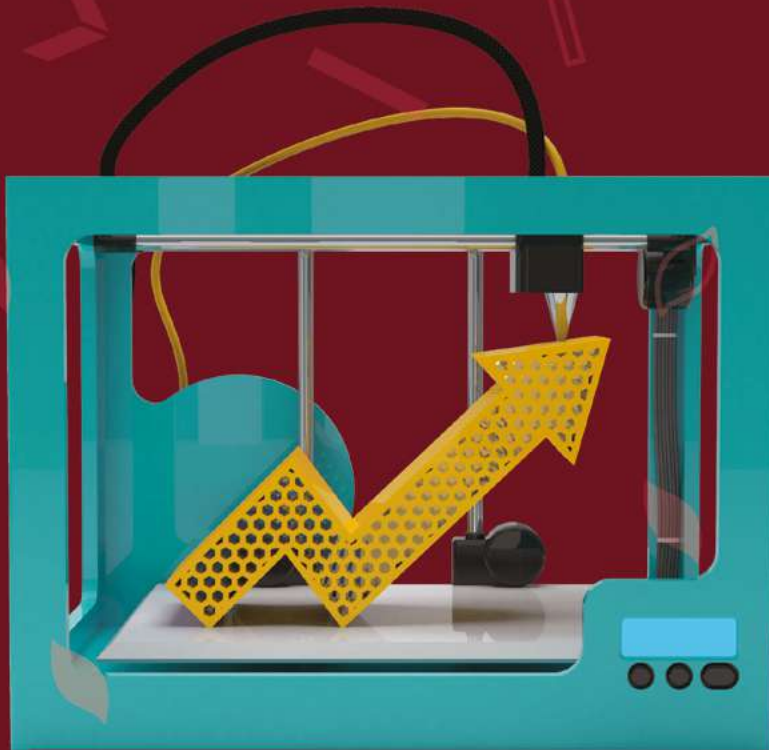


Contracción del comercio en 40% por relocalización de la producción por Manufactura Aditiva

*Trade Down by 40% Due to Relocation of Production
by Additive Manufacturing*



Dr. Ignacio Casas Fraire





Dr. Ignacio Casas Fraire

SEMBLANZA

Doctor en Ciencias de la Administración por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Es Maestro en Administración por la Universidad del Valle de México (UVM) y Licenciado en Relaciones Internacionales por la UNAM. Cuenta con el Diplomado en Negociaciones Comerciales Internacionales del Colegio de México y el Diplomado en Comercio y Negocios Internacionales por el Tecnológico de Monterrey (ITESM); Diplomado en International Economics en Lee University of Cleveland Tennessee (USA). Es Profesor Investigador en el Centro de Enseñanza Técnica y Superior (CETYS Universidad). Es miembro del padrón de jóvenes investigadores del CONACYT. Ha sido catedrático de asignatura en la Universidad Autónoma Chapingo, la Universidad del Valle de México y de la Universidad Tecnológica de México (UNITEC). Además, ha sido profesor de asignatura en la Maestría en Negocios Internacionales en la Universidad de las Américas (UDLA. D.F.) Ha sido Gerente de Comercio Exterior de la Agencia Aduanal Kalisch Alonso Agencias Aduanales S.C. y Director General del despacho de consultores en comercio internacional MexiWorld and Logistics S.A. de CV. Asimismo, ha laborado para distintas empresas transnacionales en departamentos de comercio exterior.

RESUME

Doctor in Administrative Sciences from the National Autonomous University of Mexico (UNAM). He has a Master's degree in Administration from the University of the Valley of Mexico (UVM) and a Bachelor's degree in International Relations from the UNAM. He holds a Certificate in International Trade Negotiations from Colegio de México and a Certificate in Trade and International Business from the Technological Institute of Monterrey (ITESM); as well as a Certificate in International Economics from Lee University of Cleveland Tennessee (USA). He is a member of the CONACYT register of junior researchers. He has been a professor at the Autonomous University of Chapingo, the University of the Valley of Mexico and the Technological University of Mexico (UNITEC). In addition, he has been a lecturer in the Master in International Business at the Universidad de las Américas (UDLA. D.F.) He was the Foreign Trade Manager of the Customs Agency Kalisch Alonso Agencias Aduanales S.C. and General Director of the international trade consultant's office MexiWorld and Logistics S.A. de CV. He has also worked for different transnational companies in foreign trade departments.

RESUMEN

Los avances tecnológicos podrían hacer que en poco tiempo podamos construir una pieza de auto en nuestro propio hogar mediante la impresión 3D y otras técnicas con la menor intervención humana, sin embargo, a gran escala, esto puede ser perjudicial para países como México, Brasil e India que basan sus plantas de ensamble en la mano de obra humana por su precio. Acompaña al autor a analizar los avances que pondrían en jaque el comercio internacional de para 2040 dada la reconfiguración de las cadenas de suministro por estos avances.

SUMMARY

Technological advances could soon allow us to build a car part in our own home through 3D printing and other techniques with the least human intervention. However, on a large scale, this could be detrimental to countries such as Mexico, Brazil and India that base their assembly plants on human labor because of its price. Join the author to analyze the developments that would put international trade in check by 2040 given the reconfiguration of supply chains due to these developments.

En el año 2017 la institución financiera holandesa *Internationale Nederlanden Groep* (ING)¹ publicó un estudio mediante el cual hace proyecciones de crecimiento negativo para el comercio internacional para el 2040 (sin coronavirus). Menciona el estudio que debido a la reconfiguración de las cadenas de suministro por el avance generalizado en el uso de la Manufactura Aditiva (o Impresión 3D), el comercio mundial se reducirá en 22.5% en 2060 pudiendo llegar hasta poco más del 40 por ciento en 2040 si continúa el avance disruptivo de las tecnologías de producción 3D.

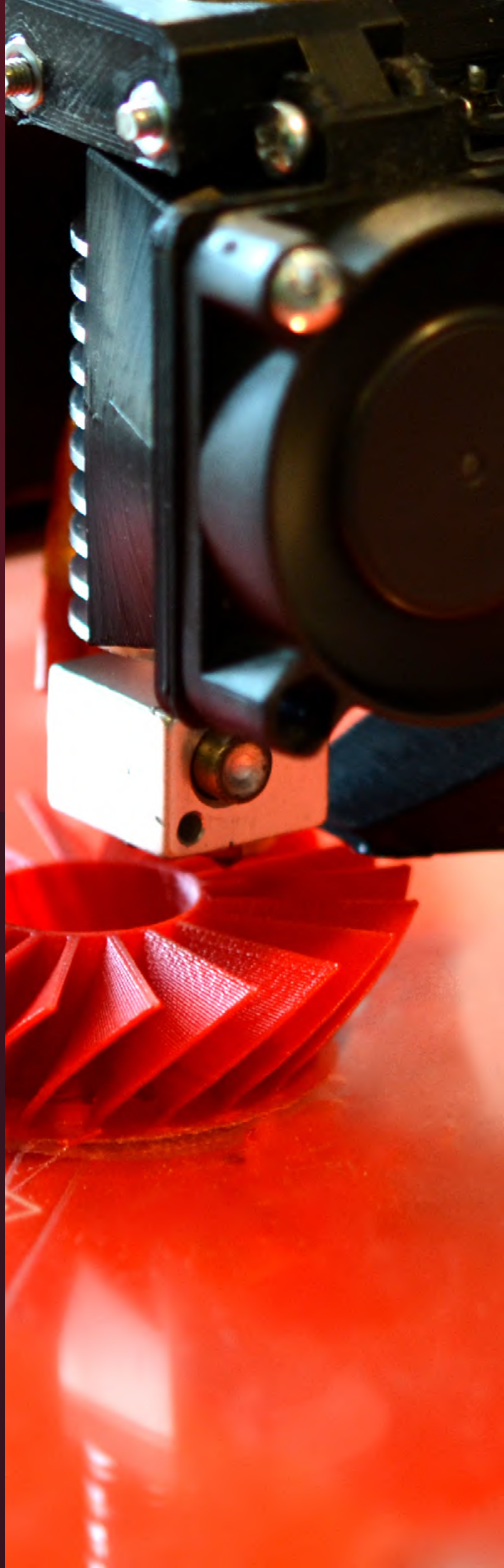
Esta reducción del comercio modificará la composición de las cadenas de suministro tradicional haciéndola más elásticas, derivado de procesos de manufactura más cercano al consumidor final, bajo modelos de relocalización en el diseño y fabricación de productos.

El estudio sostiene que para el 2060 el 50% de los bienes manufacturados se producirán localmente mediante la técnica de impresión tridimensional (3D). Con la impresión 3D, los bienes manufacturados utilizarán menos mano de obra, lo que reducirá la necesidad de llevar la producción a países con salarios bajos, teniendo como efecto la relocalización de la producción en los principales centros de consumo.

In 2017 the *Dutch financial institution Internationale Nederlanden Groep* (ING)¹ published a study projecting negative growth for international trade by 2040 (without coronavirus). The study mentions that due to the reconfiguration of supply chains by the widespread advancement in the use of Additive Manufacturing (or 3D Printing), world trade will shrink by 22.5% in 2060 potentially reaching just over 40 percent in 2040 if the disruptive advancement of 3D production technologies continues.

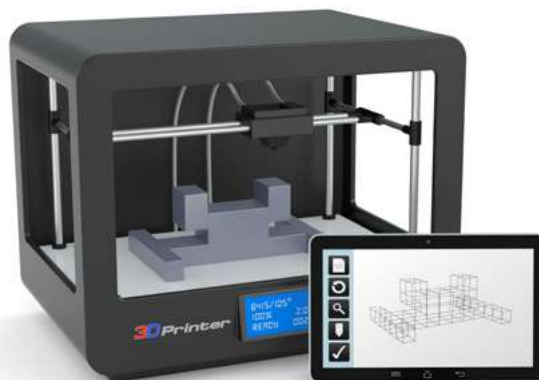
This trade downsize will modify the composition of traditional supply chains making them more flexible, derived from manufacturing processes closer to the final consumer, under models of relocation in the design and manufacture of products.

The study claims that by 2060, 50% of manufactured goods will be produced locally using the three-dimensional (3D) printing technique. With 3D printing, manufactured goods will use less labor, which will reduce the need to take production to low-wage countries, having the effect of relocating production to major consumption centers.



Definición de Manufactura Aditiva

La Manufactura Aditiva (MA) se basa en la creación de modelos o prototipos mediante el proceso de unión de materiales, mediante la adición de sucesivas capas de material, una capa sobre otra, diferenciándose de las tecnologías conformativas, como inyección de plástico y/o metales, y sustractivas como el mecanizado o fresado, empleadas en la fabricación tradicional. Se compone de un conjunto de tecnologías que permiten crear un producto, empleándose una alta diversidad de materiales, tanto polímeros como materiales cerámicos, vidrio, metales, hormigón, alimentos y hasta células. El método de MA representa una novedosa técnica que utiliza diversas tecnologías para el diseño industrial y supone el inicio de una nueva revolución industrial (Economía, 2016). La Manufactura Aditiva (MA) o *Additive Manufacturing* "consiste en manipular material a escala micrométrica y depositarlo de forma precisa para construir un producto sólido".²



La tecnología de impresión 3D ha existido desde hace más de tres décadas, sin embargo, su uso se ha popularizado apenas en los últimos cinco años, principalmente por la inclusión en el uso de nuevos materiales que van desde productos orgánicos, metálicos, cerámicos y polímeros, como ceras, células, tejidos, alimentos, aluminio, titanio, acero inoxidable, grafito, zirconio, ABS, poliamida, policarbonato, entre otros. También ha influido el incremento de la comercialización de impresoras personales más accesibles a las empresas y las personas, lo que hace más común el uso de impresiones acorde a las necesidades de los usuarios. Aunado a ello el surgimiento de sofisticados sistemas de ingeniería y fabricación que han modificado la concepción y el diseño de productos, lo que ha facilitado el empleo de sistemas robotizados, la inspección por visión artificial, el control del avance de la producción en tiempo real, la modelización y recreación virtual de procesos y fábricas enteras con software de simulación (Economía, 2016).

Additive Manufacturing

Additive Manufacturing (AM) is based on the creation of models or prototypes through the process of joining materials by adding successive layers of material, one layer on top of the other, differentiating it from conformational technologies, such as plastic and/or metal injection, and subtractive technologies such as machining or milling, used in traditional manufacturing. It consists of a set of technologies that make it possible to create a product, using a wide range of materials, including polymers, ceramics, glass, metals, concrete, foodstuffs and even cells. The AM method represents a novel technique that uses various technologies for industrial design and represents the beginning of a new industrial revolution (Economy, 2016). Additive Manufacturing (AM) "consists of manipulating material on a micrometer scale and depositing it in a precise way to build a solid product."²

3D printing technology has existed for more than three decades, however, its use has only become more popular in the last five years, mainly due to the inclusion in the use of new materials ranging from organic, metallic, ceramic and polymer products, such as waxes, cells, fabrics, food, aluminum, titanium, stainless steel, graphite, zirconium, ABS, polyamide, polycarbonate, among others. It has also influenced the increase in the commercialization of personal printers that are more accessible to companies and individuals, which makes the use of printing more common according to the needs of users. Added to this is the emergence of sophisticated engineering and manufacturing systems that have modified the conception and design of products, which has facilitated the use of robotic systems, inspection by artificial vision, real-time production progress control, modeling and virtual recreation of processes and entire factories with simulation software (Economy, 2016).

Las tecnologías que hacen funcionar a la Manufactura Aditiva se basan en diversas técnicas de “impresión” como la Estereolitografía, el Modelado por Deposición Fundida (*Fused Deposition Modeling* - FDM), La Inyección de polipropileno (*Polyjet*), el Sinterizado Selectivo por Láser (*Selective Laser Sintering* - SLS), la Digitalización 3D y la Tomografía Computarizada por rayos X, principalmente.

1. Estereolitografía:

Esta se refiere a un proceso de fabricación por adición que emplea resina transformada mediante un láser ultravioleta para la construcción de los objetos tridimensionales, mismos que son obtenidos mediante la adición de finas capas, impresas una encima de otra. La resina líquida se solidifica mediante la exposición al láser de luz ultravioleta, quedando así la capa recién solidificada unida a la capa previa que existía debajo suya. Las resinas que comúnmente se utilizan como materiales son: Resina blanca opaca tipo ABS Especial, Resina blanca ABS Especial con infiltraciones y Resinas translúcidas.

2. Modelado por Deposición Fundida (*Fused Deposition Modeling* - FDM):

Es un proceso de manufactura aditiva que permite la construcción de piezas capa por capa, mediante la deposición de “hilos” termoplásticos extruidos a través de una boquilla. Los materiales que se utilizan para este proceso de fabricación: *Acrylonitrilo Butadieno Estireno* (ABS), *Políácido Láctico* (PLA), *Polycarbonato*, *Policaprolactona* (PCL), *Polifenilsulfona* (PPSU), *Polieterimida* (PEI), Ceras, Chocolate y otros alimentos para uso en repostería, y *Acetato de polivinilo* (PVA), entre otros.

3. Inyección de polipropileno (*Polyjet*):

Utiliza diminutas gotas de material de construcción mediante un cabezal de impresión con diversas boquillas, semejantes a las empleadas en la inyección de tinta, las que depositan el material de construcción conforme se desplaza a lo largo del área de construcción. Los materiales comúnmente utilizados son fotopolímeros o materiales tipo cera. La impresión basada en tecnología *Polyjet* 3D, combina la tecnología *Inkjet* y el uso de fotopolímeros, a través de la cual dos materiales se solidifican al contacto con luz ultravioleta. Más de 120 tipos de materiales pueden usarse bajo esta tecnología *Polyjet* 3D, además que permite combinarlos simultáneamente. El resultado es un prototipo con un alto desempeño en términos de resistencia a la temperatura, compatibilidad, rigidez, flexibilidad, y variedad de colores.



The technologies that make Additive Manufacturing work are based on various "printing" techniques such as Stereolithography, Fused Deposition Modeling (FDM), Polypropylene Injection Molding (Polyjet), Selective Laser Sintering (SLS), 3D Scanning and X-ray Computed Tomography, mainly.

1. Stereolithography:

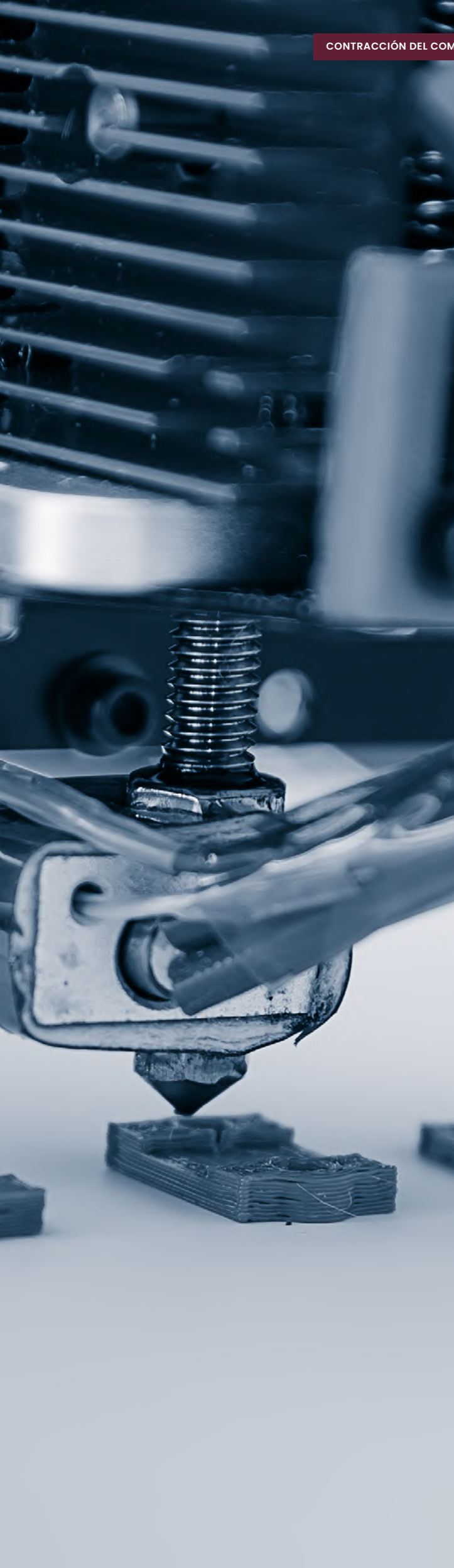
This refers to a manufacturing process by addition that uses resin transformed by an ultraviolet laser for the construction of three-dimensional objects, which are obtained by adding thin layers, printed one on top of the other. The liquid resin is solidified by exposing it to the ultraviolet laser light, and the newly solidified layer is then bonded to the previous layer underneath it. The resins commonly used as materials are: ABS Special type opaque white resin, ABS Special white resin with infiltrations and translucent resins.

2. Fused Deposition Modeling (FDM):

It is an additive manufacturing process that allows the construction of parts layer by layer, through the deposition of thermoplastic "threads" extruded through a nozzle. The materials used for this manufacturing process are: Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Poly Lactic Acid (PLA), Polycarbonate, Polycaprolactone (PCL), Polyphenylsulfone (PPSU), Polyetherimide (PEI), Waxes, Chocolate and other food confectionery, and Polyvinyl Acetate (PVA), among others.

3. Polypropylene injection (Polyjet):

It uses tiny droplets of build material by means of a print head with various nozzles, similar to those used in ink jetting, which deposit the build material as it moves across the build area. Commonly used materials are photopolymers or wax-like materials. Printing based on Polyjet 3D technology combines inkjet technology and the use of photopolymers, whereby two materials solidify on contact with ultraviolet light. More than 120 types of materials can be used under this Polyjet 3D technology, and they can be combined simultaneously. The result is a prototype with high performance in terms of temperature resistance, compatibility, rigidity, flexibility, and variety of colors.



4. Sinterizado Selectivo por Láser (*Selective Laser Sintering SLS*):

Es una técnica basada en la solidificación capa por capa de materiales en polvo (metales, cerámicos, plásticos) por medio de un haz de láser. Esta técnica posibilita la fabricación de productos utilizando materiales en forma de polvo, a menudo de sustancias plásticas como Nylon, Polímeros de estireno o incluso metales como acero, titanio, aleaciones y/o compuestos. La tecnología SLS facilita la fabricación de piezas de geometría compleja, transitando de un método de prototipado rápido a la fabricación de bajos volúmenes productos finales.

5. Digitalización 3D de objetos:

Es un proceso mediante el cual son adquiridas las características morfológicas superficiales de un elemento para ser llevadas a un ambiente virtual 3D donde pueden ser documentadas, dimensionadas, modificadas y transferidas a diversos formatos digitales. El proceso consiste en combinar técnicas ópticas y computacionales con la finalidad de adquirir la información de una o varias superficies.

6. Tomografía Computarizada por rayos X: Nace de la tomografía médica y permite observar la diferencia de densidad entre materiales. La tomografía computacional aprovecha la diferencia de densidades observada en diferentes secciones de un objeto para generar una reconstrucción tridimensional de las características morfológicas internas y externas (Economía, 2016).

4. Selective Laser Sintering (SLS):

It is a technique based on the solidification layer by layer of powdered materials (metals, ceramics, plastics) by means of a laser beam. This technique makes it possible to manufacture products using powdered materials, often made of plastic substances such as Nylon, styrene polymers or even metals such as steel, titanium, alloys and/or composites. SLS technology facilitates the manufacture of complex geometry parts, moving from a rapid prototyping method to low volume manufacturing of final products.

5. 3D object scanning:

It is a process by which the surface morphological characteristics of an element are acquired, to be taken to a 3D virtual environment where they can be documented, dimensioned, modified and transferred to various digital formats. The process consists of combining optical and computational techniques in order to acquire the information of one or several surfaces.

6. X-ray Computed Tomography:

Born from medical tomography, it allows observing the difference in density between materials. Computed tomography takes advantage of the difference in densities observed in different sections of an object to generate a three-dimensional reconstruction of the internal and external morphological characteristics (Economy, 2016).

Aplicaciones de la Manufactura Aditiva

El creciente interés por emplear procesos de fabricación de manufactura aditiva se debe a la necesidad de fabricar piezas u objetos únicos basados en modelos geométricos de gran complejidad, diseños personalizados con un mínimo de desperdicio, alta personalización, rapidez y flexibilidad con altos ahorros de energía.

Los sectores en los que más se emplean las tecnologías de Manufactura Aditiva son en la fabricación de vehículos y autopartes automotrices, dispositivos y componentes para la industria aeroespacial, dispositivos médicos/dentales, respiradores, caretas, cubre bocas, joyas y productos de consumo, y también se utiliza ampliamente en artes creativas, e industrias con un gran potencial en la industria manufacturera en general y en nuevos sectores económicos como por ejemplo el de los videojuegos.

En el sector automotriz, la MA se emplea principalmente para el modelado de vehículos y partes, reduciendo el tiempo y costos de innovación, investigación y desarrollo tecnológico para la producción, así como en la aplicación de técnicas de impresión para la fabricación de productos y moldes. A través de sistemas robóticos, se puede realizar el escaneo digital de objetos para desarrollar réplicas exactas de partes y componentes que ya no se fabrican, que son obsoletos o están en desuso (por ejemplo, para automóviles antiguos).

En el sector de la aeronáutica, la MA juega un rol de mucha importancia para la fabricación de diversos componentes como partes ligeras que son incorporadas en aviones de combate debido a sus características de peso, ligereza y funcionalidad que la manufactura tradicional no puede ofrecer. En aviones comerciales, la MA participa en el diseño

de herramientas que utilizan maquetas digitales y tecnología electrónica para producir diversos componentes tanto para aviones como para satélites fabricados empleando polvo de titanio con un costo inferior al mecanizado. Otro uso de la MA se puede ver en la manufactura de componentes de turborreactores para aviones comerciales.

En electrónica, las tecnologías de impresión 3D han permitido desarrollar prototipos de mesas de circuitos y tableros flexibles, de una forma más asequible y fácil que la fabricación tradicional. Diseño, desarrollo y producción de componentes electrónicos como resistores, conductores, inductores, antenas, microscondensadores y micro baterías y algunos otros más.



Additive Manufacturing Applications

The growing interest in employing additive manufacturing processes is due to the need to manufacture unique parts or objects based on highly complex geometric models, customized designs with minimal waste, high customization, speed and flexibility with high energy savings.

The sectors in which Additive Manufacturing technologies are most used are in the manufacture of automotive vehicles and auto parts, devices and components for the aerospace industry, medical/dental devices, respirators, masks, mouth covers, jewelry and consumer products. It is also widely used in creative arts, and industries with great potential in the manufacturing industry in general and in new economic sectors such as video games.

In the automotive sector, AM is mainly used for the modeling of vehicles and parts, reducing the time and costs of innovation, research and technological development for production, as well as in the application of printing techniques for the manufacture of products and molds. Through robotic systems, digital scanning of objects can be performed to develop exact replicas of parts and components

that are no longer manufactured, obsolete or in disuse (e.g., for old automobiles).

In the aeronautics sector, AM plays a very important role in the manufacture of various components such as lightweight parts that are incorporated in fighter aircraft due to their weight, lightness and functionality characteristics that traditional manufacturing cannot offer. In commercial aircraft, AM is involved in the design of tools that use digital mock-ups and electronic technology to produce various components for both aircraft and satellites manufactured using titanium powder at a lower cost than machining. Another use of MA can be seen in the manufacture of turbojet components for commercial aircraft.

In electronics, 3D printing technologies have made it possible to develop prototypes of circuit boards and flex boards in a more affordable and easier way than traditional manufacturing. Design, development and production of electronic components such as resistors, conductors, inductors, antennas, micro-supercapacitors and micro-batteries and some others.



En el Sector Salud se fabrican mediante MA prótesis dentales personalizadas mediante el uso de escáneres intraorales digitales para el uso de nuevos materiales, se desarrollan prótesis auditivas o prótesis a bajo costo para extremidades amputadas (Inferiores y superiores), así como la fabricación de lentes y gafas. Con la pandemia del Covid-19, la impresión 3D tuvo la oportunidad de demostrar su funcionalidad mediante la producción de dispositivos médicos para hospitales, como protectores faciales o ventiladores, así como hisopos para las pruebas de Covid-19, lo que detonó el interés por su uso para los años futuros³, y que sin duda acelerará los pronósticos realizados por el estudio de ING.

Otras industrias en las que se ha venido usando la MA es en juguetes como figuras en miniatura de personas, en bisutería, celulares, maquetas de proyectos arquitectónicos, impresora de alimentos procesados, maquetas de diferentes escalas, productos de iluminación, decoración y mobiliario, joyería, calzado y componentes y la lista se amplía cada vez.

In the Health Care Sector, customized dental prostheses are manufactured by AM using digital intraoral scanners for the use of new materials, hearing aids or low-cost prostheses for amputated limbs (lower and upper) are developed, as well as the manufacture of lenses and eyeglasses. With the Covid-19 pandemic, 3D printing had the opportunity to demonstrate its functionality through the production of medical devices for hospitals, such as face shields or ventilators, as well as swabs for Covid-19 testing, which triggered interest in its use for future years³, and will undoubtedly accelerate the forecasts made by the ING study.

Other industries in which AM has been used are toys such as miniature figures of people, costume jewelry, cell phones, mock-ups of architectural projects, printing of processed foods, mock-ups of different scales, lighting products, decoration and furniture, jewelry, footwear and components, and the list is getting longer and longer.



Lo que hace atractiva la industria de impresión 3D

La impresión 3D conduce a una mayor flexibilidad de producción y reduce los tiempos de entrega, acerca la producción al centro de consumo, generando una ventaja competitiva frente a la competencia.

La impresión 3D requiere menos mano de obra que la producción tradicional, y aunque en algunos casos aún sea necesario ensamblar el producto final, esto requiere menos pasos en el proceso. Esto reduce la mano de obra necesaria para el montaje, coordinación de procesos y transporte de productos intermedios. Reducción del consumo de materias primas debido a que no habrá más desperdicio; algunos productos que tradicionalmente deben cortarse, con la MA ya no tienen que hacerlo. Se reducen los costos por errores humanos debido a que hay menos interacción de personas involucradas en la producción.

Con la disminución de las economías de escala se reducen los costos de inventario, ya que con la MA existen menos incentivos para producir grandes cantidades de productos, lo que conduce a una menor necesidad de almacenamiento de estos. Así mismo, se reducen los costos de transporte debido a que hay menos productos intermedios que desplazar y también porque la impresión 3D acerca la producción al consumidor.

What makes the 3D printing industry attractive

3D printing leads to greater production flexibility and reduced lead times, bringing production closer to the point of consumption, creating a competitive advantage over the competition.

3D printing requires less labor than traditional production, and although in some cases it is still necessary to assemble the final product, this requires fewer steps in the process. This reduces the labor required for assembly, process coordination and transportation of intermediate products. Reduced raw material consumption because there will be no more waste; some products that traditionally have to be cut, no longer have to be cut with the MA. Reduced human error costs because there is less interaction of people involved in production.

With the decrease in economies of scale, inventory costs are reduced, since with AM there is less incentive to produce large quantities of products, which leads to a reduced need to store them. Also, transportation costs are reduced because there are fewer intermediate products to move and also because 3D printing brings production closer to the consumer.



La impresión 3D y el impacto en los flujos del comercio mundial

Uno de los factores a considerar para que las empresas desagreguen su proceso de producción y establezcan cadenas de valor globales han sido los bajos costos laborales. Con la adopción de la impresión 3D en las empresas, los costos laborales se vuelven menos importantes a la hora de decidir la ubicación geográfica de la producción de varias partes del producto, puesto que una característica de la producción con impresoras 3D es la mano de obra reducida.

La relocalización de los procesos de producción a su lugar de origen o en el centro de consumo reduciría significativamente el comercio transfronterizo, tanto de productos intermedios como productos terminados. Por otra parte, la impresión 3D genera menos desperdicio que la manufactura tradicional, por lo que las importaciones de materias primas necesarias disminuirán.

El estudio de ING plantea dos escenarios posibles que reducirán el comercio y reconfigurarán el mapa de los flujos comerciales globales:

Escenario I. El primer escenario establece que la mitad de los productos fabricados se llevarán a cabo con impresoras 3D para 2060, siempre y cuando las tendencias de crecimiento en inversiones en impresoras 3D continúe como lo ha hecho en los últimos años a una tasa promedio de 29% a diferencia del 9.7% en comparación con el incremento de máquinas tradicionales.

Escenario II. El segundo escenario plantea la posibilidad de que una vez que las empresas conozcan los beneficios que genera la impresión 3D, es posible que se dé un crecimiento acelerado en producción 3D y la inversión en equipo de MA se duplique por periodos de cinco años, entonces la mitad de los productos fabricados en el mundo podría adelantarse 20 años y suceder este fenómeno en el año 2040.

Con la MA, el comercio mundial de bienes en el escenario I será 18% más bajo en 2060 que sin impresión 3D. En el escenario II, el comercio mundial sería un 38% más bajo en 2040, pero para que esto suceda, la producción en masa con impresoras 3D tiene que ser económicamente viable en múltiples industrias, al menos las señaladas arriba).

En cuanto al comercio de servicios, este también sufrirá una afectación importante. Algunos servicios como los portuarios, los servicios de financiamiento del comercio y el transporte (que están estrechamente relacionados con el comercio de productos manufacturados), la caída sería de 6%. Sin embargo, los servicios relacionados con la industria de la impresión 3D tendrían a su vez un incremento de 2.5%, lo que mitigaría la caída a un 3.5% real del total de comercio mundial de servicios.



3D Printing and the Impact on Global Trade Flows

One of the factors to consider for companies to unbundle their production process and establish global value chains has been low labor costs. With the adoption of 3D printing, labor costs become less important for companies when deciding the geographical location of the production of various parts of the product, since a characteristic of production with 3D printers is reduced labor.

Relocation of production processes to their place of origin or to the center of consumption would significantly reduce cross-border trade of both intermediate and finished products. Moreover, 3D printing generates less waste than traditional manufacturing, so imports of necessary raw materials will decrease.

The ING study posits two possible scenarios that will reduce trade and reshape the map of global trade flows:

Scenario I. The first scenario states that half of the products manufactured will be made with 3D printers by 2060, provided that growth trends in 3D printer investments continue as they have in recent years at an average rate of 29% as opposed to 9.7% compared to the increase in traditional machines.

Scenario II. The second scenario raises the possibility that once companies become aware of the benefits of 3D printing, it is possible that there will be an accelerated growth in 3D production and investment in AM equipment will double for five-year periods, then half of the products manufactured in the world could be brought forward 20 years and this phenomenon could occur in 2040.

With AM, world trade in goods in scenario I will be 18% lower in 2060 than without 3D printing. In scenario II, world trade would be 38% lower in 2040, but for this to happen, mass production with 3D printers has to be economically viable in multiple industries, at least those noted above).

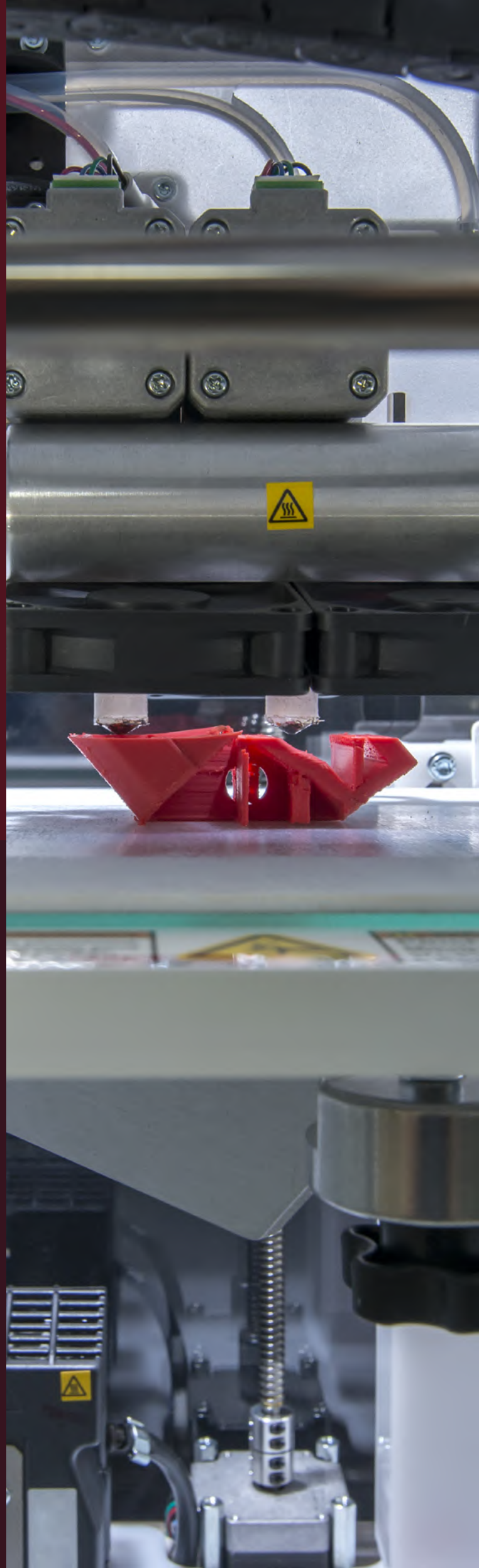
As for trade in services, this will also be significantly affected. Some services such as port services, trade finance services and transportation (which are closely related to trade in manufactured goods), the drop would be 6%. However, services related to the 3D printing industry would in turn see an increase of 2.5%, which would mitigate the drop to a real 3.5% of total world trade in services.

Junto con la disminución del 18% en el comercio mundial de bienes, más la disminución del comercio de servicios, se llega a la conclusión de que en el escenario I el comercio mundial en 2060 sería un 21.5% menor que en el escenario de referencia. Sin embargo, en el escenario II este el comercio mundial podría ser afectado en un 41.5% para 2040. La pandemia del Covid-19 ha replanteado el uso de la MA y es probable que en 2021 se acelere la inversión en impresoras 3D según expertos que ven un crecimiento en términos de inversiones impulsadas por muchas áreas nuevas y marginales de la fabricación como la industria espacial, que está alcanzando su desarrollo (*SpaceX*, *Boeing*, *Blue Origin*, *Virgin*, entre otras).

Recientemente y debido al cambio climático y el efecto invernadero, los vehículos eléctricos están recibiendo aceptación generalizada, y la I&D en el sector está fomentando el empleo de MA para muchas de sus partes, desde trenes motrices, hasta todo tipo de autopartes. Por su parte, la industria de la construcción está adoptando MA a un ritmo cada vez más acelerado. Incluso la golpeada (por la pandemia) industria aeroespacial está invirtiendo en MA como un medio para optimizar la producción y reducir sus costos. Otras industrias, como la petroquímica, y el sector energético en general, continúan invirtiendo en MA para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 de la ONU, sobre medio ambiente y sostenibilidad. Incluso al lidiar con los desafíos inmediatos que presenta la pandemia, muchas empresas de MA continuaron afinando sus procesos, materiales, software y aplicaciones para una producción más sostenible. Esta tendencia seguirá creciendo en los próximos años.⁴

Together with the 18% decrease in world trade in goods, plus the decrease in trade in services, it is concluded that in scenario I world trade in 2060 would be 21.5% lower than in the baseline scenario. However, in scenario II, world trade could be affected by 41.5% by 2040. The Covid-19 pandemic has rethought the use of AM and it is likely that in 2021 investment in 3D printers will accelerate according to experts who see growth in terms of investments driven by many new and marginal areas of manufacturing such as the space industry, which is reaching its development (*SpaceX*, *Boeing*, *Blue Origin*, *Virgin*, among others).

Recently, due to climate change and the greenhouse effect, electric vehicles are gaining widespread acceptance, and R&D in the sector is encouraging the use of AM for many of their parts, from powertrains to all types of auto parts. The construction industry, meanwhile, is adopting AM at an ever-accelerating pace. Even the pandemic-stricken aerospace industry is investing in AM as a means to optimize production and reduce costs. Other industries, such as petrochemicals, and the energy sector in general, continue to invest in AM to meet the UN's 2030 Sustainable Development Goals on environment and sustainability. Even as they grappled with the immediate challenges presented by the pandemic, many AM companies continued to fine-tune their processes, materials, software, and applications for more sustainable production. This trend will continue to grow in the coming years.⁴



Países más afectados por la Manufactura Aditiva

Como mencionamos los sectores más involucrados en la MA son el automotriz, aeroespacial, eléctrico y el de equipo médico, por consiguiente, los países exportadores de estos se verán afectados por la ampliación de la industria de la manufactura aditiva.

Los 10 principales fabricantes de automóviles fueron para 2019⁵: China, EE.UU., Japón, India, Alemania, México, Corea del Sur, Brasil, España y Francia. Con la popularización de la MA, la manufactura de muchos de sus componentes será local y dejará de importarse de otros países.

Los principales países exportadores de automóviles como China, EE.UU., Alemania, Japón y Países Bajos se verán afectadas en los flujos comerciales a los principales destinos como EE.UU., Alemania, China, Reino Unido, Canadá, Francia, entre otros⁶.



La reestructuración de las cadenas de suministro será más significativa para los principales países exportadores de autopartes. Para 2017 los principales países exportadores de autopartes fueron Alemania, Japón, EE.UU., México y Corea. Con la intensificación de la MA, las armadoras podrían relocalizar sus proveedorías de autopartes a su lugar de origen lo que afectaría a países que basan su producción en la mano de obra con salarios bajos, como Brasil, India y México, que son países con un menor grado de desarrollo de tecnologías sobre Manufactura Aditiva. Es decir, serán los grandes perdedores si no hacen hoy algo para integrarse mejor a las futuras cadenas de suministro. El sector automotriz es solo un ejemplo, pues para los otros sectores, sucederá lo mismo en los próximos años.

Most affected countries by Additive Manufacturing

As we mentioned, the sectors most involved in MA are automotive, aerospace, electrical and medical equipment, therefore, the exporting countries of these will be affected by the expansion of the additive manufacturing industry.

The top 10 automotive manufacturers were for 2019⁵: China, USA, Japan, India, Germany, Mexico, South Korea, Brazil, Spain and France. With the popularization of AM, the manufacturing of many of its components will be local and will no longer be imported from other countries.

Major automotive exporting countries such as China, USA, Germany, Japan and the Netherlands will be affected in trade flows to major destinations such as USA, Germany, China, UK, Canada, France, among others.⁶

The restructuring of supply chains will be more significant for the main auto parts exporting countries. For 2017, the main auto parts exporting countries were Germany, Japan, USA, Mexico and Korea. With the intensification of the AM, automakers could relocate their auto parts suppliers to their place of origin, which would affect countries that base their production on low-wage labor, such as Brazil, India and Mexico, which are countries with a lower degree of development of Additive Manufacturing technologies. In other words, they will be the big losers if they do not do something today to better integrate into future supply chains. The automotive sector is just one example, as the same thing will happen in the coming years for the other sectors.

Consideraciones finales:

1. Al resumir el efecto sobre el comercio de bienes en sí y el comercio de servicios relacionado con el comercio de bienes, se llega a la conclusión de que el 22.5% del comercio mundial desaparecerá cuando la impresión 3D produzca la mitad de la fabricación en 2060 (o el 41.5% en 2040 en el escenario II).
2. Las prácticas de manufactura aditiva están generando cadenas de valor elásticas, derivado de procesos de manufactura más cercanos al consumidor final, bajo modelos de relocalización en el diseño y fabricación de productos.
3. Como consecuencia del acercamiento de la manufactura a los consumidores, habrá menores requerimientos de transporte de productos finales, modificando los flujos de comercio mundial y los costos logísticos relacionados con el movimiento físico de mercancías. Por consiguiente, tendrá un efecto directo en la reconfiguración de las cadenas de suministro globales.
4. Nuevos modelos de negocios están apareciendo en torno al avance y aplicación de las nuevas tecnologías como el Internet de las cosas (*Internet of Things - IoT*), Inteligencia Artificial, *Big Data*, *Cloud computing*, programas modernos de diseño y de simulación de procesos, impresión 3D, seguridad, la nano y biotecnología o la computación cuántica, entre otras que tendrán una mayor proliferación con repercusiones profundas para empresas de bienes de consumo y de servicios.
5. La reducción de los costos de los equipos de impresoras personales 3D, generados en los últimos años, reduce las barreras de entrada a nuevos competidores para diferentes segmentos de mercado y no solo en los tradicionales.
6. La MA permitirá trabajar bajo pedido, sin desarrollar altos volúmenes de inventarios, lo que incidiría en una cadena de suministro Just in Time más eficiente con reducciones importantes en los costos de inventarios y transporte.
7. La Manufactura Aditiva privilegia el aprovechamiento total de los materiales utilizados sin desperdicios, versus los rechazos derivados en la deficiencia de productos que generan las técnicas tradicionales, con incidencia directa en ahorros en los costos de producción.
8. El aprovechamiento total de los materiales (sin desperdicios) utilizados puede generar la formación de una economía sustentable basada en la recuperación de recursos materiales, energéticos y laborales. El aprovechamiento total de los materiales utilizados puede generar la formación de una economía sustentable basada en la recuperación de recursos materiales, energéticos y laborales, cuidando el medio ambiente y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030.

Final comments:

1. Summarizing the effect on trade in goods itself and trade in services related to trade in goods, it is concluded that 22.5% of world trade will disappear when 3D printing produces half of all manufacturing in 2060 (or 41.5% in 2040 in scenario II).
2. Additive manufacturing practices are generating elastic value chains, derived from manufacturing processes closer to the final consumer, under relocation models in product design and manufacturing.
3. As a consequence of bringing manufacturing closer to consumers, there will be lower transportation requirements for final products, modifying world trade flows and logistics costs related to the physical movement of goods. Consequently, it will have a direct effect on the reconfiguration of global supply chains.
4. New business models are emerging around the advancement and application of new technologies such as the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence, Big Data, Cloud computing, modern design and process simulation software, 3D printing, security, nano and biotechnology or quantum computing, among others that will have a greater proliferation with profound repercussions for consumer goods and services companies.
5. The reduction in the cost of personal 3D printer equipment, generated in recent years, reduces the barriers to entry for new competitors in different market segments and not only in the traditional ones.
6. The MA will allow working on demand, without developing high volumes of inventories, which would have an impact on a more efficient Just in Time supply chain with significant reductions in inventory and transportation costs.
7. Additive Manufacturing favors the total use of the materials used without waste, versus the rejects derived from the deficiency of products generated by traditional techniques, with direct impact on savings in production costs.
8. The total utilization of the materials (without waste) used can generate the formation of a sustainable economy based on the recovery of material, energy and labor resources. The total utilization of the materials used can generate the formation of a sustainable economy based on the recovery of material, energy and labor resources, taking care of the environment and the Sustainable Development Goals (SDGs) of the 2030 Agenda.



9. Los países en desarrollo manufactureros como México deben desarrollar ecosistemas de MA para no verse afectados cuando las empresas matrices decidan relocalizar la producción a los centros de consumo, que generalmente son los países industrializados como EE.UU., Unión Europa, Japón y China quienes van a la vanguardia en I&D en manufactura aditiva.

10. Algunos países como México a través de sus universidades y centros de desarrollo tecnológico están invirtiendo en laboratorios de investigación como el Laboratorio Nacional de Manufactura Aditiva, Digitalización 3D y Tomografía Computarizada (MADiT) de la UNAM, donde se generan proyectos basados en tecnologías FDM, Polyjet, SLS, DLP, SLA, Digitalización 3D y tomografía computarizada por Rayos X (Economía, 2016). Sobre todo, que estén vinculados con el sector empresarial para divulgar los estudios científicos que se lleven a cabo en las industrias. Con el fin de desarrollar nuevas empresas y habilidades especializados como arquitectos, diseñadores industriales, programadores de sistemas y software, investigadores, instructores en tecnologías de impresión 3D, abogados, especialistas en procesos logísticos, entre otros.

9. Developing manufacturing countries such as Mexico should develop AM ecosystems to avoid being affected when parent companies decide to relocate production to consumption centers, which are generally industrialized countries such as the USA, the European Union, Japan and China, who are at the forefront of R&D in additive manufacturing.

10. Countries such as Mexico through its universities and technological development centers are investing in research laboratories such as the National Laboratory of Additive Manufacturing, 3D Scanning and Computed Tomography (MADiT) of the UNAM, where projects based on FDM, Polyjet, SLS, DLP, SLA, 3D Scanning and X-Ray computed tomography technologies are generated (Economy, 2016). Above all, that are linked to the business sector to disseminate scientific studies carried out in industries. In order to develop new businesses and specialized skills such as architects, industrial designers, systems and software programmers, researchers, instructors in 3D printing technologies, lawyers, specialists in logistics processes, among others.

Fuentes

1. *Internationale Nederlanden Groep (ING)* (2016). 3D printing: a threat to global trade. Locally printed goods could cut trade by 40%. En línea. Disponible en <<https://www.ingwb.com/insights/research/3d-printing-a-threat-to-global-trade>> Consultado el 20-enero-2021.
2. Manuel Zahera. (2012) "La fabricación aditiva, tecnología avanzada para el diseño y desarrollo de productos". XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia, Fundación Cotec.
3. 3D Natives. ¿Cuáles han sido las tendencias de la impresión 3D en 2020? En línea. Disponible en. <<https://www.3dnatives.com/es/tendencias-de-impresion-3d-2020-101220202/>> Consultado el 28-enero-2021.
4. 3dpbm. AM Trends. Looking back on 2020, and forward to 2021. En línea. Disponible en: <<https://www.3dprintingmedia.network/am-trends-2020-focus-ebook/#12>> Consultado el 28-enero-2021.
5. Expansión/Datos macro.com. Producción de vehículos 2019. En línea. Disponible en: <<https://datosmacro.expansion.com/negocios/produccion-vehiculos?anio=2019>>. Consultado el 28-enero-2021.
6. TradeMap 2019. Principales importadores de automóviles 2019. En línea. Disponible en: www.trademap.org. Consultado el 28-enero-2021.



Sources

1. *Internationale Nederlanden Groep (ING)* (2016). 3D printing: a threat to global trade. Locally printed goods could cut trade by 40%. En línea. Disponible en: <<https://www.ingwb.com/insights/research/3d-printing-a-threat-to-global-trade>> Consulted on January 20, 2021.
2. Manuel Zahera. (2012) "Additive manufacturing, advanced technology for product design and development". XVI International Congress on Project Engineering Valencia, Cotec Foundation.
3. 3D Natives. What have been the trends in 3D printing in 2020? Online. Available at: < <https://www.3dnatives.com/es/tendencias-de-impresion-3d-2020-101220202/>> Consulted on January 28, 2021.
4. 3dpbm. AM Trends. Looking back on 2020, and forward to 2021. En línea. Disponible en <<https://www.3dprintingmedia.network/am-trends-2020-focus-ebook/#12>> Consulted on January 28, 2021.
5. Expansión/Datos macro.com. Vehicle production 2019. Online. Available at <<https://datosmacro.expansion.com/negocios/produccion-vehiculos?anio=2019>>. Consulted on January 28, 2021.
6. TradeMap 2019. Top automotive importers 2019. Online. Available at www.trademap.org. Consulted on January 28, 2021.