

# Aplicaciones de la Topología en la Impresión 3D

Minnaard, Claudia\*; Hermann, Nicolás; Torres, Zulma

*\*Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación (IIT&E)  
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora  
Camino de Cintura y Juan XXIII, Llavallol, Buenos Aires, Argentina.  
minnaardclaudia@gmail.com*

## RESUMEN

La nueva educación en Industria 4.0 requiere de tres características: “(1) Programación científica como el nuevo lenguaje de comunicación entre los ingenieros y entre los ingenieros y las máquinas; (2) Desarrollo empresarial con enfoque en la innovación que facilitará la revolución de las tecnologías sobre la evolución de las tecnologías; y (3) Aprendizaje analítico porque el conocimiento de lo intangible como las señales digitales serán de obligatorio entendimiento en todas las disciplinas” [1]

Asimismo, Rojas et al afirman que “La interdisciplinariedad de los programas de ingeniería será una imposición. La flexibilidad del aprendizaje de la ingeniería será del dominio de los estudiantes por tanto habrá que facilitarla. La evolución de las tecnologías estará latente en los escenarios de enseñanza y de experimentación y la revolución de las tecnologías será obra de los nuevos Ingenieros 4.0”.

Es en esta línea que se evidencia la necesidad de incorporar la impresión 3D en la enseñanza de la ingeniería interrelacionando con la Topología, a fin de indagar en las fundamentaciones de los procesos que se realizan.

**Palabras Claves:** Topología, Impresión 3D, Innovación, Enseñanza.

## ABSTRACT

The new education in Industry 4.0 requires three characteristics: “(1) Scientific programming as the new communication language between engineers and between engineers and machines; (2) Business development with a focus on innovation that will facilitate the revolution of technologies on the evolution of technologies; and (3) Analytical learning because knowledge of the intangible as digital signals will be mandatory in all disciplines”[1]

Also, Rojas et al affirm that “The interdisciplinarity of engineering programs will be an imposition. The flexibility of engineering learning will be the domain of the students so it must be facilitated. The evolution of technologies will be latent in the teaching and experimentation scenarios and the technology revolution will be the work of the new 4.0 Engineers. ”

It is in this line that the need to incorporate 3D printing in the teaching of engineering interrelated with the Topology is evidenced, in order to investigate the foundations of the processes that are carried out.

## 1. INTRODUCCIÓN

El inicio de la impresión 3D se remonta a 1976, cuando se inventó la impresora de inyección de tinta. En 1984, algunas adaptaciones y avances sobre el concepto de la inyección de tinta transformaron la tecnología de impresión con tinta a impresión con materiales. A lo largo de las últimas décadas, ha habido una gran variedad de aplicaciones de la tecnología de impresión 3D que se han desarrollado a través de varias industrias. [2-6]

Las impresoras 3D funcionan como las impresoras de chorro de tinta, a diferencia de estas depositan el material deseado en capas sucesivas para crear un objeto procedente de un formato digital. La impresión 3D, o manufactura aditiva, es un grupo de tecnologías de fabricación que, partiendo de un modelo digital, permiten manipular de manera automática distintos materiales y agregarlos capa a capa de forma muy precisa para construir un objeto en tres dimensiones.

Los tipos de impresión disponibles actualmente son de compactación, con una masa de polvo que se compacta por estratos, y de adición, o de inyección de polímeros, en las que el propio material se añade por capas. En la Tabla 1 se describen algunos de los materiales utilizados en impresión 3D.

Tabla 1 *Principales Materiales de Impresión 3D* (Fuente: Econolyst ; citado en *La impresión 3D* ,PP.65 – ED. Gustavo Gilli 2016)[7]

<b>Materiales orgánicos</b>	<b>Cerámicas</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Metales</b>
Ceras	Alumina	ABS (acrilato butadieno estireno)	Aluminio
Tegidos/Celulas	Mulita	PLA (acido polilactico)	Cobre
	Circonio	PET (polietereftarato de etileno)	Titanio
	Carburo de silicio	Poliamida (nylon)	Inconel
	Beta-fosfato tricalcico	Poliamida reforzada	Cromo-Cobalto
	Resinas epoxi con partículas de carga en cerámica (nano)	PEEK (polietercetona)	Resinas epoxy termoestables
	Sílice (arena)	PMMA (polimetacrilato de metilo)	Acero inoxidable
	Yeso	PC (policarbonato)	Oro/Platino
	Grafito	PPSU o PPSF (polifenilsulfona)	Hasteloy
		Ultem	
		Alumide	

Berchon y Luyt (2016) afirman que “la industria tradicional transforma la materia empleando para ello energía e información. La fábrica centralizada y y las grandes empresas capaces de producir en cadena automóviles, aviones, bienes de consumo, robots de cocina, aparatos electrónicos e inclusive ordenadores son sus principales exponentes. La nueva industria en ciernes se inspira en un proceso habitual en Internet y en las redes sociales la transformación de la información, que condujo de la explosión de la Web 2.0 y a la producción de contenidos por parte de los usuarios. Sirviéndose de la información y de la energía, esta nueva ola de producción industrial esculpe la materia para fabricar multitud de objetos diversos y personalizados.” [7]

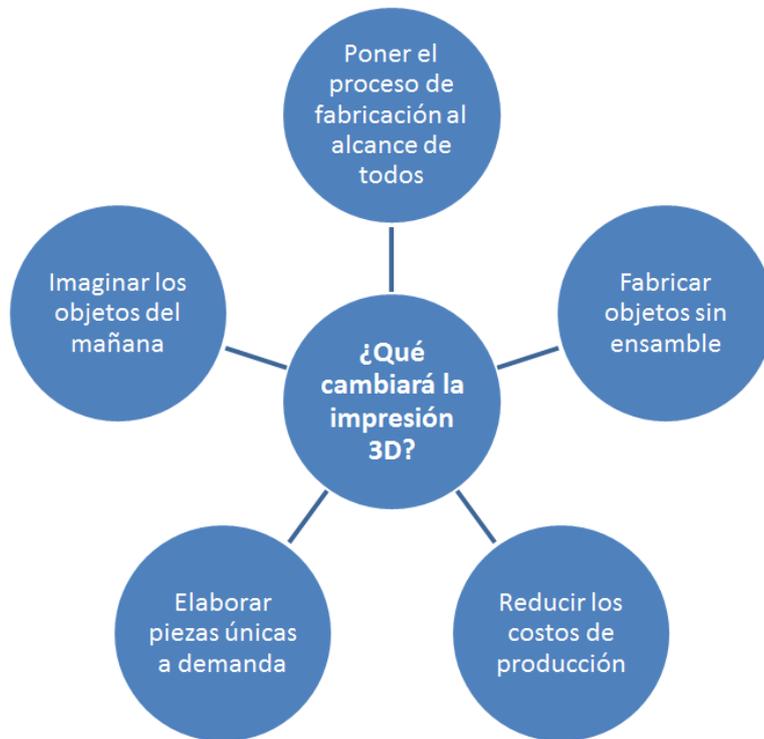


Figura 1: *¿Qué cambiará la impresión 3D?* Adaptado de Berchon y Luyt (2016).

Por otra parte, la topología es probablemente la más joven de las ramas clásicas de la matemática. En contraste con el álgebra, la geometría y la teoría de los números, cuyas genealogías datan de tiempos antiguos, la topología aparece en el siglo diecisiete, con el nombre de analysis situs, esto es, análisis de la posición.

De manera informal, la topología se ocupa de aquellas propiedades de las figuras que permanecen invariantes, cuando dichas figuras son plegadas, dilatadas, contraídas o deformadas, de modo que no aparezcan nuevos puntos, o se hagan coincidir puntos diferentes. La transformación permitida presupone, en otras palabras, que hay una correspondencia biunívoca entre los puntos de la figura original y los de la transformada, y que la deformación hace corresponder puntos próximos a puntos próximos. Esta última propiedad se llama continuidad, y lo que se requiere es que la transformación y su inversa sean ambas continuas: así, trabajamos con homeomorfismos.

El topólogo considera los mismos objetos que el geómetra, pero de modo distinto: no se fija en las distancias o los ángulos, ni siquiera de la alineación de los puntos. Para el topólogo un círculo es equivalente a una elipse; una bola no se distingue de un cubo: se dice que la bola y el cubo son objetos topológicamente equivalentes, porque se pasa de uno al otro mediante una transformación continua y reversible. [8]

Luego de esta muy breve aproximación a la topología, cabe destacar su aplicación en el Laboratorio de manufactura flexible – CIM. El sistema de manufactura flexible permite realizar prácticas de producción industrial en un laboratorio asistido por computadoras y robots, con un software que se adapta a diferentes procesos productivos.

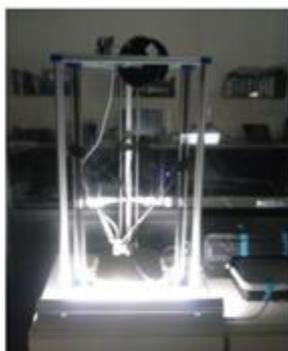
En el año 1998 comienza a funcionar el Laboratorio de manufactura flexible (CIM) de la facultad de Ingeniería, destinado desde sus comienzos a la capacitación de los alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial.

Dentro de las actividades del Laboratorio de manufactura flexible (CIM) se ha incorporado recientemente la impresión 3D. La topología, la impresión 3D y otras soluciones emergentes están cambiando nuestras expectativas sobre el diseño de productos. El uso de estudio de topología en conjunto con la fabricación aditiva permite rediseñar una pieza existente para reducir el peso y

mejorar el rendimiento (mejor relación resistencia-peso) de las piezas, así como reducir el número de piezas combinando muchos elementos conectados a una sola pieza.

En el año 2016 ha sido creada la Unidad Experimental de Activos Estratégicos con el objetivo de brindar asistencia y soporte científico-tecnológico a los laboratorios y actividades académicas, de investigación y de vinculación tecnológica de nuestra Facultad. Tanto el Laboratorio de Manufacturas Flexibles CIM como la Unidad Experimental de Activos Estratégicos y el Laboratorio de Prototipado forman parte del Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación (IIT&E) – Centro Asociado CIC. En este marco, desde hace un año, un equipo de trabajo multidisciplinario está desarrollando equipamiento didáctico para laboratorios haciendo uso intensivo de las tecnologías de impresión 3D en materiales plásticos y recientemente en impresión 3D láser de metales.

El abordaje multidisciplinario del tema ha permitido desarrollar capacidades en la caracterización de los materiales (mediante acuerdos en marcha con el INTI, UBA, UNDAV y CNEA), capacidades en el diseño y construcción propia de equipos de impresión 3D (robots delta para PLA y ABS), el diseño y manufactura de piezas complejas (prototipos y aplicaciones industriales), e investigaciones en marcha para el estudio de la funcionalidad y aplicabilidad de piezas industriales y piezas hi-tech en manufacturas de alta exigencia para los sectores de tecnología médica, aeroespacial y nuclear.



*Impresora 3D en funcionamiento imprimiendo piezas de prototipos con PLA. El Robot delta fue diseñado y construido por el Ing. Alejandro Simoncelli – Laboratorio de Prototipos FIUNLZ (Donación de IITE Centro Asociado CIC FIUNLZ). Foto: Gentileza Agencia Quantum de Noticias.-*

Figura 2: Impresora 3D propia de la FIUNLZ. Fuente: Boletín Comunicando TIC – Julio 2017 – pp. 8

## 2. DESARROLLO

El enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) apunta a una enseñanza transdisciplinar en la cual el estudiante aprenderá los conocimientos de una forma integrada, conectando conceptos de diferentes disciplinas y lograría la comprensión de un concepto más rico y de mayor alcance, que si lo aprendiera del modo habitual dentro de los límites de cada campo disciplinar. Además le permitiría al estudiante construir conexiones entre conceptos de distintas disciplinas. Asimismo, el estudiante desarrollaría competencias para combinar prácticas de dos o más disciplinas para resolver un problema o un proyecto, obteniendo el conocimiento desde distintas miradas que puede dar lugar a las innovaciones. Si agregamos Arte a las 4 disciplinas anteriores en enfoque se denomina STEAM. [9]

Diversos autores consideran que la implementación de estas metodologías de enseñanza presentan beneficios en relación al impacto en la participación y el compromiso de los estudiantes, la efectividad de secuencia de aprendizaje implementada, y las oportunidades para un mayor aprendizaje. [10]

Teniendo en cuenta este enfoque de enseñanza, se orienta a la enseñanza de la impresión 3D, también conocida como manufactura por adición desde los aportes que puede brindar la Topología. Cuando está relacionado con actividades propias de la ingeniería, implica el uso del proceso de diseño de ingeniería (Figura 3) como medios pedagógicos para desarrollar el aprendizaje sobre tecnologías a través de la integración y la aplicación de Matemáticas y / o Ciencias. La integración de contenido implica enfocando intencionalmente contenido de ingeniería y disciplinario como objetivos de aprendizaje.[10]

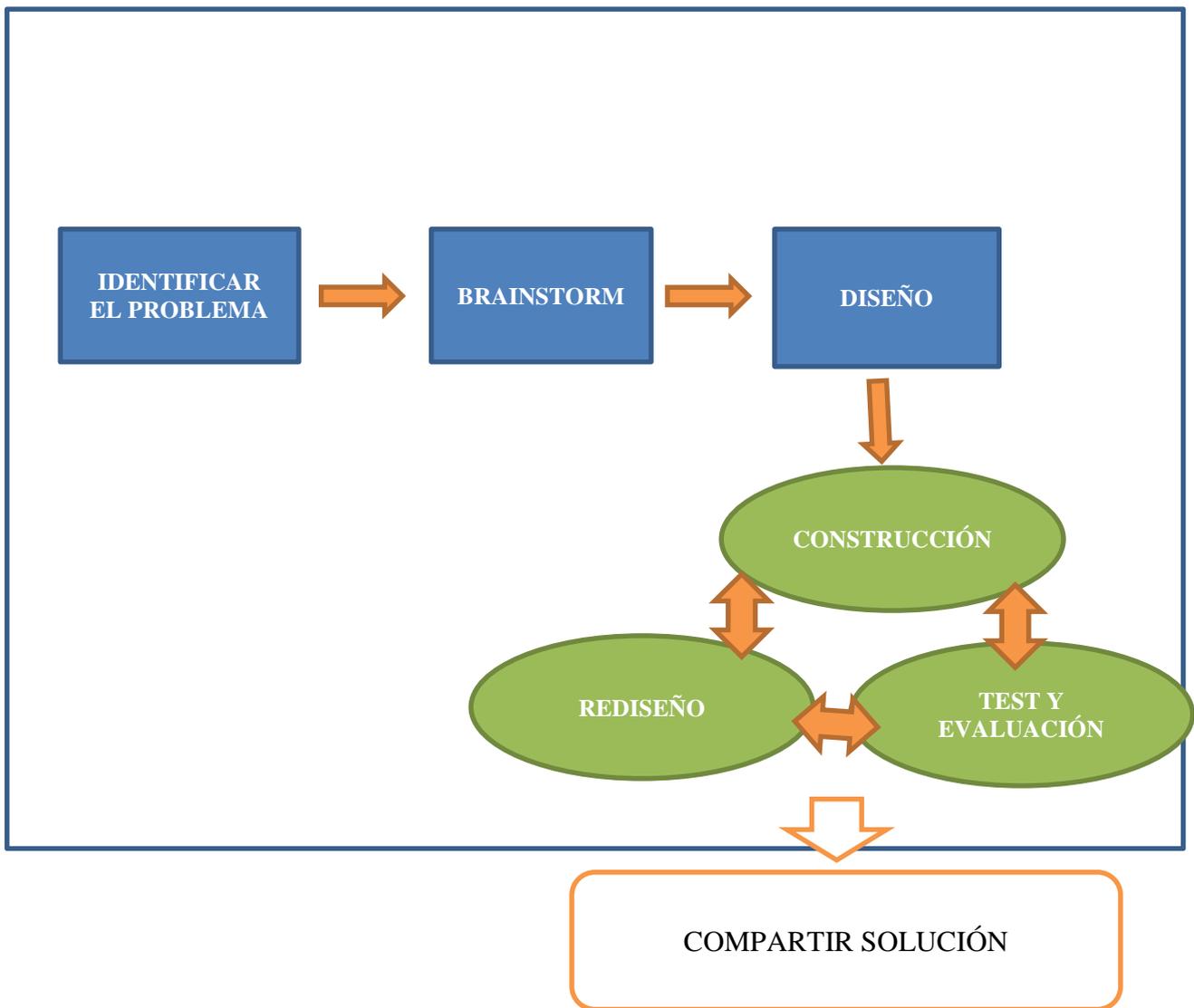


Figura 3: *Proceso de diseño de ingeniería. Adaptado de Ward, L., Lyden, S., Fitzallen, N. & Panton, L. (2018)*

La impresión 3D es un proceso por el cual se crean objetos físicos colocando un material por capas en base a un modelo digital. Todos los procesos de impresión 3D requieren que el software, el hardware y los materiales trabajen en conjunto. (Figura 4 y Figura 5)

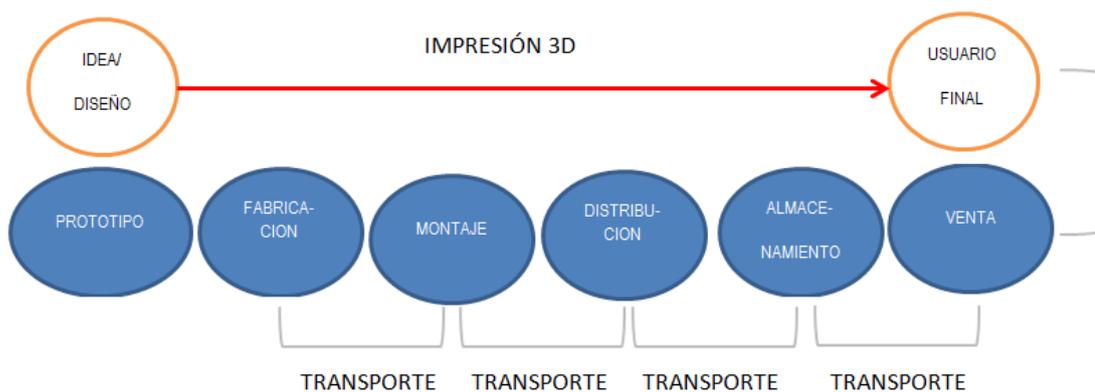


Figura 4: *Proceso en Impresión 3D. Fuente: Berchon y Luyt (2016).*



Figura 5: Proceso en Impresión 3D. Fuente: Berchon y Luyt (2016).

Desde este enfoque el proceso de diseño de un producto seguiría los siguientes pasos

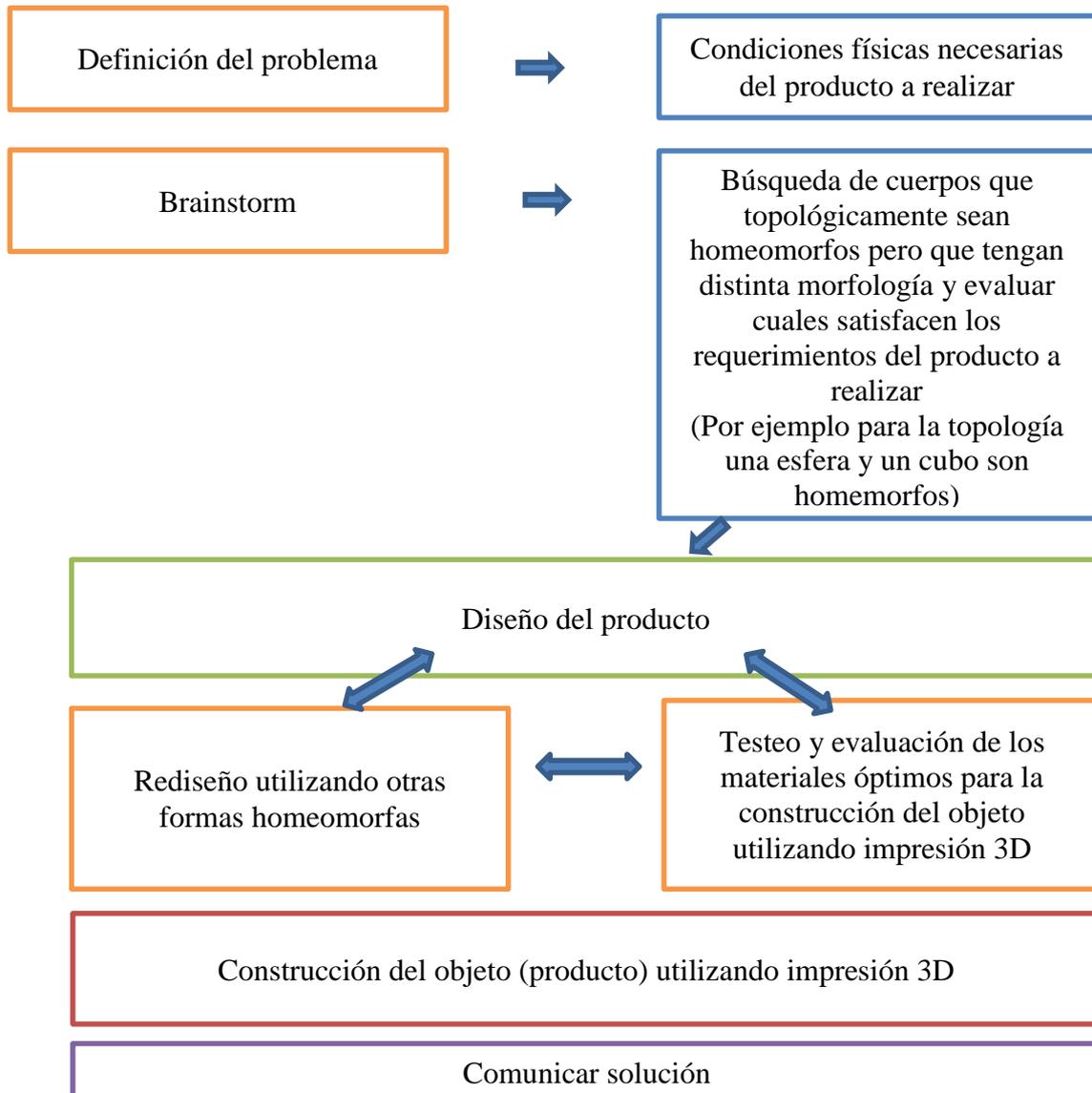


Figura 6: Proceso para el diseño de un objeto (producto) utilizando impresión 3D a través de formas homeomorfas

Siguiendo este esquema propuesto en la Figura 6 se están diseñando objetos de aprendizaje para ser utilizados en la enseñanza de la ingeniería.

### 3. CONCLUSIONES.

Dado que el proyecto de investigación en el que se desarrolla el presente trabajo tiene una duración de dos años, habiendo transcurrido solamente 6 meses, los resultados obtenidos son muy preliminares.

### 4. REFERENCIAS.

- [1] Rojas, C., & Humberto, J. (2017). La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en Latinoamérica y el Caribe. Universidad Antonio Nariño, Colombia
- [2] García Domínguez, A., Claver Gil, J., & Sebastián Pérez, M. Á. (2017). Aproximación metodológica a la optimización multiobjetivo de piezas obtenidas por impresión 3D
- [3] García-Domínguez, A. (2015). Metodología para la optimización del diseño de piezas para la fabricación con impresión 3D. Tesina Fin de Máster, Máster Universitario en Ingeniería Avanzada de Fabricación. Madrid: ETS de Ingenieros Industriales, UNED.
- [4] García-Domínguez, A., Camacho, A. M., Claver, J., & Sebastián, M. A. (2016). Valoración de la incorporación de experiencias aplicativas de impresión 3D en la docencia de materias vinculadas a distintos escenarios productivos. Proc. XXIV CUIEET.
- [5] García-Domínguez, A., Claver, J., & Sebastián, M. A. (2017). Methodology for the optimization of work pieces for additive manufacturing by 3D printing. Procedia Manufacturing, 13, 910-915.
- [6] García-Domínguez, A., Claver, J., & Sebastián, M. A. (2017). Study for the selection of design software for 3D printing topological optimization. Procedia Manufacturing, 13, 903-909.
- [7] Berchon, M. & Luyt, B.(2016) La impresión 3D. Editorial Gustavo Gilli, Mexico
- [8] Matcho, M. (2002) ¿Qué es la Topología?, Sigma N°20
- [9] Rizzo, K.(2018). Educación STEAM: desafíos y oportunidades. Iberoamérica divulga. OEI. En <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Educacion-STEAM-desafios-y-oportunidades>
- [10] Ward, L., Lyden, S., Fitzallen, N. & Panton, L. (2018). Exploring a STEM education pedagogy: Teachers' perceptions of the benefits of an extended integrative STEM learning program. In Integrated Education for the Real World. Proceedings of the 5th International STEM in Education Conference (pp. 416-423), Brisbane, November 21-13, 2018.