luego revelarlas en una casa de fotos. Hasta hace 10 años, lo normal era sacar fotos con una cámara digital y luego imprimir una selección de fotos en una casa de fotos con una impresora profesional. Hoy por hoy, la impresión de fotos puede realizarse en forma hogareña con casi la misma calidad que tienen las fotos impresas en forma profesional. Hay venta de papel fotográfico para impresoras, e impresoras que pueden usar un cartucho especial para otorgarle a las impresiones un acabado mate. Las primeras impresiones de fotos en impresoras a tinta hogareñas tenían mala calidad y no podían bajo ningún concepto reemplazar a las impresiones realizadas en una casa fotográfica. Diez años después de aparecer la posibilidad de imprimir en forma hogareña, la calidad de una impresión profesional y la calidad de una impresión hogareña son casi iguales, aún con impresoras de bajo costo.

La barrera inicial que debe superar esta tecnología es la de incorporar una impresora hogareña de mediana calidad en el hogar. Una vez rota esa barrera, a los usuarios les va a ser mucho más difícil decidir entre comprar un producto o fabricarlo ellos mismos. Los únicos productos que no van a poder ser fabricados en forma hogareña serán aquellos con piezas muy grandes que no puedan ser separadas en varias partes, o aquellos que tengan una gran complejidad en materiales.

2.2 – Análisis de productos que pueden ser impresos en forma hogareña.

2.2.1 - Carcasa de Smartphone

Entre los productos más populares para imprimir a nivel hogareño, se encuentran los accesorios para celulares. En los últimos años, las compañías de teléfono ofrecen múltiples posibilidades de configuración de los colores y accesorios de los celulares. Al ser inviable fabricar teléfonos en más de dos colores, se ofrece a los usuarios la posibilidad de intercambiar las carcasas, poner etiquetas, etc. Este producto está entre los más populares para descargar y modificar, siendo sencillo de producir. Por otro lado, la gran cantidad de teléfonos en el mercado hace que sea difícil que los locales tengan stock del modelo exacto de carcasa para el teléfono que tiene el usuario. Lo que generalmente sucede es que se encuentran disponibles los modelos más nuevos y populares, mientras que en el caso de los modelos menos vendidos no hay disponibilidad de carcasas. La posibilidad de fabricar este producto viene a solucionar varios problemas entonces. Por un lado, permite tener el modelo exacto de carcasa que se usa para ese teléfono en particular y en el color que se desee. Por otro lado, permite que el costo sea más barato que los que se consiguen en el mercado. En la Figura 30 están analizados los costos variables de la impresión en 3D de una funda para celular. Se tomó por un lado el precio de una funda comprada en forma comercial, con valor de 120 usd en su versión original y con valor de 25 USD en su versión copiada, y se lo comparó contra el costo variable de imprimir una funda similar en una impresora en 3D. En este caso, el peso de la funda es de 0,03 kilogramos, mientras que el kilogramo de

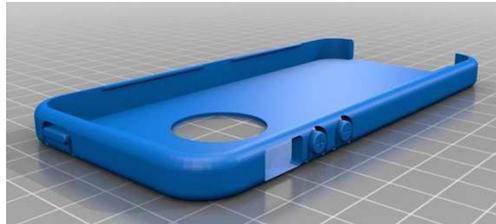
material “Flexible” apto para reproducir las fundas es de 90 USD por kilo. Esto lleva a que el costo variable de la impresión en 3D de la funda sea de 2,70 USD por unidad.

Figura 30 - Costo de fabricar carcasa de Smartphone vs. Compra⁷⁵

Precio Funda Original	\$	120,00
Precio Funda	\$	25,00
Peso en kilos		0,03
Kilo Fil. Flexible	\$	90,00
Costo Variable	\$	2,70

La Figura 31 fue extraída de una comunidad llamada “Thingiverse”, en la cual los usuarios postean diseños de productos que pueden descargarse y modificarse libremente. El diseñador cuenta cuál es el costo en materiales del producto, cuando es el tiempo estimado y que máquina utilizó. Otros usuarios pueden tomar ese diseño y modificarlo, o contar sus experiencias en cuanto al mejor tipo de material a utilizar, etc.

Figura 31 – Diseño de carcasa para Smartphone⁷⁶



2.2.2 - Porta Botellas para Bicicleta

Otro de los productos analizados es un porta botella para bicicleta. Es un producto sencillo, que puede modificarse para adaptarse a los diferentes formatos de botella existentes. En este caso, al ser un producto muy liviano, el costo en materiales es muy bajo. Se necesita usar un material semi flexible. El diseño descargado puede utilizarse con varios tipos de botellas. La Figura 32 incluye los costos variables de fabricar el porta botellas de acuerdo a las especificaciones de su creador y el precio de

⁷⁵ Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de Thingiverse, Tienda de Celulares, 3D Lab Fab & Café.

⁷⁶ Fuente: iPhone 5 Rounded Snap-On Case With Buttons en <http://www.thingiverse.com/thing:34568>

un porta botella para bicicleta comprado en un local. Se utiliza como materia prima Nylon. La Figura 33 muestra el diseño del porta botella para bicicleta.

Figura 32 - Porta Botella para bicicleta⁷⁷

Precio Porta botella	\$	12,00
Peso en KG		0,052
Precio Nylon 1KG	\$	74,50
Costo Variable	\$	3,87

Figura 33 - Diseño de Porta Botella⁷⁸



2.2.3 - Perilla para Horno

Entre las aplicaciones principales de las impresoras en 3D, está la de la impresión de repuestos. En este caso, se buscó costear la impresión de una perilla de horno. En general son productos discontinuados y que no suelen hallarse fácilmente. Si el horno al cual se le rompió la perilla es viejo, es muy difícil encontrar una perilla que sea similar a las que tiene el horno actualmente. La Figura 34 muestra el costo de comprar una perilla de horno vs el costo de fabricarla. Por un lado aparece el precio de la perilla en forma comercial (5 USD) y la cantidad mínima de unidades que permite comprar la casa de venta de repuestos. Por otro lado, aparece el peso del producto en sí y el precio por kilo del material propuesto para ser usado como materia prima (70 usd

⁷⁷ Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de Thingiverse, Nodari Bikes, 3D Lab Fab & Café.

⁷⁸ Fuente: Cycle bottle cage en <http://www.thingiverse.com/thing:439490>

por kilo). La Figura 35 y la Figura 36 muestran los dos tipos de perillas costeadas. Por un lado, una perilla fabricada por Valper SA, en modelo estándar, con una compra mínima de 4 unidades. Por otro lado, una perilla diseñada en CAD, con un diseño descargado de internet, que puede imprimirse por unidad. En este caso, podría usarse un segundo elemento (un escáner 3D) que permitiría replicar exactamente el diseño de la pieza a reemplazar.

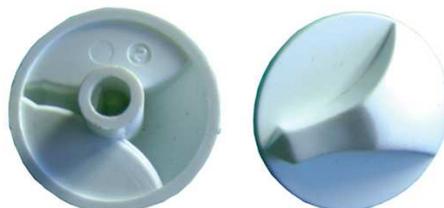
Figura 34 - Costos de Comprar Perilla vs. Fabricarla⁷⁹

Precio Perilla	\$ 5,00
Compra Mínima	4
Peso en KG	0,05
Precio PLA Temperatura	\$ 70,00
Costo Variable	\$ 3,50

Figura 35 - Perilla Para Horno en 3D⁸⁰



Figura 36 - Perilla para Horno Valper SA⁸¹



Otra posibilidad en el caso de las perillas para horno, es el de usar un escáner 3D en el local de venta de los productos finales, para poder obtener el modelo exacto del

⁷⁹Fuente: Elaboración propia en base a valores tomados de Valper de Argentina y de 3DLABFAB. La compra mínima de perillas en Valper Argentina SA es de 4 unidades.

⁸⁰ Fuente: Oven Knob en <http://www.thingiverse.com/thing:86836>

⁸¹ Perilla de Horno Eléctrico en <http://www.valperdeargentina.com.ar/productos-2/>

elemento a reemplazar. El precio sin embargo seguiría siendo alto y el tiempo de llevar la perilla rota al local y escanearla, tal vez lleve a varios usuarios a no realizar el proceso. Si hubiera una red extendida que permitiera la existencia de escáneres e impresoras 3D distribuidas capilarmente, se podría llegar a tener el producto final en forma muy fácil y a un costo más bajo. Se podría escanear el diseño en un local y luego retirar el producto 1 hora después. Es este el caso de lo que está intentando hacer Staples en Estados Unidos, proveyendo un servicio de impresión y escaneo en 3D en sus locales.⁸²

Este tipo de servicios de impresión por encargo existen hoy por hoy en la Argentina, pero están más enfocados al diseño y no a la solución efectiva de problemas o necesidades concretas. Por ejemplo, se podría elegir una cadena de minoristas que tenga gran capilaridad, para poder desarrollar el proceso de impresión en 3D en sus locales. Estos locales tendrían disponibles escáner 3D e impresoras 3D mediante las cuales crear los productos pedidos por los usuarios. La inversión inicial depende del tipo de impresora utilizado. Se puede usar una impresora de 3.500 USD y vender el tiempo de impresión de productos.

2.2.4 - Perchas para Muñecas

Otro de los productos que podría fácilmente imprimirse en el hogar, serían juguetes o accesorios para los juguetes ya existentes. Un caso típico son las muñecas. A las muñecas se les pueden comprar numerosos accesorios, pero hay veces en las que es difícil o muy costoso conseguir exactamente los que se desean. En un mundo virtual en el cuál los niños están adaptados a poder elegir entre múltiples opciones de accesorios para los personajes con los cuales juegan, es difícil para ellos entender que lo mismo no puede ser replicado en la vida real. Con las impresoras en 3D esto ha dejado de ser así. Tomé el ejemplo de un set de perchas para Barbie. Las perchas vienen en un blíster por 5 unidades, con un costo de 5,5 usd. Estas perchas tomadas de ejemplo no son creadas por la marca, sino que son un accesorio genérico. En la Figura 37 se puede observar que el costo de fabricar las 5 perchas es mucho menor que el de comprarlas. La ventaja es

⁸² Fuente: <http://www.staples.com/sbd/cre/products/3d-printing/>

que se pueden adaptar los modelos de acuerdo al gusto de los niños. La Figura 38 muestra al set de perchas que se pueden comprar online, mientras que la Figura 39 muestra a la percha que puede ser descargada de internet.

Tal vez una de las aplicaciones más claras y cercanas en el futuro es la de la creación de juguetes, ya que permite que los chicos diseñen y jueguen con aquellos juguetes con los que realmente quieren jugar.

Figura 37 - Costo comparativo entre fabricar perchas y comprarlas⁸³

Set 5 Perchas	\$	5,50
Peso en KG		0,05
Precio ABS Glow	\$	52,50
Costo Variable	\$	2,63

Figura 38 - Perchas para muñecas compradas online⁸⁴

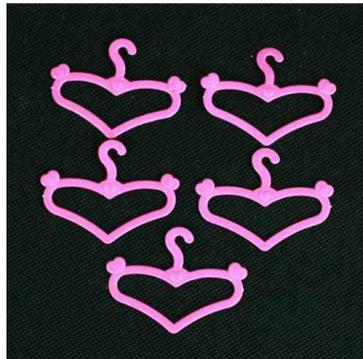
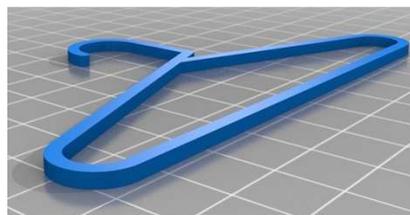


Figura 39 - Percha para muñeca en 3D⁸⁵



⁸³ Precios extraídos de 3DLABFABCAFE y Mercado Libre

⁸⁴ Barbie Lote De 5 Perchas en http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-549822413-barbie-perchas-emporio-barbie-lote-de-5-perchas-_JM

⁸⁵ Doll coat hanger en <http://www.thingiverse.com/thing:375214>

2.2.5 - Instrumentos Musicales

Otros elementos que necesitan constantemente de actualizaciones y mejoras son los instrumentos musicales. Cualquiera que haya visto a un músico sabe que deben hacer enmiendas y parches a sus equipos para personalizarlos de acuerdo a sus gustos. Por ejemplo, un creador de pedales de guitarra y bajo, Alfredo Pereyra, utiliza cajas de aluminio que manda a fabricar, para luego perforarlas de acuerdo al equipo con el que vayan a operar. Como el mercado para la creación de estos productos a nivel local es muy pequeño y las variaciones entre los productos son muy grandes, no hay ninguna fábrica especializada en estos equipos en particular. La mayor demora en todo el proceso está en el armado de la caja en sí, ya que debe ser encastrada con la plaquetería interna. La Figura 40 muestra unas de sus creaciones, mientras que la Figura 41 muestra un diseño descargado de internet.

Figura 40 - Enclosure o Gabinete para pedal diseñado por Alfredo Pereyra⁸⁶



Figura 41 - Guitar Pedal Enclosure o Gabinete⁸⁷



⁸⁶ Fuente: Fotografía y diseño por Alfredo Pereyra

⁸⁷ Fuente: <http://www.thingiverse.com/thing:470693>

Otra de las posibilidades dentro del mundo de la música es la de crear elementos para la batería. La Figura 42 muestra el costo comparativo de comprar un gancho para micrófono en una casa de música y el de fabricarlo con una impresora 3D. El costo de comprar el producto es de 36 usd, mientras que el costo variable de imprimir el producto es de 8,25 usd. La Figura 43 y la Figura 44 muestran a los productos. Más allá del costo, hay un segundo tema a tener en cuenta. En el caso de los shows musicales por ejemplo, cuando hace falta un elemento del equipo, este siempre falta antes del show. Teniendo una impresora en 3D se podría imprimir esta pieza en 30 minutos y tenerla lista para funcionar sin inconvenientes. En estos casos, más allá del costo del producto en sí, lo más importante es la disponibilidad inmediata del producto.

Figura 42 - Costo comparativo gancho para micrófono

Gancho para Batería	\$	36,00
Peso en KG		0,11
Precio PLA UV	\$	75,00
Costo Variable	\$	8,25

Figura 43 - Gancho para micrófono comprado⁸⁸



⁸⁸ Extraído de www.drdrum.com.ar

Figura 44 - Drum Mic Mount (Monta micrófono para batería)⁸⁹



2.2.6 - Botones para ropa

Por último, dentro de los casos a analizar, está el botón de una prenda. Cuando se pierde, este puede ser reemplazado yendo a buscar el botón a una botonería especializada, o se puede imprimir directamente en el hogar. El costo por unidad es muy bajo, ya que la cantidad de material a usar es muy poca. En la Figura 45 se analiza el costo de comprar un botón y el costo de fabricarlo. Un botón pesa 1 gramo y hay varios diseños pre armados online para utilizar. En la Figura 47 aparece el modelo de un botón prediseñado, pero hay muchos modelos disponibles. La Figura 46 muestra el botón que se usó como referencia de precio para el costeo.

Figura 45 - Botones⁹⁰

Precio Botón	\$	0,80
Peso Boton		0,001
Costo PLA por Kilo	\$	45,00
Costo Variable	\$	0,05

⁸⁹ Drum Mic Mount en <http://www.thingiverse.com/thing:675595>

⁹⁰ Fuente de precios: 3DLAB FAB CAFÉ y AWAK, Marzo de 2015

Figura 46 - Botón Comprado⁹¹Figura 47 - Botón Fabricado en 3D⁹²

Una idea interesante para las marcas es la de entregar a sus usuarios una clave desde la cual puedan descargar el diseño de los botones o accesorios para modificar las prendas. Hay empresas en Argentina que se dedican específicamente al diseño de botones para prendas y utilizan impresoras 3D para el diseño de los prototipos. Las marcas no suelen reutilizar los diseños de los botones en dos colecciones diferentes, siendo difícil conseguir reemplazos para los botones perdidos. Parte del servicio que podrían ofrecer las marcas está en el reemplazo de los botones que se pierden o rompen, mediante el acceso a una página web que permita ordenar el botón faltante.

⁹¹ Fuente: www.awak.com.ar

⁹² BUTTON FOR YOUR OUTFITS WITH EXTRA THICKNESS en <https://www.myminifactory.com/object/button-for-your-outfits-with-extra-thickness-6194>

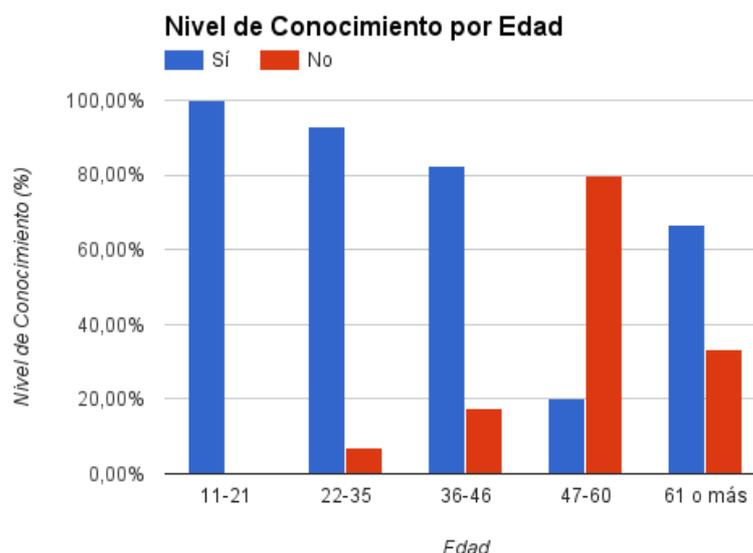
Capítulo 3 - Análisis de encuesta de opinión

En este capítulo, se analizará la encuesta de opinión online realizada entre potenciales usuarios del sistema de impresión en 3D.

3.1 – Nivel de conocimiento por edad

La primera pregunta de la encuesta hace referencia a si se conoce o no el sistema de impresión 3D. El 86% de quienes respondieron dijeron haber escuchado sobre esta tecnología. Dentro de los subgrupos por edad, se aprecia que en las franjas de edad más jóvenes hay un mayor conocimiento de este sistema. En la Figura 48 se evidencia este elemento. Lo potenciales usuarios de este sistema hay que encontrarlos entre los “millenials”⁹³, aquellos que nacieron a partir del año 1980. El 100% de los encuestados de entre 11 y 21 años conocen al sistema; el 95% de los encuestados entre 22-35 años conocen a la impresión en 3D; el 80% entre 36 y 46 años, el 23% entre 47 y 60; y por último el 70% de 60 o más.

Figura 48 - Nivel de conocimiento por edad⁹⁴



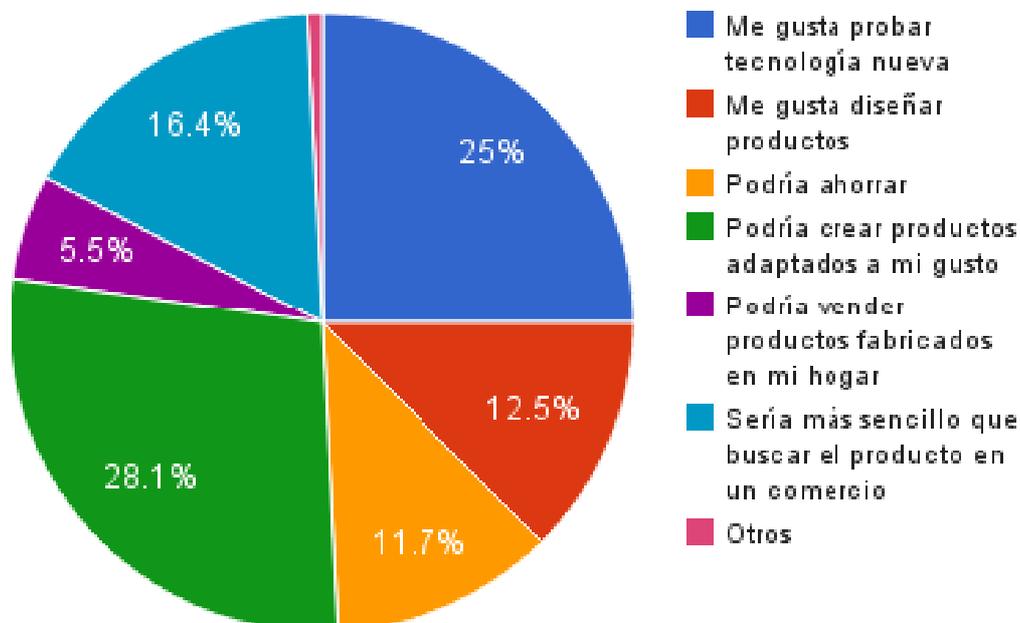
⁹³ Millenials son aquellas personas nacidas entre 1980-2004. Esta generación es descripta como “cívica, y con una alta conciencia de la comunidad global y local” (Strauss & Howe, 2000). Ver en Bibliografía.

⁹⁴ Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la encuesta de opinión.

3.2 – Motivos para la compra de la impresora 3D

La Figura 49 muestra los motivos por los cuales los usuarios comprarían una impresora 3D. Entre los dos motivos principales para hacer la compra se encuentran: “Me gusta probar tecnología nueva” y “Podría crear productos adaptados a mi gusto”. Los usuarios que quieren comprar este tipo de tecnología están dispuestos a hacerlo porque entienden que pueden obtener beneficios, no desde el punto de vista económico (sólo el 11% compraría una impresora en 3D como medio de ahorrar), sino desde la posibilidad de comprar un producto tecnológico nuevo y de la personalización.

Figura 49 - Motivos de Compra de una Impresora 3D⁹⁵



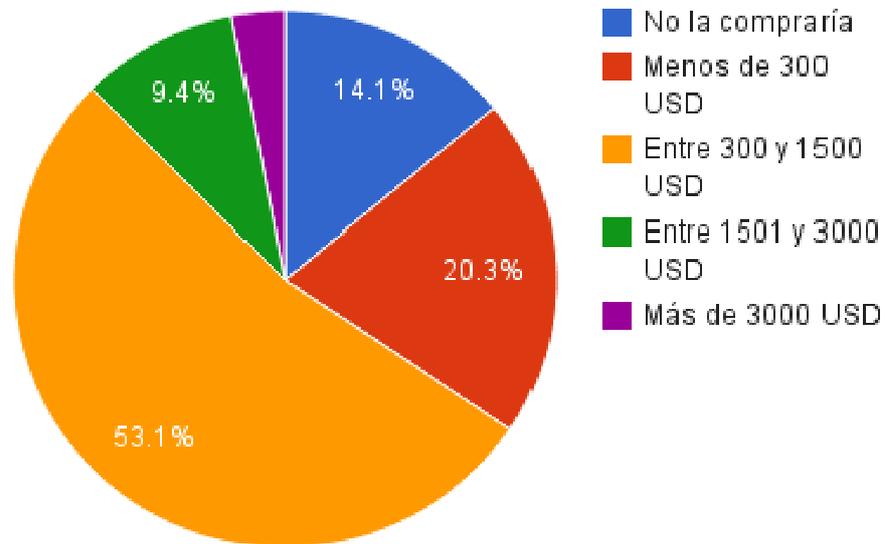
3.3 – Preferencias de precio de compra

La Figura 50 nos muestra cuál sería el precio que estarían dispuestos a pagar los usuarios por una impresora de este tipo. Más de la mitad de quienes comprarían una impresora de este tipo pagarían entre 300 y 1500 USD por la misma. Estos valores están por debajo del precio de mercado actual. Este valor explica el por qué no hay aún un mercado formado para este tipo de impresoras en nuestro país. A estos valores, los

⁹⁵ Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la encuesta de opinión.

potenciales usuarios no pueden comprar las impresoras que se están ofreciendo actualmente en el mercado.

Figura 50 - Precio que pagaría por una Impresora 3D⁹⁶



Se puede analizar que el costo es una barrera de entrada muy importante para el ingreso al mundo de la impresión en 3D. Con los precios actuales de las impresoras 3D en la Argentina, es muy difícil para un usuario comprar la primera.

Por ejemplo, una impresora láser 2D de buena calidad se consigue hoy en 370 usd.⁹⁷ Las impresoras de entrada en 3D cuestan hoy por hoy 3.500 USD y otorgan una calidad de impresión similar a la de una impresora a chorro de tinta cuando recién habían salido al mercado. La analogía que hay entre ambos productos es importante. Cuando aparecieron en el mercado las impresoras de chorro de tinta a color, que reemplazaban a las impresoras de matriz de punto, la calidad que ofrecían las mismas era baja y el precio era comparativamente alto.

3.4 – Aplicación de la Ley de Moore al mercado argentino

Si se aplicara la Ley de Moore al desarrollo de las impresoras en 3D, podríamos observar que lo que hoy vale 3.500 usd (lo que es una impresora con prestaciones aceptables para la fabricación hogareña), va a valer la mitad en 18 meses. Haciendo una

⁹⁶ Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la encuesta de Opinión

⁹⁷ Fuente: www.garbarino.com.ar Precios vigentes al 25 de marzo de 2015.

progresión de los datos tomados en las encuestas, a partir de mediados de 2017 existirá un precio que está de acuerdo con las preferencias de los usuarios “tecnófilos” en el país. Esto podría ocurrir antes en la Argentina si se liberaran las barreras a las importaciones, provocando un achicamiento de la distancia con los precios de referencia internacionales. En la Figura 51 se hace una aplicación de la Ley de Moore para el caso de Argentina. Según este análisis, la masificación podría ocurrir recién a partir del año 2021. En el eje vertical aparece el precio actual de una impresora con características mínimas de uso. El eje horizontal representa el horizonte de tiempo. Las franjas azul y amarilla representan diferentes preferencias de los usuarios. La línea roja, es la tendencia de precio decreciente, ya que las impresoras actuales quedan obsoletas, abaratando los costos.

Figura 51 - Aplicación de la Ley de Moore a las impresoras 3D en Argentina⁹⁸

El problema a determinar es si la ley de Moore (Ver Subcapítulo 1.2, en referencia a la Ley de Moore) se ha observado realmente en el desarrollo de esta tecnología o si su aplicación se ha basado en observaciones erróneas. Hay un

⁹⁸ Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de la encuesta de opinión, de los precios de las impresoras provistos por 3D Lab Fab & Café y de los datos de (Moore, 1965)

acontecimiento no remarcado hasta ahora en el análisis y es que las grandes compañías de impresión en 2D no han creado aún máquinas hogareñas capaces de competir en el mercado. Esto ya no es así. A partir del año 2016, HP ingresará al mercado hogareño y planea hacerlo con una tecnología disruptiva dentro de la impresión en 3D⁹⁹. Hasta ahora, quienes habían liderado las ventas y el desarrollo de equipos habían sido las “startups” y las empresas tradicionales del sector 3D, que se dedicaban a vender a sectores manufactureros. Si se logra a partir de la irrupción de este nuevo actor una baja importante en el precio de los equipos, es posible que el despegue ocurra antes.

Hasta tanto no ingrese este nuevo actor al mercado, es difícil evaluar cuál va a ser la progresión del mercado. En el año 2007 aparece la primera impresora hogareña con un precio menor a 10.000 usd (si bien casi no se comercializó). Ya en el año 2012 la firma Makerbot lanza su modelo “Replicator 1” con un valor de 1.799 USD¹⁰⁰. Hoy el modelo más económico publicado en Amazon por Q3D cuesta 279 usd¹⁰¹. Sin embargo, tomar estos valores puede ser engañoso. Una impresora DIY (Do-It-Yourself), o “Hágalo Usted Mismo”¹⁰² costaba en enero de 2012, 351 USD¹⁰³. Comparando impresoras similares, la baja en los precios no parece tan importante para las impresoras hogareñas. La impresora más económica de la firma Makerbot cuesta hoy 1.379 USD, mientras que la “Replicator 5” cuesta 2.899 USD. O sea, hubo un aumento de las prestaciones de las impresoras, pero a su vez hubo un aumento de los precios. Debido al incremento de la competencia, esta tendencia se debería revertir. El año 2021 parece ser una buena estimación como el año del despegue de esta tecnología.

3.5 - Nivel de aceptación de la impresión en 3D

La Figura 52 intenta mostrarnos el nivel de aceptación de la impresión en 3D. Sólo el 13% de los encuestados indicó que no compraría un producto si supiera que está hecho con una impresora en 3D.

99 Fuente: <http://www8.hp.com/us/en/commercial-printers/floater/3Dprinting.html>

100 Fuente: <http://www.makerbot.com/blog/2012/01/09/introducing-the-makerbot-replicator/>

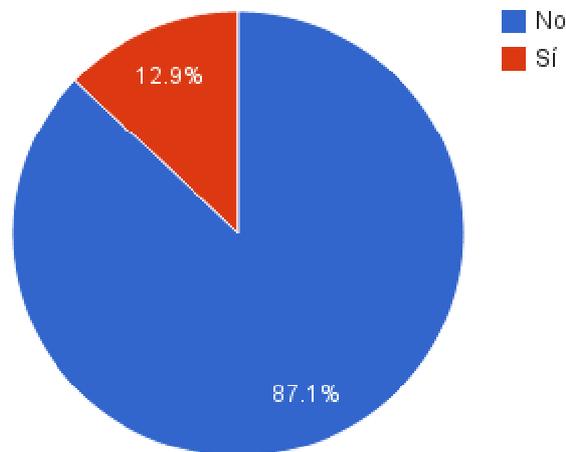
101 Fuente: Amazon.com Precio al 20 de marzo de 2015 http://www.amazon.com/Printer-Dimensions-Micron-1-75mm-Filament/dp/B00ONO16TI/ref=sr_1_2?s=industrial&ie=UTF8&qid=1428620405&sr=1-2&keywords=3d+printer+diy

Filament/dp/B00ONO16TI/ref=sr_1_2?s=industrial&ie=UTF8&qid=1428620405&sr=1-2&keywords=3d+printer+diy

102 Estas impresoras pueden conseguirse en dos formas. Por un lado, se pueden obtener en forma de kits para ensamblarla (como se consigue un mueble en IKEA), o pueden comprarse las partes por separado y ensamblarlas de acuerdo a instrucciones que se consiguen en Internet.

103 Fuente: <http://www.3ders.org/3d-printer/3d-printer-price.html>

Figura 52 - Porcentaje de gente que dejaría de comprar un producto si supiera que está hecho con Impresora 3D¹⁰⁴

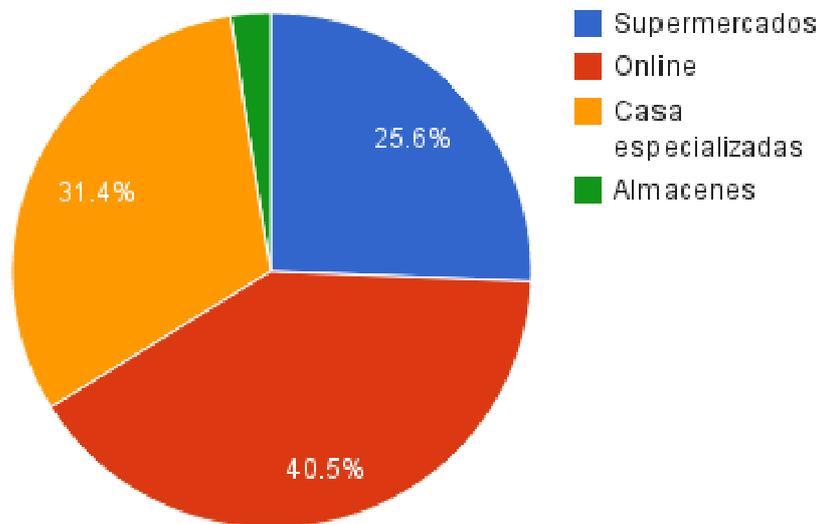


Por otro lado, según la encuesta, el 29% de los que trabajan en diseño o en informática indicaron que no comprarían un producto fabricado con una impresora en 3D. También se indica que el 22% de quienes vieron una impresora en funcionamiento no comprarían productos fabricados con esta tecnología. Tal vez estos datos tengan algo que ver con lo especificado por Gartner revisado en el primer capítulo, referido al “hype”, que al ver los resultados no haya resultado “impresionante” para algunos usuarios.

3.6 - Lugar de compra de Insumos: Preferencias

Otro elemento a tener en cuenta, analizado en la Figura 53 es la preferencia por el lugar de compra de los insumos. La mayor parte de los usuarios prefiere una compra online de los insumos, lo que demuestra la amplitud de la digitalización de los usuarios en el país.

¹⁰⁴ Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la encuesta de Opinión

Figura 53 - Lugar de compra preferida de los insumos¹⁰⁵

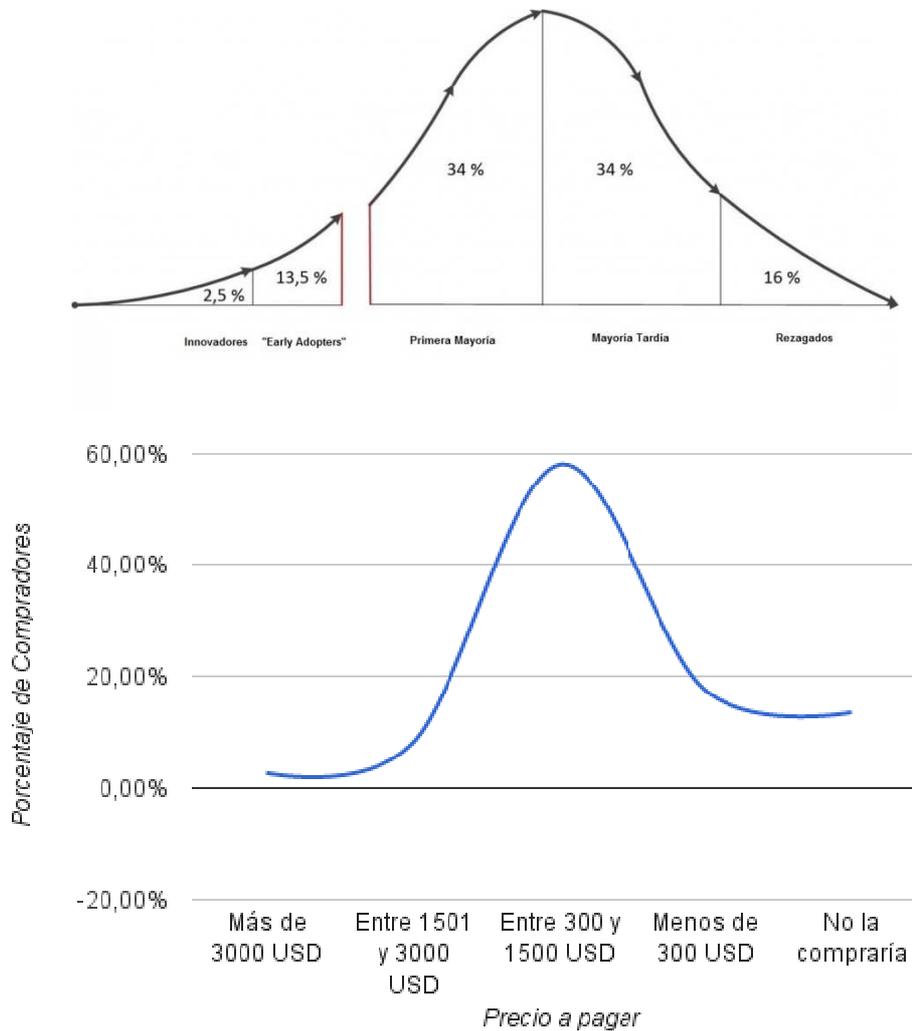
3.7 – Distribución del mercado argentino

De acuerdo a la distribución de las preferencias de los usuarios en cuestiones de precios de los productos, se realizó una comparación con la teoría desarrollada por Everett Rogers en su libro *Diffusion of Innovations*¹⁰⁶ En la Figura 54 se observa por un lado la curva de Rogers tradicional¹⁰⁷ y por el otro la curva de compradores de esta tecnología. De acuerdo a las proyecciones de precio realizadas anteriormente, es posible establecer una comparación entre quienes están dispuestos a pagar más de 3.000 USD por una impresora con los innovadores del modelo de Rogers. Aquellos dispuestos a pagar entre 1.500 y 3.000 USD son los “early adopters”, aquellos que podrían comprar a partir del año 2017 una impresora 3D. La gran mayoría de los usuarios deberá esperar varios años más para poder acceder a esta tecnología. Aquellos que indican que no la comprarían, probablemente lo hagan cuando sea un commodity.

¹⁰⁵ Fuente: Elaboración propia en base a la información obtenida de la encuesta de opinión.

¹⁰⁶ (Rogers, 2003). Ver en Bibliografía.

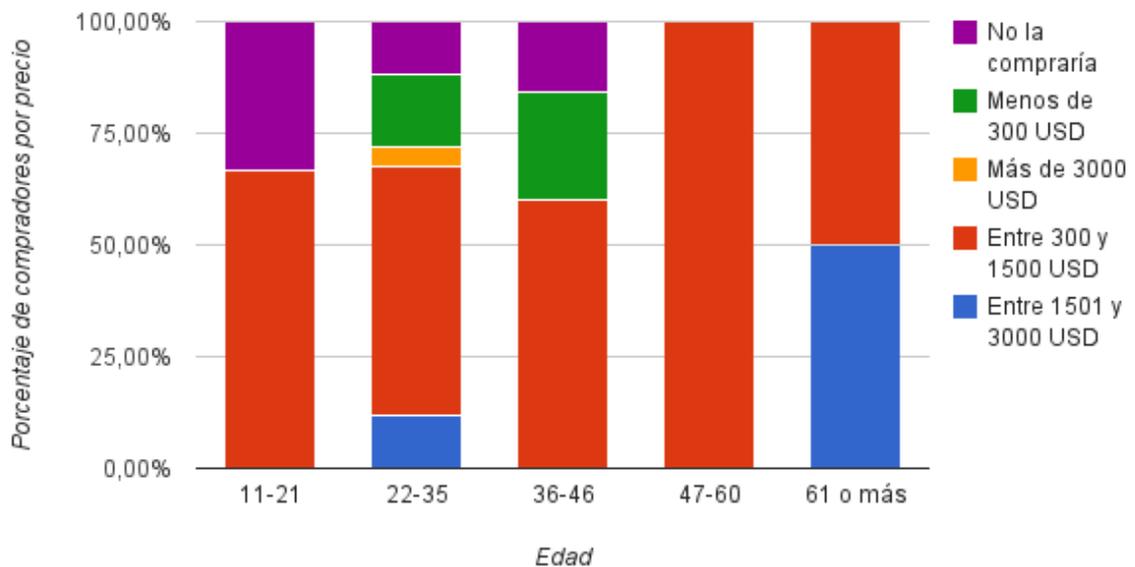
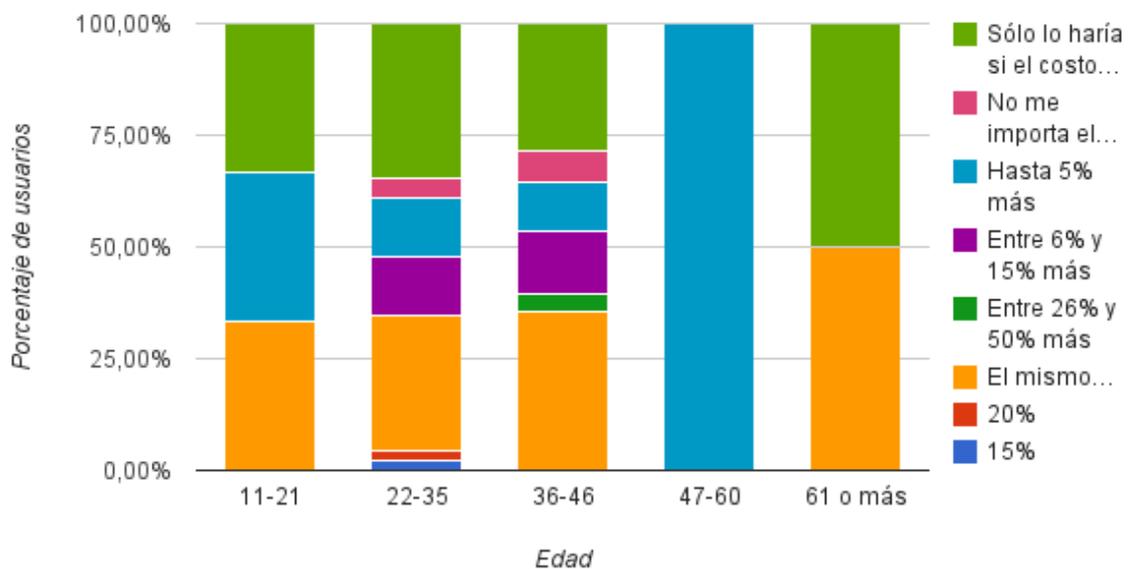
¹⁰⁷ La Curva de Rogers es un gráfico que sintetiza el pensamiento de Everett Rogers en su libro *Diffusion Of Innovations*. En esta gráfico se identifican a los diferentes tipos de personas que adoptan una tecnología, y que porcentaje representan.

Figura 54 - Curva de Rogers y predisposición a la compra¹⁰⁸

3.8 – Relación entre la edad y la voluntad de compra

La Figura 55 y la Figura 56 nos muestran la relación entre la edad y la voluntad de compra. En la Figura 55 se encuentra la relación entre la edad y la voluntad de pago. Quienes se encuentran entre los 22 y los 46 años son quienes pagarían entre 300 y 1500 USD por la impresora. Esos mismos usuarios indican mayoritariamente que no pagarían de más por poder imprimir en el hogar. Incluso querrían que los productos costaran menos que los que pueden conseguir en los comercios. Hay también usuarios indiferentes al precio, los que estarían dispuestos a pagar de más con tal de obtener lo que quieren.

¹⁰⁸ Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida de (Rogers, 2003) y de la encuesta de opinión.

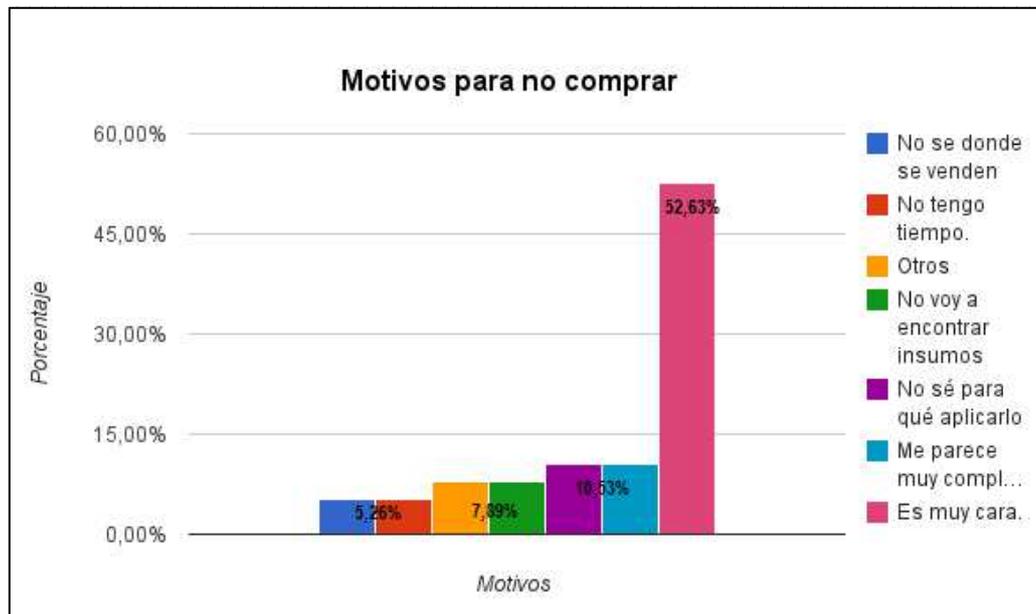
Figura 55 - Usuarios por Edad y Voluntad de pago¹⁰⁹Figura 56 - Precio a aceptar de productos por Edad¹¹⁰

3.9 – Motivos para no comprar una impresora en 3D

Ante la pregunta de por qué no comprarían una impresora 3D (ver Figura 57), el motivo esgrimido por la mayoría, fue la tecnología era muy cara. Otra vez aparece muy marcado el valor del producto como impedimento para la compra.

¹⁰⁹ Elaboración propia en base a resultados de la encuesta de opinión.

¹¹⁰ Elaboración propia en base a resultados de la encuesta de opinión.

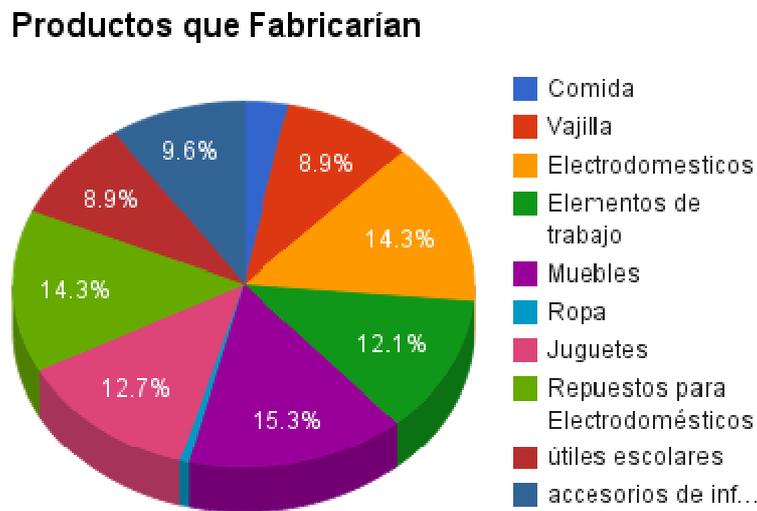
Figura 57 - Motivos para no comprar¹¹¹

3.10 – Tipo de productos que esperan fabricar los usuarios

Otra consulta realizada en la encuesta es qué tipo de productos fabricarían en el hogar. En la Figura 58 se observan los resultados de esta pregunta. La gama de respuestas es variada, siendo los productos que más se destacan “Muebles” y “Electrodomésticos” y sus repuestos. Siguiendo en las preferencias están los “juguetes” y los “elementos de trabajo”. Aparece en estas respuestas una preferencia por el uso práctico del producto y no tanto por un uso lúdico. Quienes compren esta impresora lo harán porque sienten que podrán darle un uso tangible a su inversión, más allá de imprimir artículos de hobby. Incluso la categoría electrodomésticos es muy mencionada, lo cual habla de una avidez por el uso de esta máquina para reemplazar a otras máquinas del hogar. Dos elementos sorprendentes que aparecen son la “Ropa” y la “Comida”, ya que no están entre los productos que reciben más publicidad en los medios. Aun así, los usuarios sienten que hay una oportunidad de crear en el hogar estos productos y les gustaría obtener impresoras que puedan crearlos.

¹¹¹ Fuente: Elaboración propia en base a resultados de encuesta de opinión.

Figura 58 - Productos que se fabricarían en el hogar.



3.11 – Conclusiones preliminares de la encuesta de opinión

Los costos variables de varios de los productos que se pueden fabricar hoy sin necesidad de rediseño son más baratos que los que se pueden conseguir comprando el producto terminado.

La barrera de entrada más alta en estos momentos, es el precio de la impresora 3D. Estos precios tendieron a bajar en los últimos cinco años, pero no de forma tan acelerada como podría esperarse de acuerdo a la publicidad. Una vez adquirida la máquina, es muy sencillo reemplazar la compra de artículos por la fabricación hogareña, incluso para las personas que no tienen ningún conocimiento de diseño para poder modificar los diseños preexistentes.

Debido a la creación de una gran comunidad de “Open-Source” en el mundo de la impresión en 3D, existen numerosos diseños ya armados que pueden ser descargados en forma gratuita y con un formato compatible con las impresoras en el mercado.

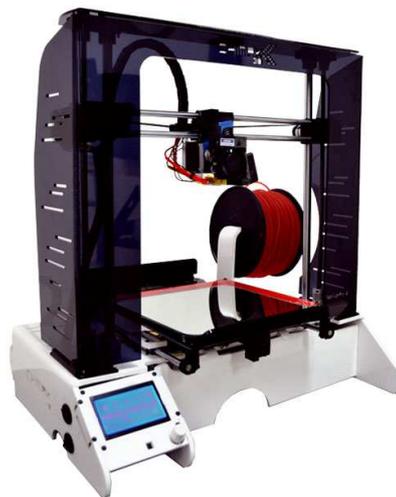
Incluso luego de la controversia generada por la apropiación por parte de una empresa de los diseños publicados en forma gratuita por los usuarios (Ver (Lopez & Tweel, 2014)), siguen generándose modelos para usar y modificar.

Capítulo 4 - Amortización de la compra hogareña de una impresora 3D

En la Figura 59 se puede observar una máquina hogareña de buena calidad que puede ser adquirida en el mercado local. Esta máquina tiene una vida útil de 5 años. Se estima que el ahorro generado por la fabricación hogareña de productos, versus la compra en comercios es de 600USD al año¹¹². Si esto fuera así, según Figura 60 sólo en un panorama de bajas tasas de interés es conveniente desde el punto de vista financiero comprar una máquina 3D hogareña.

Por otro lado, máquinas de similar calidad cuestan 650 usd en otros países. Con una baja en el precio de las impresoras, o una baja en la tasa de interés, la compra de una impresora 3D es mucho más factible. En la Figura 61 se utiliza el precio de una máquina de similares características con el precio al cuál puede ser adquirida en otros países del mundo. En este caso, sin importar la tasa de descuento utilizada resulta conveniente la compra del equipo.

Figura 59 - CH-101 REV1.4¹¹³



112 Para hacer esta estimación, se tomó un gasto anual de 2.000 USD en bienes que pueden ser reemplazados por impresiones en 3D. A esto se le aplicó un 33% de ahorro sobre el total de bienes, en base a lo analizado en el capítulo 4.

113 Fuente: <http://www.chimak3d.com/>

Figura 60 - VAN para la compra de una impresora

	r	5%	10%	15%	25%
CH-101 REV1.4	VAN	\$ 397,69	\$ 74,47	\$ -188,71	\$ -586,43
	Año				
	0	\$ -2.200,00	\$ -2.200,00	\$ -2.200,00	\$ -2.200,00
	1	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00
	2	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00
	3	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00
	4	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00
	5	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00

Figura 61 - Máquina a precios internacionales¹¹⁴

	r	5%	10%	15%	25%
Máquina	VAN	\$ 1.947,69	\$ 1.624,47	\$ 1.361,29	\$ 963,57
	Año				
	0	\$ -650,00	\$ -650,00	\$ -650,00	\$ -650,00
	1	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00
	2	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00
	3	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00
	4	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00
	5	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 600,00

Más allá de las preferencias de los usuarios, hay una posibilidad de ahorro real en el uso de una impresora 3D.

¹¹⁴ Fuente www.makerbot.com

Capítulo 5 - Cambios de comportamiento en el consumo por la introducción de la impresión en 3D

Desde la introducción de las fábricas y la producción en masa, la producción en los hogares ha quedado relegada a la producción artesanal. Hay pocos nichos que no hayan sido cooptados por la producción en masa, debido a los bajos costos y a la necesidad de capital necesaria para la producción. La introducción de la impresión en 3D puede llevar a que muchos de los productos actualmente hechos en las fábricas pasen a producirse en las viviendas particulares.

Este tipo de producción facilitaría la personalización de los productos, pero también llevaría al mayor involucramiento de los usuarios en el proceso de creación. El usuario final no es un mero recipiente del producto terminado, sino que pasa a ser co-creador, o directamente creador del producto.

Los usuarios de esta tecnología pasarían a comprar insumos en lugar de productos finales. Por ejemplo, así como en los supermercados hoy se vende jabón en polvo o cereales, puede haber una sección de venta de insumos de impresión en 3D. O puede, de acuerdo a lo visto en la encuesta, generarse un gran mercado online que permita la distribución de insumos en 3D directo en los hogares. Este sistema ampliaría la cantidad de ventas online. Así como hoy hay empresas que venden los insumos para sus máquinas en tiendas exclusivas, o a través de la distribución de pedidos a través de internet¹¹⁵

Con el desarrollo de la impresión en 3D va a surgir una industria hasta hoy no existente, dedicada a la producción y distribución de insumos. Como ocurre con muchas tecnologías disruptivas, estos canales no serán los tradicionales. Es difícil para una empresa de distribución tradicional adaptarse a un cambio radical en su estructura, que

¹¹⁵ Este es el caso típico de los productos de Nespresso. Hay dos tipos de usuarios de este producto. Aquellos que consumen en las tiendas, ya que les gusta la "experiencia" Nespresso y ver los productos antes de comprarlos, y aquellos a los que les gusta la practicidad de hacer los pedidos en forma online. Ambos tipos de usuarios coexisten y utilizan el mismo producto, con dos concepciones del mismo diferentes.

le permita transformarse de una empresa de venta de muebles a una empresa de distribución de insumos. Muchas empresas no podrán afrontar este cambio y desaparecerán.

Capítulo 6 – Otros usos de la impresión 3D

6.1 - Uso odontológico de las impresoras 3D

Dentro de las posibilidades presentadas por la impresión en 3D, está la posibilidad de imprimir prótesis dentales. Este es una de los procesos en estado más avanzado dentro de la industria.

En la Argentina se utiliza el sistema CAD/CAM con sistemas CNC para la creación de implantes y de prótesis dentales adaptables al paciente. A nivel mundial se ha comenzado a utilizar no solo este sistema con la impresión en 3D, sino que se ha reemplazado al modelado CAD con un sistema de escaneo en 3D de la boca del paciente, que permite digitalizar el proceso y hacerlo más sencillo de utilizar. Este sistema evita el uso de moldes para la creación de prótesis y placas.¹¹⁶

Este sistema habilita al odontólogo a crear la prótesis o la placa en el mismo consultorio, sin la necesidad de requerir a un técnico externo especialista en la tecnología, pudiendo trabajar en el modelado y terminación en el mismo momento.

6.2 – Análisis del uso de impresoras 3D para reemplazar la matricería tradicional en la fabricación de juguetes

En una entrevista con una fabricante de juguetes nacionales, Graciela Lamolla, quien trabaja con matrices en metal para la producción de juguetes, ve con entusiasmo la posibilidad de reemplazar las matrices usadas actualmente con unas más económicas. En el proceso de fabricación actual, cuando se gasta una matriz o se diseña un nuevo juguete, se debe pedir a un proveedor externo el armado de una matriz a la cual luego le inyectan la materia prima para la fabricación del juguete. Con la existencia de una

¹¹⁶ Fuente: <http://www.stratasys.com/es/industrias/dental>

impresora en 3D podrían reemplazar la tercerización de este proceso y realizarlo completamente inhouse.

El costo actual de una matriz es de 5.000 USD, por lo que la posibilidad de reemplazar este precio y realizar el proceso en forma completa con una impresora 3D representaría no sólo un beneficio en cuanto al tiempo y a las posibilidades de mejorar el diseño, sino que permitiría el ahorro de costos.

Conclusiones

De acuerdo a lo investigado, las empresas no pueden reemplazar totalmente la manufactura tradicional o a escala por la impresión en 3D. La impresión en 3D sirve hoy para reemplazar determinadas partes del proceso de fabricación, funcionando especialmente bien en la creación de prototipos y matrices de producto. Hay nichos en los cuales la fabricación en 3D puede aportar soluciones a corto plazo, como es en los productos muy personalizados, que hasta ahora no podían salir al mercado por el alto costo de fabricación. De acuerdo a lo analizado, en el mediano plazo la tendencia será la de utilizar partes intercambiables fabricadas en países de bajo costo laboral, pero la terminación se realizará más cercana al destino. Es un uso más profundo del “postponement”¹¹⁷ para trasladar a la finalización de un producto lo más abajo posible en la cadena de distribución. Para que exista un reemplazo total de la producción tradicional por la producción mediante impresoras en 3D, debería existir una baja en el precio de los insumos y de las impresoras, como así también un desarrollo tecnológico muy importante que permita que las máquinas operen en forma mucho más rápida de lo que lo hacen ahora. La idea de una red de pequeñas fábricas que reemplacen a las fábricas actuales no es factible en los próximos 10 años.

De acuerdo al análisis realizado en el Capítulo 4, en este momento los precios de las impresoras son muy altos para lo que acepta pagar el usuario medio argentino. Hasta que los precios de las mismas no se reduzcan, no se masificará en el país el uso de la impresión en 3D. Según lo estimado, recién a partir del año 2017 habrá un crecimiento apreciable en el uso de esta tecnología. Quienes sí están dispuestos a pagar el precio de comprar una máquina son quienes trabajan en el mundo del diseño y la informática, quienes tienen una predisposición a pagar mucho más alta que la de los usuarios hogareños. Los usuarios típicos aún tienen dudas sobre la disponibilidad de insumos en el medio local y temen que el costo final sea muy alto. Los que pueden adquirir impresoras 3D en el corto plazo, los “Early adopters”, lo harán porque les gusta experimentar con la tecnología, no porque creen que pueden darle un uso práctico al

¹¹⁷ Process postponement: Delay of the process step that differentiates a product to as late in the supply chain as possible. (Chase, 2008)

producto. La masificación en el uso de esta tecnología en el país sucedería en el año 2021.

Si bien la impresión en 3D no puede usarse en la actualidad para reemplazar a la fabricación a escala, puede ayudar a diseñadores independientes, o a productores de nicho a solucionar problemas reales. Esto no es algo que va a suceder en el corto plazo, sino que es una realidad objetiva. La impresión en 3D se utiliza para la creación de moldes, para reemplazar repuestos que han dejado de fabricarse, o para crear piezas que hay que reemplazar en forma inmediata. Entre los destinos más utilizados está la creación de moldes, matrices y prótesis médicas. Las prótesis odontológicas venían utilizando una tecnología similar, por lo que el intercambio de uso de tecnología CNC por el uso de tecnología aditivo no es tan dramático, pero permite un ahorro de costos importante, al reducir la merma de producto en la fabricación.

Otro de los problemas específicos que resuelve la impresión en 3D es la de la tenencia de repuestos. Los repuestos de productos (al ser la cartera de productos de las empresas cada vez más amplia y abarcar productos más viejos) requerían de un manejo de inventario muy importante. Este costo de inventario se traduce luego en pérdidas de dinero en las compañías. El uso de impresoras 3D para crear repuestos evita la necesidad de tener stock inmovilizado en diferentes centros de distribución. Lo único que debería estar almacenado serían los diseños de los repuestos. Las empresas fabricantes podrían trabajar con una serie de “partners”, a los que les enviarían los diseños de los productos para imprimir en el momento. Estas empresas pasarían a reemplazar a los distribuidores de repuestos. Una industria en la que este tema es muy importante es la industria automotriz. Esta podría verse grandemente beneficiada con la posibilidad de eliminar a los repuestos del inventario. No sólo significaría la posibilidad de aumentar el ROE, sino también de atender de forma más rápida los requerimientos de los clientes, quienes verían que su demanda de repuestos es satisfecha en el momento.

La posibilidad de eliminar la distribución de productos terminados no parece avizorarse en el mediano plazo. El costo de los insumos de las impresoras en 3D es muy alto aún para poder ser utilizado masivamente en el hogar como terminal mediante la cual las empresas distribuyan sus productos. La tecnología está evolucionando, pero aún

no alcanzó el grado de desarrollo necesario para poder reemplazar totalmente a los productos comerciales. Los productos terminados seguirán siendo la mayoría de los bienes distribuidos en los próximos 10 años, ya que la tecnología y los costos aún no alcanzaron el desarrollo necesario para reemplazar a la manufactura tradicional. Lo que sí crecerá sin dudas será el traslado de productos semi terminados. Eso será lo primero en crecer en todo el mundo. La transformación de los usuarios de recipientes pasivos en activos y co-creadores de los productos consumidos, fuerza a los diseñadores de productos a adaptar los mismos a cada usuario en particular. Con la aparición de la impresión en 3D, el proceso de “mass customization” se transforma en una de personalización total. Productos que antes no podían salir al mercado por su costo y baja posibilidad de venta, ahora pueden realizarse con piezas intercambiables y finalización en una impresora 3D cercana al cliente. Otra posibilidad es la de vender a los usuarios finales productos semi terminados, para que estos personalicen en sus hogares el producto a su gusto.

Bibliografía

- America Makes*. (25 de 02 de 2015). Obtenido de <https://americamakes.us>
- Anderson, C. (2012). *Makers. The New Industrial Revolution*. Crown Business.
- Banker, S. (2012, 07 23). *A Revolution is Coming to the Spare Parts Warehouse*. Retrieved from Logistics Viewpoints: <http://logisticsviewpoints.com/2012/07/23/a-revolution-is-coming-to-the-spare-parts-warehouse/>
- Barnatt, C. (2013). *3D Printing: The Next Industrial Revolution*.
- Barnatt, C. (2015, 1 25). *3D Printing*. Retrieved from Explaining the Future: <http://www.explainingthefuture.com/3dprinting.html>
- Biederman, D. (2013, 10 24). *3D Printing Transforming the Way Companies Think About Supply Chain*. Retrieved from Journal of Commerce: <http://search.proquest.com/docview/1444693757?accountid=133671>
- Bower Clayton, M., & Christensen, J. L. (1995). *Disruptive Technologies: Catching the Wave*. *Harvard Business Review*.
- Brooks, G., Kinsley, K., & Owens, T. (2014). *3D Printing As A Consumer Technology Business Model*. Retrieved from International Journal of Management & Information Systems (Online): <http://search.proquest.com/docview/1613026175?accountid=133671>
- Burnson, P. (2013). *Manufacturing and Retail Supply Chains in Flux*. Retrieved from Supply Chain Management Review: <http://search.proquest.com/docview/1418170884?accountid=133671>
- Chalmers, J. (2013, 12 10). *3D Printing: Not Yet a New Industrial Revolution, But Its Impact Will Be Huge*. Retrieved from The Guardian: <http://www.theguardian.com/commentisfree/2013/dec/11/3d-printing-not-yet-a-new-industrial-revolution-but-its-impact-will-be-huge>
- Chase, F. R. (2008). *Operations and Supply Management: The Core*. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Christopher, M., & Ryals, L. (2014). The Supply Chain Becomes the Demand Chain. *Journal of Business Logistics*, 29-35.
- CMTC. (2015, 02 25). Retrieved from <http://www.cmtc.com/additive-manufacturing>

- Cohen, D., Sargeant, M., & Somers, K. (2014, 01). *Mckinsey*. Retrieved from 3-D printing takes shape: http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/3-d_printing_takes_shape
- Cotrill, K. (2011). *Transforming the future of Supply Chains Through Disruptive Innovation. Additive Manufacturing*. MIT Center for Transport and Logistics.
- D'Aveni, R. (2013, 03 03). *3-D Printing Will Change The World*. Retrieved from Harvard Business Review: <http://hbr.org/2013/03/3-d-printing-will-change-the-world/>
- Dorrier, J. (2014, 09 24). *3D Printer Delivered To Space Station Launching New Era of Space Manufacturing*. Retrieved from Singularity hub: <http://singularityhub.com/2014/24/3d-printer-delivered-to-space-station-launches-new-era-of-space-manufacturing/>
- Downes, L. &. (2013). Blockbuster Becomes a Casualty of Big Bang Disruption. *Harvard Business Review*.
- Downes, L. &. (2014). *Big Bang Disruption. Strategy in the Age of Devastating Innovation*. Nueva York: Penguin Group.
- Elms, D., & Low, P. (2013). *Global Value Chains in a Changing World*. Ginebra: WTO Publications.
- Executive Office of the President - President's Council of Advisors on Science and Technology. (2014). *Report to the President. Accelerating US Advanced Manufacturing*. Washington.
- Feeley, S. R., Wijnen, B., & Pearce, J. M. (2014, 10). *Evaluation of Potential Fair Trade Standards for an Ethical 3-D Printing Filament*. Retrieved from Journal of Sustainable Development: <http://search.proquest.com/docview/1564441137?accountid=133671>
- Gartner. (2015, 2 28). *Hype Cycle*. Retrieved from Gartner: <http://www.gartner.com/technology/research/methodologies/hype-cycle.jsp>
- GE Look Ahead. (2014, 09 28). *Keeping it Local on a Global Scale*. Retrieved from GE Look Ahead: <http://geloookahead.economist.com/keeping-local-global-scale/>
- Georgia Tech Manufacturing Institute. (2014, 23 01). *Supply Chains and Third-Party Logistics Make Room for 3D Printing*. Retrieved from Supply Chain 24 7: http://www.supplychain247.com/article/supply_chains_and_third_party_logistics_make_room_for_3d_printing
- Hessman, T. (2014). Make Way for the MakerBot Generation. *Industry Week*, 49-50.
- Holweg, M., & Helo, P. (2014). Defining value chain architectures: Linking strategic value creation to operational supply chain design. *International Journal of Production Economics*, 230-238.

- I3D. (2015, 2 20). *Voltex8, la impresora 3D que imprime circuitos electrónicos*. Retrieved from I3D: <http://i3drevista.com/voltex8-impresion-circuitos-electricos/>
- Impresión en 3D promete una nueva revolución tecnológica*. (2013). Retrieved from Portafolio: <http://search.proquest.com/docview/1459165072?accountid=133671>
- Kurfess, T., & Cass, W. (2014). Rethinking Additive Manufacturing and Intellectual Property Protection. *Research Technology Management*, 35-42.
- Leading Edge Forum. (2012). *3D Printing and the Future of Manufacturing*. Falls Church: CSC.
- Lipson, M., & Kurman, M. (2013). *Fabricated. The New World of 3D Printing*. Indianapolis: Jon Wiley & Sons.
- Lopez, L., & Tweel, J. (Directors). (2014). *Print The Legend* [Motion Picture].
- Manners-Bell, J., & Lyon, K. (2014, 01 23). *The Implications of 3D printing for the Global Logistics Industry*. Retrieved October 10, 2014, from Supply Chain 247: http://www.supplychain247.com/article/the_implications_of_3d_printing_for_the_global_logistics_industry
- Manyika, J., George, K., & Rasse, L. (2013). Get Ready for the New Era of Global Manufacturing. *Harvard Business Review*.
- Maxell, C. (2012). 3D PRINTING: Taking business to another dimension. *Director*, 60-63.
- McKinsey Global Institute. (2012). *Manufacturing The Future: The Next Global Era of Growth and Innovation*.
- McKinsey Global Institute. (2013). *Disruptive Technologies: Advances that will transform life, business and the global economy*. McKinsey.
- Moore, G. (1965). Cramming more components into integrated circuits. *Electronics*.
- Pannett, L. (2014). 3D: THE FUTURE OF PRINTING. *Supply Management*, 34-37.
- Petrack, I., & Simpson, T. (2013). 3D Printing Technology Disrupts Manufacturing. *Research Technology Management*, 12-16.
- Rega, S. (2014, 08 22). *How 3D Printing Will Revolutionize Our World*. Retrieved from Business Insider: <http://www.businessinsider.com/the-next-industrial-revolution-is-here-3d-printing-2014-8#oid=JpazZzbzpN2PAI7zlvboy3cQ7RiqRiou>
- Relations, C. f. (n.d.). 3D Printing: Challenges and Opportunities for International Relations.
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.
- ROSCAR. (2013, 08 20). *Determinantes del Comercio Mundial*. Retrieved from Portafolio: <http://search.proquest.com/docview/1426246307?accountid=133671>

- Sena, G. (2014, 08 27). *Impresoras 3D: ¿una "Tercera revolución industrial"? y un nuevo desafío legal*. Retrieved from Abogados: <http://www.abogados.com.ar/impresoras-d-una-tercera-revolucion-industrial-y-un-nuevo-desafio-legal/15114>
- Steve Jobs: "There is sanity Returning". (1998). *Businessweek*.
- Strauss, W., & Howe, N. (2000). *Millennials Rising: The Next Great Generation*. New York: Vintage Original.
- The Economist. (2012). The Third Industrial Revolution. *The Economist*.
- Wile, R. (2014, 09 04). *This Technology Could Have The Biggest Impact On American Jobs Since Offshoring*. Retrieved from Business Insider: <http://www.businessinsider.com/how-3d-printing-will-affect-manufacturing-jobs-2014-8>
- Wile, R. (2014, 08 26). *Why Many Argue There Is Still A Fortune To Be Made In 3D Printing Stocks*. Retrieved from Business Insider: <http://www.businessinsider.com/the-case-for-3d-printing-stocks-2014-8>
- Winnan, C. D. (2013). *3D Printing - The Next Technology Gold Rush - Future Factories and How to Capitalize on Distributed Manufacturing*.
- WTO. (2013). *World Trade Report 2013*. Ginebra: WTO Publications.

Índice de Figuras

Figura 1 - Primera impresora 3D, creada por Chuck Hull	13
Figura 2 - Impresora creada mediante el proyecto RepRap	14
Figura 3 - Impresora Makerbot.....	15
Figura 4 - Urbee, el primer auto comercial impreso en 3D	16
Figura 5 - Form 1 (Impresora SLS).....	16
Figura 6 - Reemplazo de mandíbula creado en 3D	17
Figura 7 - Casas impresas en 3D en China	17
Figura 8 - Impresora creada para imprimir en gravedad cero.....	18
Figura 9 – Modelo de base lunar impresa en 3D	19
Figura 10 - Impresión de circuitos electrónicos mediante extrusión	20
Figura 11 - Tasa de adopción de la impresión en 3D.....	23
Figura 12 - Oportunidades a largo plazo para la producción en 3D	26
Figura 13 - Hype Cycle de Gartner.....	32
Figura 14 - Cuadro Original de la Ley de Moore	33
Figura 15 - Precio de las acciones de Fabricantes de Impresoras 3D	38
Figura 16 – El “Shark Fin”, o Aleta de Tiburón.....	40
Figura 17 - Prototipos de porta botellas.....	42
Figura 18 - Molde de arena creado con impresora 3D.....	43
Figura 19 - VAN de uso de Impresora 3D en empresa autopartista argentina.....	44
Figura 20 - Tiempo promedio por prototipo	44
Figura 21 - Silla Plegable	45
Figura 22 - Costos para el cálculo de la importación de sillas	46
Figura 23 - Tiempo de tránsito Ningbo-Buenos Aires.....	47
Figura 24 - Flujo de fondos para la importación de sillas	48
Figura 25 - Flujo de fondos para la producción de sillas.....	49
Figura 26 - Análisis comparativo de Valor Actual Neto	49
Figura 27 - Costo de filamentos Marzo 2015.....	50
Figura 28 - Costo variable de materiales	52
Figura 29 - Modelo de silla para imprimir en forma hogareña.....	52
Figura 30 - Costo de fabricar carcasa de Smartphone vs. Compra	55
Figura 31 – Diseño de carcasa para Smartphone	55
Figura 32 - Porta Botella para bicicleta.....	56
Figura 33 - Diseño de Porta Botella	56
Figura 34 - Costos de Comprar Perilla vs. Fabricarla	57
Figura 35 - Perilla Para Horno en 3D	57
Figura 36 - Perilla para Horno Valper SA	57
Figura 37 - Costo comparativo entre fabricar perchas y comprarlas	59
Figura 38 - Perchas para muñecas compradas online	59

Figura 39 - Percha para muñeca en 3D.....	59
Figura 40 - Enclosure o Gabinete para pedal diseñado por Alfredo Pereyra	60
Figura 41 - Guitar Pedal Enclosure o Gabinete.....	60
Figura 42 - Costo comparativo gancho para micrófono	61
Figura 43 - Gancho para micrófono comprado	61
Figura 44 - Drum Mic Mount (Monta micrófono para batería).....	62
Figura 45 - Botones.....	62
Figura 46 - Botón Comprado	63
Figura 47 - Botón Fabricado en 3D	63
Figura 48 - Nivel de conocimiento por edad	64
Figura 49 - Motivos de Compra de una Impresora 3D	65
Figura 50 - Precio que pagaría por una Impresora 3D.....	66
Figura 51 - Aplicación de la Ley de Moore a las impresoras 3D en Argentina.....	67
Figura 52 - Porcentaje de gente que dejaría de comprar un producto si supiera que está hecho con Impresora 3D	69
Figura 53 - Lugar de compra preferida de los insumos	70
Figura 54 - Curva de Rogers y predisposición a la compra	71
Figura 55 - Usuarios por Edad y Voluntad de pago	72
Figura 56 - Precio a aceptar de productos por Edad	72
Figura 57 - Motivos para no comprar	73
Figura 58 - Productos que se fabricarían en el hogar.....	74
Figura 59 - CH-101 REV1.4.....	75
Figura 60 - VAN para la compra de una impresora	76
Figura 61 - Máquina a precios internacionales.....	76
Figura 62 - Encuesta de opinión. Página 1.....	91
Figura 63 - Encuesta de opinión. Página 2.....	92

Anexo

Fuentes de Productos Diseñados en 3D

En estos sitios se pueden encontrar diseños de productos en forma gratuita, que pueden ser descargados y modificados de acuerdo a las necesidades del usuario.

<https://www.myminifactory.com/>

<http://www.thingiverse.com/>

<https://www.youmagine.com/>

<http://cubify.com/>

<https://grabcad.com/>

<http://sproutform.com/>

Modelo de Encuesta de Opinión

1 - Edad

2 - Nivel de estudios

3 - ¿Escuchó hablar de la tecnología de impresión en 3D?

4 - ¿Trabaja o estudia en algo relacionado con el diseño o la informática?

5 - ¿Dejaría de consumir un producto si supiera que está impreso en forma 3D en lugar de en forma tradicional?

6 - ¿Vio en funcionamiento alguna vez una impresora 3D?

7 - ¿Conoce a alguien que tenga una impresora 3D?

8 - ¿Usó alguna impresora en 3D?

9 - ¿Reemplazaría algunos productos que consume con impresiones propias en 3D?

10 - ¿Por qué no usaría la impresión en 3D?

11 - ¿Por qué usaría la impresión en 3D?

12 - ¿Qué elementos imprimiría en su hogar?

13 - ¿Cuánto pagaría por una impresora 3D?

14 - ¿Adónde le gustaría encontrar los insumos de las impresoras 3D?

15 - ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un producto impreso en 3D en su hogar?

La Figura 62 y la Figura 63 son la reproducción de la encuesta de opinión.

Figura 62 - Encuesta de opinión. Página 1¹¹⁸

Encuesta de Opinión - Impresión en 3D en Argentina

Sólo le tomará dos minutos responder. Gracias por su colaboración.

***Obligatorio**



Edad *

Nivel de estudios *

Primario Incompleto

Secundario incompleto

Secundario Completo

Universitario en curso

Universitario

Posgrado en curso

Posgrado

¿Escuchó hablar de la tecnología de impresión en 3D? *

50% completado

¹¹⁸ Elaboración propia

Figura 63 - Encuesta de opinión. Página 2¹¹⁹

Encuesta de Opinión - Impresión en 3D en Argentina

*Obligatorio

Impresión en 3D

Falta un minuto!



¿Trabaja o estudia en algo relacionado con el diseño o la informática? *

Sí
 No

¿Dejaría de consumir un producto si supiera que está impreso en forma 3D en lugar de en forma tradicional? *

¿Vio en funcionamiento alguna vez una impresora 3D? *

¿Conoce a alguien que tenga una impresora 3D? *

¿Usó alguna impresora en 3D? *

¿Reemplazaría algunos productos que consume con impresiones propias en 3D? *

¿Por qué no usaría la impresión en 3D?
Sólo para los que no usaran la tecnología.

Es muy cara.
 No tengo tiempo.
 Me parece muy complicado.
 No voy a encontrar insumos.
 Me gusta consumir productos de marca.
 Otro:

¿Por qué usaría la impresión en 3D?
Sólo para los que usarían la tecnología.

Me gusta probar tecnología nueva.
 Me gusta diseñar productos.
 Podría ahorrar.
 Podría crear productos adaptados a mi gusto.
 Podría vender productos fabricados en mi hogar.
 Sería más sencilla que buscar el producto en un comercio.
 Otro:



¿Qué elementos imprimiría en su hogar?
Selecciones todas las opciones posibles.

Comida
 Muebles
 Jaqueles
 Vajilla
 Elementos para su vehículo
 Repuestos para electrodomésticos
 Útiles escolares
 Accesorios de informática
 Elementos de trabajo
 Otro:

¿Cuánto pagaría por una impresora 3D? *

Insumos de impresoras 3D



¿Adónde le gustaría encontrar los insumos de las impresoras 3D?
Per insumos, se entienden los materiales para imprimir. Es comparable a un cartucho de tinta.

Casa especializadas
 Supermercados
 Online
 Almacenes
 Otro:

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un producto impreso en 3D en su hogar? *

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google. 100% has terminado.

Evolución de los Precios de las Impresoras Makerbot¹²⁰:**10 de enero de 2012:**

Replicator 1 – 1.749 USD

15 de mayo de 2012:

MakerBot Replicator 3D printer (double extruder) – 1.999 USD

01 de Septiembre de 2012:

Replicator 2 - 2.199 USD

09 de enero de 2013:

Replicator 2X Experimental 3D Printer – 2.799 USD

07 de mayo de 2014

Makerbot Z18 - \$6,499

MakerBot Replicator Mini – 1.375 USD

01 de abril de 2015:

MakerBot Replicator 2 Desktop 3D Printer – 2.509 USD

Makerbot Replicator 5th Generation – 2.899 USD

¹²⁰ Datos tomados de www.makerbot.com