

POSIBLES IMPACTOS DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Potential Impacts of Additive Manufacturing on Supply Chain

Paola Vintimilla ¹

Trabajo realizado para Universidad Politécnica de Valencia
Universidad de Cuenca, paola.vintimilla@ucuenca.edu.ec

Recibido: 31-03-2017. Aceptado después de revisión: 15-11-2017

Resumen:

El presente trabajo analiza en la bibliografía la intervención de la Fabricación Aditiva o Impresión 3-D en la Cadena de Suministro y propone posibles escenarios futuros donde se modifican niveles y actores en la cadena. La impresión 3-D se encuentra en constante evolución y poco a poco está siendo partícipe de sistemas de producción, modificando los procesos productivos y de distribución a los cuales estamos acostumbrados. Los posibles impactos de la Fabricación Aditiva en la Cadena de Suministro propuestos en este trabajo se detallan por las etapas determinadas en la bibliografía y por modelos mixtos propuestos a partir de estas y son los siguientes: Primera etapa: Prototipado, Segunda Etapa: Impresión 3-D para partes o productos finales en fábrica o comercio, Tercera Etapa: Impresión 3-D en casa, Modelo Mixto 1: Impresión en Fábrica y en Casa y Modelo Mixto 2: Impresión en Casa con autorización de la Marca. Los diferentes escenarios también son comparados entre sí mediante el modelo SCOR, en donde se determina la participación o no de ciertos actores de la Cadena de Suministro y la modificación en sistemas de producción y distribución.

Palabras claves: Cadena de Suministro, Manufactura Aditiva, Modelo SCOR.

Abstract: The present work analyzes on the bibliography the intervention of Additive Manufacturing or 3-D Printing in Supply Chain and proposes possible future scenarios where levels and actors of the chain are modified. The 3-D printing is constantly evolving and is gradually being part of production systems, modifying the production and distribution processes to which we are used to. The possible impacts of Additive Manufacturing on Supply Chain that are proposed in this work are determined by the stages found on the bibliography and by mixed models, they are as follows: First stage: Prototyping, Second Stage: 3-D printing for final parts or products in factory or commerce, Third Stage: 3-D Printing at Home, Mixed Model 1: Factory and Home Printing, and Mixed Model 2: Home Printing with Brand Authorization. The different scenarios are also compared to each other according the SCOR model, which determines the participation or not of certain actors of the Supply Chain and the modification on production and distribution systems.

Keywords: Supply Chain, Additive Manufacturing, SCOR Model.

1. Introducción

El mundo globalizado de hoy en día, con sus constantes cambios y exigencias cada vez mayores, ha dado paso a la generación de nuevas ideas, cambios tecnológicos y productivos, entre ellos la impresión 3-D o Fabricación Aditiva. Este tipo de producción y/o avance tecnológico nació con el prototipado y consiste en producir un objeto mediante la sucesión de capas de material por medio de una impresora especializada.

Actualmente, se encuentra en constante evolución. Varias empresas utilizan la Fabricación Aditiva para producir piezas de algunos de sus productos, y científicos estudian la posibilidad de generar productos con otros materiales distintos al plástico, metales y otros elementos que ya han sido empleados en este tipo de manufactura.

Tal y como se menciona [1], los avances en la impresión 3-D podrían revolucionar la fabricación, y por tanto la Cadena de Suministro. Este trabajo pretende abordar los posibles impactos que podría generar la Fabricación Aditiva, pues esta evoluciona y podría cambiar los procesos productivos y de distribución a los que estamos acostumbrados hoy en día.

1. Materiales, fuentes y métodos

Para el desarrollo del presente trabajo se ha visto necesario realizar una búsqueda bibliográfica donde se ha recopilado información sobre la Fabricación Aditiva y su relación con la Cadena de Suministro, además de la existencia de impactos y presentarla en el Estado de Arte. La figura 1 y las tablas 1 y 2 presentadas a continuación muestran, en resumen, el registro de los resultados de las fuentes consultadas:

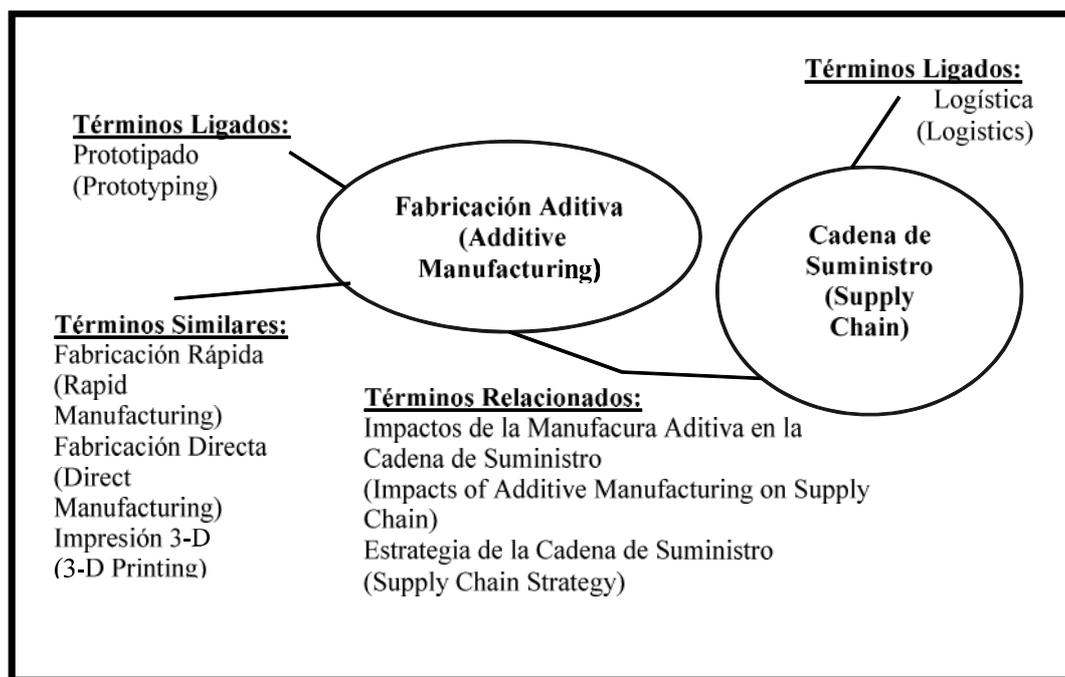


Figura 1. Palabras clave empleadas en la búsqueda bibliográfica. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2. Fuentes analizadas (incluidos artículos científicos, libros y fuentes electrónicas) y su correspondiente año de publicación. Fuente: Elaboración Propia.

Año de Publicación	2004	2007	2009	2010	2011	2012	2013	2014	No. Total
Número de Fuentes	1	2	2	2	4	8	5	5	29
Porcentaje	3,45%	6,90%	6,90%	6,90%	13,79%	27,59%	17,24%	17,24%	100,00%

Tabla 2. Estado del Arte de la Tesina. Fuente: Elaboración Propia.

Autor/es-Referencia	Título de Artículo/Capítulo/otro	Problema/Enfoque	Resultado/ Contribución	Aspectos Clave
Berman B. (2012)	3-D printing: The new industrial revolution	Características y Aplicaciones de impresión 3-D comparación con personalización en masa y otros procesos de manufactura	3 etapas o niveles de la Manufactura Aditiva: Prototipado, partes o productos finales en fábrica e impresión de propios productos por parte del cliente final	Etapas/ niveles de la Manufactura Aditiva
Birtchnell T. & Urry J. (2013)	3D, SF and the future	Ciencia Ficción y Manufactura Aditiva	Cuatro escenarios futuros de la Manufactura Aditiva desde el punto de vista de la Ciencia Ficción	3D como resultado de la Ciencia Ficción
Bourell D.L. et al. (2009)	A brief history of additive manufacturing and the 2009 roadmap for additive manufacturing: looking back and looking ahead	Orígenes y Tendencias de la Fabricación Aditiva	Raíces de la Fabricación Aditiva en la Topografía y Fotoescultura	Raíces de la Fabricación Aditiva en la Topografía y Fotoescultura
Chandra C. & Grabis J. (2007)	Supply Chain Configuration: Concepts, Solutions, and Applications	Concepto y Características de la Cadena de Suministro	Configuración de la Cadena de Suministro	Concepto, configuración y características de la Cadena de Suministro
Cohen D. et al. (2014)	3-D printing takes shape	Introducción a la Manufactura Aditiva y posibles alteraciones	Cinco posibles alteraciones	Cinco posibles alteraciones
Cottrill K. & Rice J. (2013)	INNOVATIVE OR INCONCLUSIVE EVALUATING NEW SUPPLY CHAIN IDEAS	Innovaciones en la Cadena de Suministro, entre ellas Manufactura Aditiva	Introducción de las Innovaciones en la Cadena de Suministro. Ventajas, Desventajas, usos y ejemplos	Posibles usos de la manufactura aditiva a corto y mediano plazo, sus ventajas y desventajas
Cottrill K.(2011)	Transforming the Future of Supply Chains Through Disruptive Innovation: Additive Manufacturing	Innovación y Manufactura Aditiva	Posibles escenarios de Impacto de la Manufactura Aditiva	-

Cozmei C. & Caloian F. (2012)	Additive Manufacturing Flickering at the Beginning of Existence	Manufactura Aditiva como una revolución tecnológica emergente	Manufactura Aditiva: usos, ventajas y desventajas, impactos en la economía y Cadena de Suministro, impuestos vs impresión 3-D	Impactos de la Manufactura Aditiva en la Cadena de Suministro
De Beer N. (2013)	Additive Manufacturing Turning Mind into Matter	Evaluación/ Características de la Fabricación Aditiva	Características de la Fabricación Aditiva	Rango de aplicaciones y porcentajes de la Fabricación Aditiva
Autor/es-Referencia	Título de Artículo/ Capítulo/otro	Problema/ Enfoque	Resultado/ Contribución	Aspectos Clave
elEconomistas	Lanzan al mercado la primera impresora 3D de comida	Impresora 3-D de comida	-	Impresora 3-D de comida
Fundación Cotec	Fabricación Aditiva	Manufactura Aditiva como oportunidad Tecnológica	Características de la Fabricación Aditiva	Fabricación 2.0: Cliente diseña su producto (lo imprima o no)
Gibson I. (2010)	Additive Manufacturing Technologies	Cambio y evolución de Prototipado a Fabricación Aditiva	Fabricación Aditiva como centralización de diseño de producto, su producción y distribución	Centralización de actividades con Fabricación Aditiva
Hon K. (2007)	Digital Additive Manufacturing: From Rapid Prototyping to Rapid	Características Básicas de la Manufactura Aditiva Digital	Situación en el tiempo-Transición a la Manufactura Aditiva	-
Hopkinson N. (2010)	Additive Manufacturing: What's happening and where are we going with printing in the third dimension?	Introducción a la Manufactura Aditiva y explicación de todos sus aspectos	Ventajas, Desventajas y Futuro de la Manufactura Aditiva	-
Huang S. et al. (2012)	Additive manufacturing and its societal impact: a literature review	Impacto social de la Fabricación Aditiva	Fabricación Aditiva posee la Facultad de convertir una Cadena de Suministro en Lean	La Fabricación Aditiva tiene el potencial de reducir el número de niveles de la Cadena de Suministro
Khajavi S et al. (2014)	Additive manufacturing in the spare parts supply chain	Impacto potencial de la Manufactura aditiva en la Cadena de Suministro de piezas de repuesto	Cuatro escenarios de configuraciones distintas de Cadena de Suministro según estudio	Configuración de la Cadena de Suministro: Producción Centralizada para Manufactura Convencional y Distribuida con Manufactura Aditiva

Lindemann C. et al. (2012)	Analyzing product lifecycle costs for a better understanding of cost drivers in additive manufacturing	Fabricación Aditiva y Costes involucrados	-	-
Liu P. et al. (2013)	The impact of additive manufacturing in the aircraft spare parts supply chain: supply chain operation reference (scor) model based analysis	Uso de la Fabricación Aditiva para optimizar costes en la Cadena de Suministro de repuestos de aeronaves	Fabricación Aditiva disminuye costes en la Cadena de Suministro y mejora su dinámica	Fabricación Aditiva dinamiza la Cadena de Suministro
Autor/es-Referencia	Título de Artículo/Capítulo/otro	Problema/Enfoque	Resultado/ Contribución	Aspectos Clave
Mellor S. et al. (2014)	Additive manufacturing: A framework for implementation	Áreas/Sectores de cambio con la implementación de la Manufactura Aditiva	Marco propuesto para la implementación de la Manufactura Aditiva	Marco para la implementación de la Manufactura Aditiva
metal-powder.net	The growing UK 3D printing market	Impresora 3-D de piezas metálicas para Aeronaves	-	Impresora 3-D de piezas metálicas para Aeronaves
metal-powder.net	3D printer has increased capabilities	Capacidades/aplicación impresión 3-D	-	Capacidades/aplicación impresión 3-D
Reeves P. et al. (2011)	Mass Customization	Uso de la Fabricación Aditiva para la personalización en Masa	Ejemplos de personalización en Masa con la fabricación Aditiva	-
The economist	A third industrial revolution	Fabricación Aditiva como el inicio de la Tercera Revolución Industrial	-	Fabricación Aditiva como el inicio de la Tercera Revolución Industrial
The economist	Print me a Stradivarius	Fabricación Aditiva como Revolución Industrial	-	Fabricación Aditiva como Revolución Industrial
Walter M. et al. (2004)	Rapid manufacturing and its impact on supply chain management	Impactos de la Cadena de Suministro en piezas de repuesto de aeronaves	Estudio impacto de la Fabricación Aditiva en la Cadena de Suministro de piezas de Aeronaves	Manufactura Aditiva no necesita herramientas adicionales o tiempos de preparación
Wittbrodt B.T. et al. (2013)	Life-cycle economic analysis of distributed manufacturing with open-source 3-D	Estudio del ahorro económico en un hogar promedio al imprimir sus propios productos	Análisis del beneficio económico al desarrollar productos en los hogares con impresión 3-D	Ahorro significativo si el propio cliente imprime sus productos

	printers			
Wohlers T. & Gornet T. (2012)	History of additive manufacturing	Historia de la Manufactura Aditiva	Historia de la Manufactura Aditiva (detalles en orden cronológico)	Historia de la Manufactura Aditiva
Wohlers T. (2009)	Worldwide Trends in Additive Manufacturing	Investigación en Manufactura Aditiva-Crecimiento	Tablas y Gráficas de Crecimiento y usos de la Manufactura Aditiva	Crecimiento, usos de la Manufactura Aditiva
Wohlers T. (2012)	Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report	Reporte Progreso Mundial Anual	Rango de actividades de la Fabricación Aditiva	Rango de actividades de la Fabricación Aditiva

La mayoría de fuentes consultadas presentan a la Fabricación Aditiva, sus características y la relacionan con otros aspectos, logísticos o no. Cabe recalcar que varias fuentes electrónicas como: The economist, elEconomista.es, o metal-powder.net, han aportado conocimiento de la utilidad de la Fabricación Aditiva, desde impresión de comida hasta piezas metálicas para aeronaves, y también la destacan como la Tercera Revolución Industrial.

Existe muy poco aporte en el tema de Impactos de la Fabricación Aditiva en la Cadena de Suministro, sin embargo varios autores aportan ideas bastante relevantes para este trabajo. Así por ejemplo, se expone la centralización, tanto del diseño de producto como su producción y distribución con la introducción de la Fabricación Aditiva [2], se detalla el ahorro económico en un hogar promedio al imprimir sus propios productos [3]; también se aportan ejemplos de personalización en masa con la Fabricación Aditiva [4] y se presentan gráficas de la evolución de este tipo de fabricación [5].

Entre los pocos artículos que tratan la temática de impactos se encuentran aquellos que estudian el impacto potencial de la Fabricación Aditiva en la Cadena de Suministro de piezas de repuesto [6], o presentan al uso de la Fabricación Aditiva como fuente para optimizar costes y el impacto en la Cadena de Suministro de repuestos de aeronaves [7]-[8].

Por otro lado, ciertos artículos aportan ideas tanto para el desarrollo de Fabricación Aditiva y Cadena de Suministro con sus características, así como para el impacto generado. Se da a conocer ventajas, desventajas e ideas respecto al futuro de la impresión 3-D [9]; se presenta una introducción a la Fabricación Aditiva y cinco posibles alteraciones en la Cadena de Suministro con el uso de la misma [10]; también se presenta a la Impresión 3-D como una innovación en la Cadena de Suministro, con sus posibles usos, ventajas y desventajas [1]; además se exhibe un marco para la implementación de la Fabricación Aditiva y las áreas de posible cambio con su implementación [11]. Por otro lado se considera a la Fabricación Aditiva como una revolución tecnológica emergente y se presentan impactos propiamente de la misma en la Cadena de Suministro [12]; igualmente, se relaciona a la innovación con Fabricación 3-D y se presenta posibles escenarios de impacto [13].

Los dos artículos más relevantes en la temática tratada presentan escenarios y etapas de posibles impactos. Así el primero, además de presentar características de la Fabricación Aditiva, presenta tres etapas o niveles de la misma que alteran la Cadena de Suministro [14]. El otro artículo presenta cuatro escenarios futuros de la Fabricación Aditiva desde el punto de vista de la Ciencia Ficción [15].

3. Resultados

Una vez presentado el Estado del Arte se despliega la temática de los posibles impactos de la Fabricación Aditiva en la Cadena de Suministro, que es el eje central de este trabajo. En este punto es importante recalcar que se hace hincapié en el artículo de Berman [14], pues este autor describe tres etapas de evolución: el prototipado, el uso de la impresión 3-D para partes o productos finales en fábrica o comercio y el empleo de este tipo de manufactura en casa directamente por el consumidor. Se plantean posibles escenarios basados en estas etapas y modelos mixtos, complementados con el aporte de otros autores, obviamente el impacto en la Cadena de Suministro dependerá en la etapa que nos encontremos y si esta se ha desarrollado en su totalidad. A continuación se describen las etapas y sus posibles impactos:

Primera Etapa: Prototipado.- Es la fase inicial de la Fabricación Aditiva, en la cual los avances son más tecnológicos hacia la mejora y optimización de material y la forma de impresión en los aparatos 3D, pues su uso es principalmente para crear prototipos, maquetas, entre otros, es decir, no objetos para la comercialización propiamente. Por tanto, la Cadena de Suministro no sufre ninguna alteración y no existe impacto alguno, continúa teniendo los mismos niveles para la mayoría o todos los productos que son comercializados: comida, vestimenta, aparatos electrónicos, entre otros.

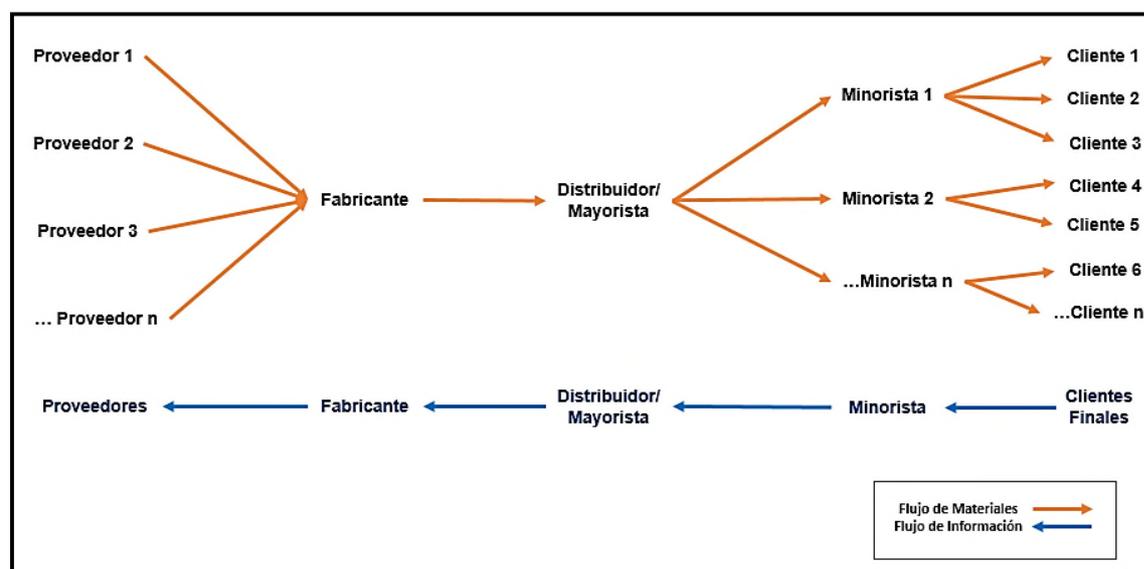


Figura 2. Cadena de Suministro en Etapa de Prototipado. Fuente: Elaboración Propia.

Segunda Etapa: Impresión 3-D para partes o productos finales en fábrica o comercio.- Esta fase se encuentra en desarrollo actualmente. Podrían presentarse dos escenarios. El primero consiste en la producción de piezas de productos terminados o parte de éstos en una impresora 3D por parte del fabricante. El segundo en la impresión del producto solicitado por el cliente en un comercio minorista.

La Cadena de Suministro en el primer escenario, se vería afectada en el nivel de los proveedores, pues se reducirían en número o se eliminarían aquellos de materia prima de fabricación convencional, para dar paso a los suministradores de materia prima de la impresión 3D. Entre los impactos que esto generaría, sería la alteración de tiempos de suministro, reducción de proveedores, eliminación de transporte hacia fábrica, entre otros. También podría cambiarse la ubicación de aquellos fabricantes cercanos al punto de proveedores por lugares más cercanos al punto de venta, y en ciertos casos, como producir el

producto en su totalidad en una impresora 3D, podría eliminar a los mayoristas, pues el fabricante cambiaría la administración de la producción por la administración de la distribución.

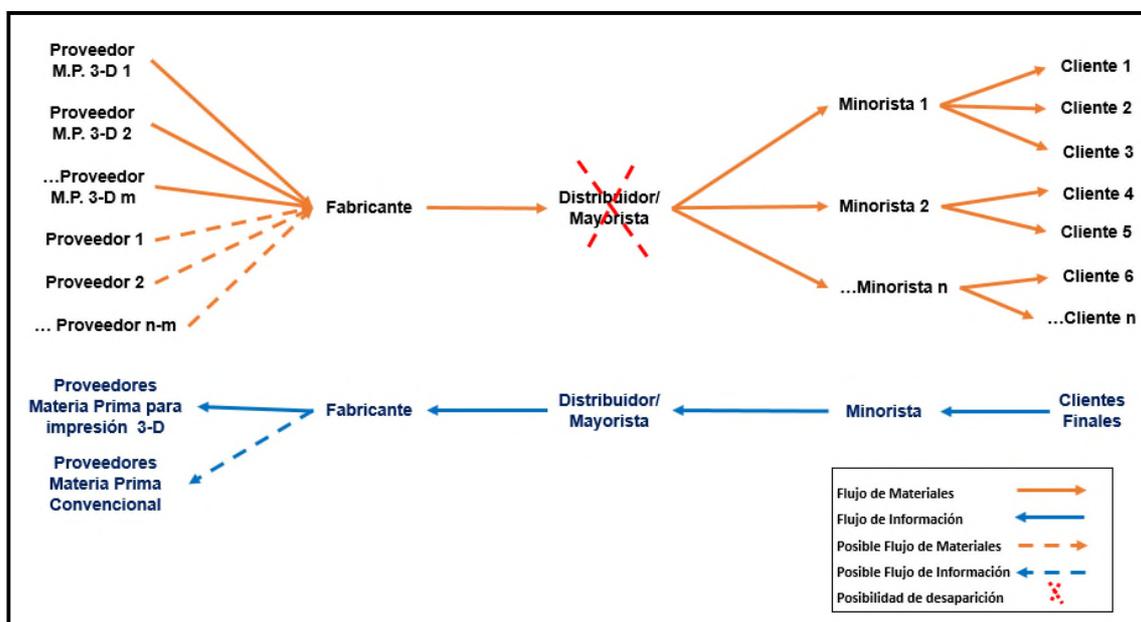


Figura 31. Cadena de Suministro en Etapa de Impresión 3-D para partes o productos finales en fábrica.
Fuente: Elaboración Propia.

En el segundo escenario la Cadena de Suministro se vería bastante modificada, pues el fabricante se convierte en comerciante, minorista por lo general, o viceversa; es decir el propio productor del producto lo vende al cliente. Un ejemplo claro de este caso es aquel donde un cliente se escanea en casa la forma de sus pies y realiza la solicitud de un modelo de zapatos por internet al comerciante/productor; este último los imprime y a los pocos días el cliente los puede recoger de la tienda o recibirlos a domicilio [15]. A este tipo de comercialización se lo denomina Fabricación 2.0 [16]. Otro ejemplo que debería ser mencionado es aquel en el que coleccionistas pueden ordenar muñecos de juguete a escala vía internet, para luego ser recibidos en casa [4].

El impacto que esto generaría en la Cadena de Suministro es mayor, pues esta se reduce a tres niveles: proveedor de materias primas para impresión 3D, fabricante/comerciante y cliente. Desaparecerán los proveedores convencionales, y los fabricantes, mayoristas y minoristas se transforman en uno solo, el mismo que tendría la facultad de producir y vender al cliente. Al desaparecer varios niveles, se modifica el flujo de información, el transporte prácticamente desaparece y la logística cambiaría completamente.

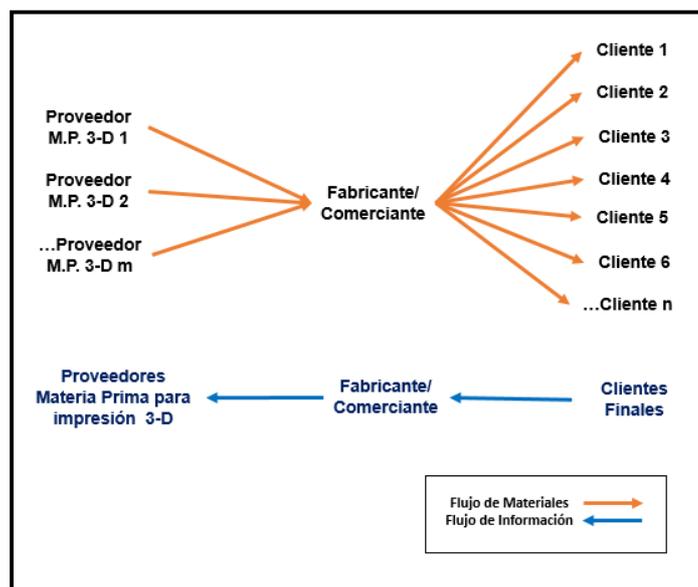


Figura 4. Cadena de Suministro en Etapa de Impresión 3-D para partes o productos finales en comercio. Fuente: Elaboración Propia.

Tercera Etapa: Impresión 3D en casa.- En esta etapa se asume que las impresoras 3D han evolucionado tecnológicamente y sus precios son accesibles para que un hogar promedio lo pueda adquirir; además de que los softwares de creación de productos en tres dimensiones sean de fácil manejo. Al disponer de estos equipos en casa, el cliente se vuelve fabricante de su propio producto (Fabricación 2.0), y sus proveedores directos son aquellos que le suministran material para la impresión, y en algunos de los casos el propietario de una franquicia o propiedad intelectual que le permita, bajo un previo pago, imprimir uno de sus productos.

Un ejemplo claro es aquel en el que en casa, un niño podrá imprimir una tarea escolar de prototipado, mientras que su hermana imprimirá algo de bisutería y su madre un repuesto plástico para la lavadora [15].

El impacto en este escenario será mayor que en todos los demás presentados, pues desaparece el fabricante, sus proveedores y distribuidores, para dar paso a un cliente que se vuelve fabricante personalizado de su propio producto, con sus propios proveedores. Por tanto, varios niveles de la Cadena de Suministro son eliminados, por tanto se alteran flujos de transporte, de información y se reduce notablemente puestos laborales al desaparecer los niveles que más lo generaban.

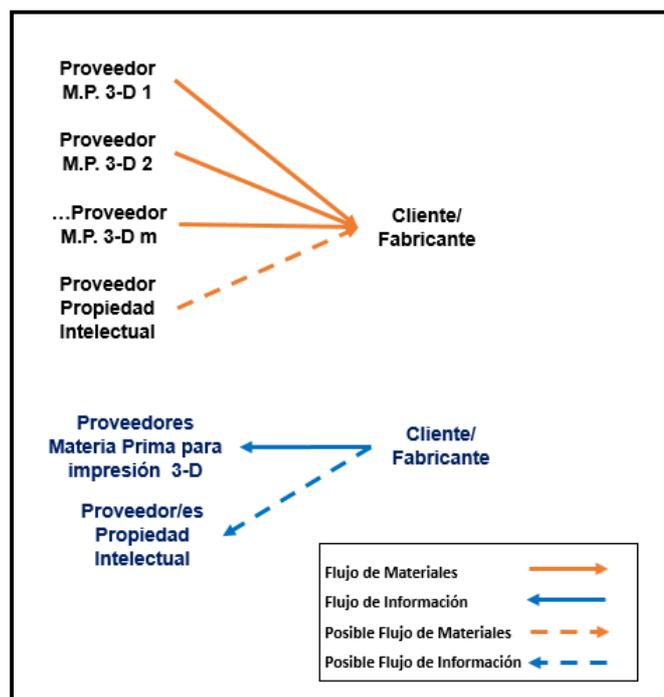


Figura 5. Cadena de Suministro en Etapa de Impresión 3-D en casa. Fuente: Elaboración Propia.

Modelo Mixto 1: Impresión en Fábrica y en Casa.- Este modelo propuesto es una mezcla del primer escenario de la segunda etapa y la tercera. El fabricante produce productos elaborados bajo distintos modos de producción, entre ellos la impresión 3D, para piezas que más le convenga hacerlo. Dichos productos son distribuidos al cliente, el mismo que puede imprimir piezas extras para personalizar su producto o mejorarlo, es decir darle un plus, y también puede imprimir repuestos.

En esta propuesta, la cadena de suministro variará según la distribución del producto y del material para imprimir repuestos y/o accesorios. Se podría considerar como una aleación de dos cadenas: la del producto como tal y la de la materia prima para impresión 3-D; cada una podrá tener los niveles que le correspondan para que sea óptima, por ejemplo la distribución de material 3-D puede ser a través de un mayorista, directamente de proveedor a cliente o mediante el mismo distribuidor del producto. A pesar de que puede tomar distintas formas, se debe reconocer que existe un flujo de producto, uno de material para impresión 3-D y el de información.

En este modelo, se podrían citar varios posibles ejemplos. Uno de ellos podría ser la evolución de la lavadora, la fábrica produce el producto por distintos métodos de fabricación, incluido impresión 3D, para piezas plásticas por ejemplo; los clientes adquieren el producto, y, en caso de avería, podrán imprimir los distintos repuestos de su modelo de producto desde la página web de la empresa con el número de su factura; es decir, pueden acceder al modelo de la pieza en un programa 3D para ser impreso [15]. Esto también podría aplicarse a los demás electrodomésticos, como secadoras de ropa, lavavajillas, entre otros. También este modelo mixto sería aplicable a cadenas de suministro de accesorios, por ejemplo gafas, o protectores de teléfonos celulares, donde el cliente compra un modelo estándar, pero si quiere un accesorio extra, como una insignia o un símbolo para personalizarlo, lo puede obtener mediante la impresión en su casa.

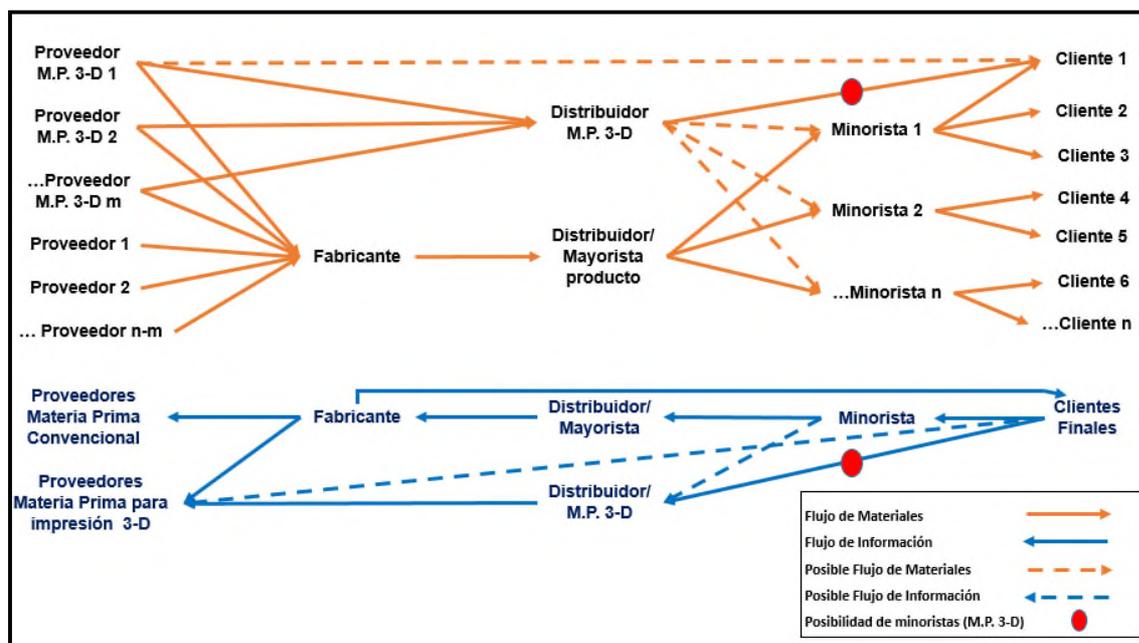


Figura 6. Cadena de Suministro en Modelo Mixto 1. Fuente: Elaboración Propia.

Modelo Mixto 2: Impresión en Casa con autorización de la Marca.- Este modelo se puede considerar un avance de la tercera etapa con una mezcla del modelo mixto 1. Las grandes empresas no producen sus productos sino que lo hacen sus clientes. Éstos, a través de internet, compran los prototipos franquiciados autorizados para poderlos imprimir en sus casas con materias primas propias para el producto; es decir, el cliente compra un producto intangible (autorización de uso de propiedad intelectual) a la empresa de marca y se aprovisiona de materias primas adecuadas a través de distribuidores autorizados u operadores logísticos, para con ambos crear su propio producto físico.

Las empresas en lugar de producir, se dedicarán a la venta de sus prototipos por internet, similar a la compra actual de productos físicos. También gestionarán la materia prima para asegurar la calidad del producto tangible final; los aprovisionamientos utilizados en la impresión 3D pueden provenir de sus fábricas o de proveedores autorizados, y serán distribuidos a través de repartidores autorizados o/y operadores logísticos.

Estos últimos se los menciona, pues, se daría un cambio radical en la cadena de suministro, a los cuales cada elemento y/o participante debe adaptarse; al no gestionarse una producción de elementos tangibles, con su respectivo transporte e inventarios, tanto la empresa como operadores logísticos enfocarán sus esfuerzos a la correcta distribución y calidad de la materia prima.

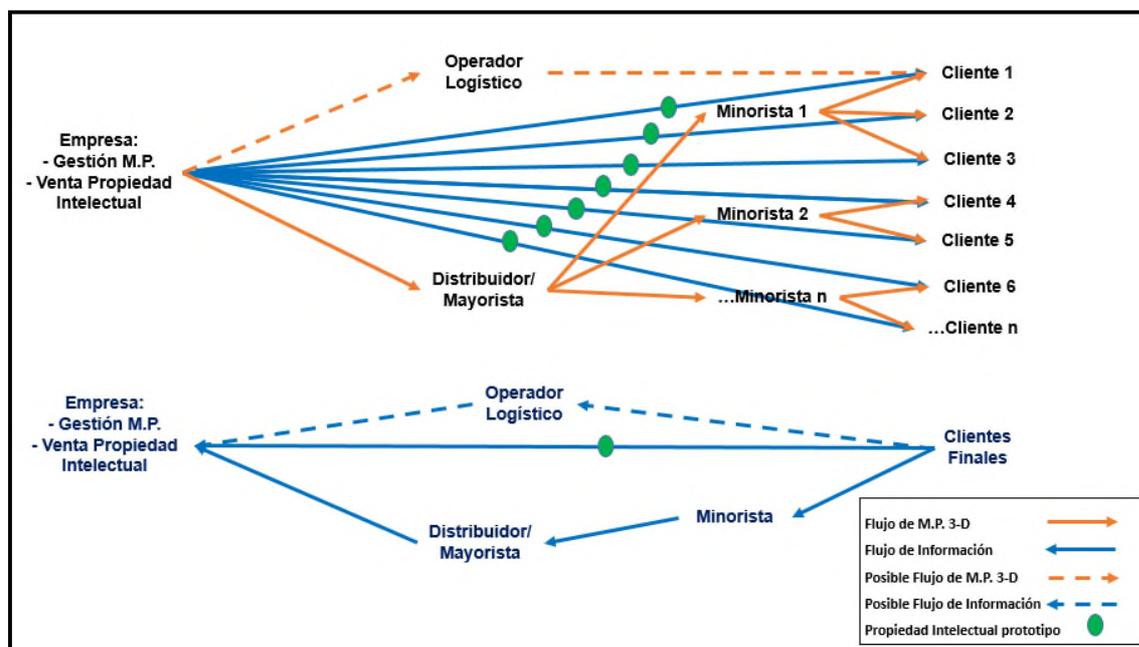


Figura 7. Cadena de Suministro en Modelo Mixto 2. Fuente: Elaboración Propia.

4. Discusión

Como se puede observar, mientras se pasa de la primera etapa a la tercera, mayor será el impacto generado en la Cadena de Suministro. Sin embargo, cabe recalcar que las etapas podrían no ser evolutivas, pues las mismas podrían convivir en un mismo periodo de tiempo; lo que es importante resaltar es la existencia de escenarios más maduros que otros, como el prototipado, y otros que se encuentran en fase de desarrollo.

Según la revisión bibliográfica se puede considerar que nos encontramos entre la primera y segunda etapa. El prototipado es algo bastante utilizado hoy en día, y varias empresas ya han adoptado la fabricación aditiva como parte de su producción principalmente por cuestiones de optimización.

Es bueno recalcar que la Cadena de Suministro sufrirá distintos cambios dependiendo del sector económico y/o comercial, por ejemplo es muy probable que el impacto que sufra una Cadena de Suministro de piezas dentales no sea el mismo de una hortofrutícola.

A continuación se comparan los posibles escenarios mediante el modelo de referencia de SCOR, para ello se presenta una tabla donde se ilustran dichos procesos según la participación de cada miembro de la Cadena de Suministro:

Tabla 3. Comparativa de procesos SCOR entre escenarios según participación de cada miembro de la Cadena de Suministro. Fuente: Elaboración Propia.

	Primera Etapa	Segunda Etapa	Tercera Etapa	Modelo Mixto 1	Modelo Mixto 2	
	Prototipado	Impresión 3-D Fábrica	Impresión 3-D Distribución	Impresión 3-D Fábrica y Casa	Impresión 3-D casa, Empresa autoriza y gestiona M.P.	
PROVEEDOR	sS1 sS2 sS3	sS2	sS2 sS3	sS1 sS2 sS3	sS1 sS2 sS3	
EMPRESA (Fábrica y/o Gestión)	SP1 sP2 sP3 sP4 sP5 SM1 sM2 sM3 sE1 sE2 sE3 sE4 sE5 sE6 sE7 sE8 sE9 sDR1 sDR3	SP1 sP2 sP3 sP4 sP5 sM2 sM3 sE1 sE2 sE3 sE4 sE5 sE6 sE7 sE8 sE9 sD1 sD2 sD3	SP1 sP2 sP3 sP4 sP5 sM2 sM3 sE1 sE2 sE3 sE4 sE5 sE6 sE7 sE8 sE9 sD2 sD3	SP1 sP2 sP3 sP4 sP5 sM1 sM2 sM3 sE1 sE2 sE3 sE4 sE5 sE6 sE7 sE8 sE9 sDR1 sDR2	SP1 sP1 sE1 sE2 sE3 sE4 sE5 sE6 sE7 sE8 sE9 sS2	
DISTRIBUCIÓN (Mayorista y/o Cliente)	sD1 sD2 sD3 sSR1 sSR2 sSR1 sDR1 sDR2 sSR1 sSR2	sD2 (sD2) sSR1	sD2 sD3 sSR1	sD1 sD2 sSR1 sSR2 sDR1 sDR2 sSR1 sSR2 sM3	sD1 sD2 sSR1 sSR2 sDR1 sDR2 sSR1 sSR2 sM2 sP2 sP3	
CLIENTE			sM2 sM3 sE2 sE3 sE8	sM3	sM2	
OBSERVACIONES	Se considera una Cadena de Suministro Clásica. Puede tratarse de producción para stock, bajo pedido del cliente o por requerimiento específico del mismo.	Al acercarse a la fabricación al cliente, se produce bajo petición del mismo, la distribución la realizará la empresa o un mayorista y se recicla producto antes que date mantenimiento.	La propia empresa produce y comercializa al cliente un producto, sea bajo pedido personalizado o no.	Cliente se vuelve fabricante de su propio producto.	Al ser un sistema mixto, la producción en fábrica de ciertas piezas puede ser para stock. La personalización la realiza el propio cliente.	La empresa se encarga de la propiedad intelectual del producto y la calidad de la materia prima, el cliente lo imprime.

5. Conclusiones

- La Fabricación Aditiva está evolucionando de una manera acelerada, por lo que se ha pretendido con este trabajo abordar sus posibles impactos en la Cadena de Suministro y con ello a los distintos cambios en producción y distribución de insumos a los cuales estamos acostumbrados.
- Existen varios artículos que abordan la Fabricación Aditiva, sin embargo muy pocos la relacionan con la Cadena de Suministro, los autores que han destacado en relacionar las dos temáticas son: Berman [14], Birtchnell y Urry [15] y Cottrill & Rice [1].
- Los escenarios que se han presentado en este trabajo son el prototipado, el uso de la impresión 3D para partes o productos finales en fábrica o comercio y el empleo de este tipo de manufactura en casa directamente por el consumidor; cada uno con ejemplos del cambio que implicarían en la Cadena de Suministro.
- Se vio necesario el planteamiento de modelos mixtos, los cuales se han considerado una aproximación más realista de lo que podría suceder con la evolución de la Fabricación Aditiva y el impacto que generaría ésta en la Cadena de Suministro.
- Para una comparación entre los distintos escenarios propuestos se utilizó el Modelo SCOR, el mismo que ayuda en el análisis de la participación de cada uno de los actores de la Cadena de Suministro y con ello a un análisis más profundo de los distintos escenarios.

6. Agradecimientos

Un especial agradecimiento a la Universidad Politécnica de Valencia por permitirme desarrollar este trabajo.

7. Referencias Bibliográficas

- [1] Cottrill, K., y Rice, J., “Innovative or Inconclusive? Evaluating new supply chain ideas”, *MIT Center for Transportation & Logistics*, pp.1-23, spring 2013.
- [2] Gibson, I., “Business opportunities and future directions”, *Additive manufacturing technologies*, pp.437-446, 2010.
- [3] Wittbrodt, B. T., Glover, A. G., Laureto, J., Anzalone, G. C., Oppliger, D., Irwin, J. L., y Pearce, J. M., “Life-cycle economic analysis of distributed manufacturing with open-source 3-D printers”, *Mechatronics* vol. 23, pp. 713-726, june 2013.
- [4] Reeves, P., Tuck, C., y Hague, R., “Additive manufacturing for mass customization”, *Mass customization*, pp. 275-290, 2011.
- [5] Wohlers, T., “Worldwide Trends in Additive Manufacturing”, *US-TURKEY Workshop on Rapid Technologies*, september 2009.
- [6] Khajavi, S. H., Partanen, J., y Holmstrom, J., “Additive manufacturing in the spare parts supply chain”, *Computers in Industry* vol. 65, pp. 50-63, january 2014.
- [7] Liu, P., Huang, S. H., Mokusdar, A., Zhou, H., y Hou, L., “The impact of additive manufacturing in the aircraft spare parts supply chain: Supply chain operation reference (scor) model based analysis”, *Production Planning & Control* vol.25, pp1-13, 2013.
- [8] Walter, M., Holmström, J., Tuomi, H., y Yrjölä, H., “Rapid manufacturing and its impact on supply chain management”, en *Logistics Research Network Annual Conference*, pp.9-10, january 2004.

- [9] Hopkinson, N., “Additive Manufacturing: What’s happening and where are we going with printing in the third dimension?”, *Becta*, pp.1-22, october 2010.
- [10] Cohen, D., Sargeant, M., y Somers, K., “3-D printing takes shape”, *McKinsey Quarterly*, pp.1-6, january 2014.
- [11] Mellor, S., Hao, L., y Zhang, D., “Additive manufacturing: A framework for implementation”, *International Journal of Production Economics* vol. 149, pp.194-201, march 2014.
- [12] Cozmei, C., y Caloian, F., “Additive manufacturing flickering at the beginning of existence”, *Procedia Economics and Finance* vol. 3, pp.457-462, 2012.
- [13] Cottrill, K. “Transforming the future of supply chains through disruptive innovation: Additive Manufacturing”, *Global Communications Consultant MIT Center for Transportation & Logistics*, pp.1-13, spring 2011.
- [14] Berman, B., “3-D printing: The new industrial revolution”, *Business Horizons* vol. 55, pp.155-162, march-april 2012.
- [15] Birtchnell, T., y Urry, J., “3D, SF and the future”, *Futures* vol.50, pp.25-34, june 2013.
- [16] COTEC, “Fabricación Aditiva”, *Documentos Cotec sobre oportunidades tecnológicas*, octubre 2011.
- [17] “The growing UK 3D printing market”, *metal-powder.net*, pp.36-38, february 2014.
- [18] “3D printer has increased capabilities”, *Metal Powder Report* vol. 67, pp.46, 2012.
- [19] Bourell, D. L., Beaman, J. B., Leu, M. C., y Rosen, D. W., “A brief history of additive manufacturing and the 2009 roadmap for additive manufacturing: looking back and looking ahead”, *US-TURKEY Workshop on Rapid Technologies*, september 2009.
- [20] Chandra, C., y Grabis, J., *Supply chain configuration: Concepts, solutions, and applications*. Springer US, 2007.
- [21] De Beer, N., “Additive Manufacturing Turning Mind into Matter”. *Sierra College Center for Applied Competitive Technologies (CACT)*, pp.1-60, may 2013.
- [22] Hon, K. K. B., “Digital Additive Manufacturing: From Rapid Prototyping to Rapid Manufacturing”, En *Proceedings of the 35th International MATADOR Conference*, pp. 337-340, 2007.
- [23] Huang, S., Liu, P., Mokasdar, A., y Hou, L., “Additive manufacturing and its societal impact: A literature review”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* vol. 67, pp.1191-1203, july 2013.
- [24] Lindemann, C., Jahnke, U., Moi, M., y Koch, R., “Analyzing product lifecycle costs for a better understanding of cost drivers in additive manufacturing”, En *23rd Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium*, August 2012.
- [25] Wohlers, T., “Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report”, *Wohlers Associates Inc.*, 2012.
- [26] Wohlers, T., y Gornet, T., “History of additive manufacturing”, *Wohlers Report 2012: State of the Industry*, pp. 1-26, 2012.

Fuentes electrónicas:

- [27] “A third industrial revolution”, *The Economist*, 2012, disponible en: <http://www.economist.com/node/21552901>
- [28] “Lanzan al mercado la primera impresora 3D de comida”, *elEconomista.es*, 2014, disponible en: <http://www.eleconomista.es/interstitial/volver/aciertoj/empresas-finanzas/noticias/5643022/03/14/Lanzan-al-mercado-la-primera-impresora-3D-de-coida.html#.Kku8qUaUvgI3cpT>
- [29] “Print me a Stradivarius”, *The Economist*, disponible en: <http://www.economist.com/node/18114327>
- [30] “SCOR Quick reference guide”, disponible en: https://supply-chain.org/f/QRG-layout10-web_0.pdf
- [31] “Supply Chain Operations Reference (SCOR®) model”, disponible en: <https://supply-chain.org/f/Web-Scor-Overview.pdf>