

Innovación en la Enseñanza de la Ingeniería

La Topología como soporte matemático a la impresión 3D

Minnaard,C.¹, Masssaro, F.¹,Hermann,N.¹, Torres,Z.¹

¹Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación. Facultad de Ingeniería.

Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Ruta 4 y Camino de Cintura. 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” (Rojas et al, 2017). 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,

Palabras clave. Enseñanza de la ingeniería, Topología, Impresión 3D.

I. INTRODUCCION

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, trabajarnos 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. (Matcho Stadler, 2002)

Por otra parte, la impresión 3D, también conocida como manufactura por adición, 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.

La tecnología de impresión 3D puede utilizarse para crear todo tipo de cosas, desde prototipos y piezas simples hasta productos finales altamente técnicos, como piezas para aeronaves, edificios ecológicos, implantes médicos que pueden salvar vidas e incluso órganos artificiales que se producen con capas de células humanas.



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

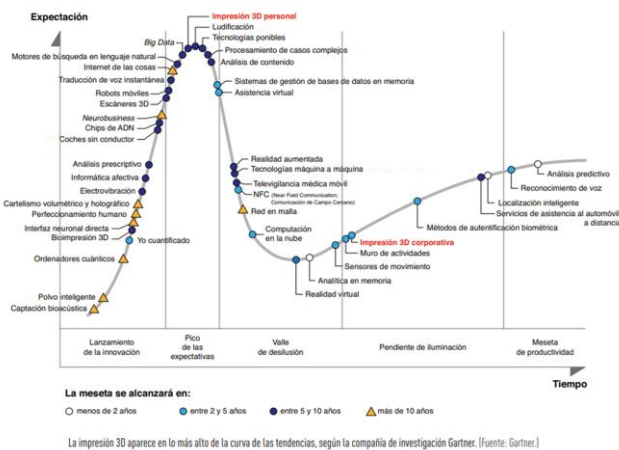


Figura 2: Expectativas con respecto a la impresión 3D. Berchon y Luyt (2016)

Berchon y Luyt (2016) afirman que “la industria tradicional transforma la materia empleando para ello energía e información. La fábrica centralizada 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.”

¿Cuándo aparece la impresión 3D? Diversos autores (García Domínguez (2015), García Domínguez (2016), García Domínguez (2017)) consideran que 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.

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.

II. 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. (Rizzo, 2018)

Numerosos autores consideran que la implementación de estas metodologías de enseñanza presenta 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. Ward, L., Lyden, S., Fitzallen, N. & Pantou, L. , (2018).

Son características de este tipo de enfoque en la enseñanza: (Delgado, P., 2019)

- *Incluir trabajo en equipo: debido a que la educación STEM se enfoca en resolver problemas, una gran manera de incluirla en el aula es por medio del trabajo en equipo.*
- *Incorporar aprendizaje práctico: las clases que involucren cualquiera de las áreas STEM deben incluir investigación y exploración.*
- *Hacer el contenido relevante.*
- *Convertir errores en momentos positivos de aprendizaje.*
- *Ser creativo.*
- *No tener miedo de agregar la “A” de arte a STEM y convertirla en STEAM.*

En esta misma línea Felder y Brent (2016) sugieren que las clases dentro de esta metodología deben enfocarse en:

- *Contenidos determinados por los objetivos de aprendizaje*
- *Método Inductivo. El profesor presenta un problema, y luego la clase alterna entre la presentación del profesor y actividades de los estudiantes que abordan tal problema.*

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

- *Aprendizaje activo. La actividad durante todos los cursos es compartida entre el profesor y los estudiantes (discusión, explicación, puesta en común, cuestionamiento, reflexión, uso de computadoras)*
- *Las tareas y exámenes en todas las clases comprenden problemas convergentes, problemas divergentes (composición abierta), resolución de problemas, explicación de conceptos complejos, formulación de problemas.*
- *Evaluación del docente basado en la calificación del estudiante, evaluación de los pares, autoevaluación, y evaluación de lo que aprenden los estudiantes.*
- *Cursos desarrollados utilizando segmentos cortos de videoconferencias (no ponencias completas), tutoriales multimedia interactivos y otras estructuras basadas en la tecnología, incluyendo los cursos en línea masivos y abiertos (MOOC).*

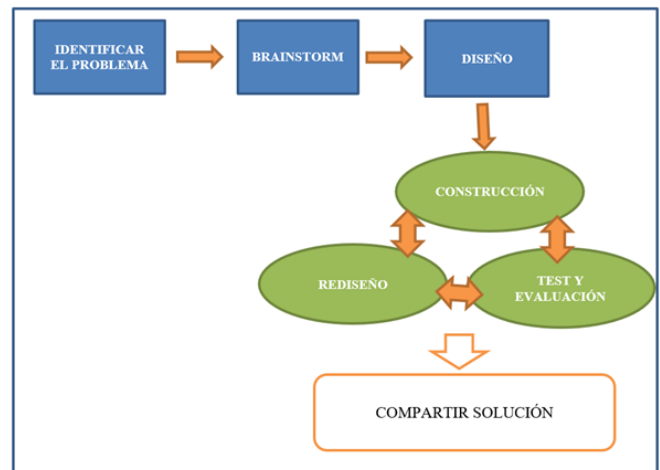


Figura 3: Proceso de diseño de ingeniería. Adaptado de Ward, L., Lyden, S., Fitzallen, N. & Panton, L. (2018)

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.

Las fases del proceso de diseño en ingeniería son:

- Identificar el problema
- Brainstorm
- Diseño
- Construcción
- Rediseño
- Test y evaluación.
- Compartir la solución

Estas 3 últimas fases interactúan entre si optimizando el producto a partir de la implementación de la Topología en la impresión 3D.

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.

Desde este enfoque el proceso de diseño de un producto seguiría los siguientes pasos (Figura 4)

Siguiendo este esquema propuesto en la Figura 4 se están diseñando objetos de aprendizaje para ser utilizados en la enseñanza de la ingeniería.

Recordemos para la topología: Dos espacios topológicos son homeomorfos o topológicamente equivalentes si existe una función biyectiva $f: X \rightarrow Y$ tal que f y f^{-1} sean continuas. La función f se llama homeomorfismo.

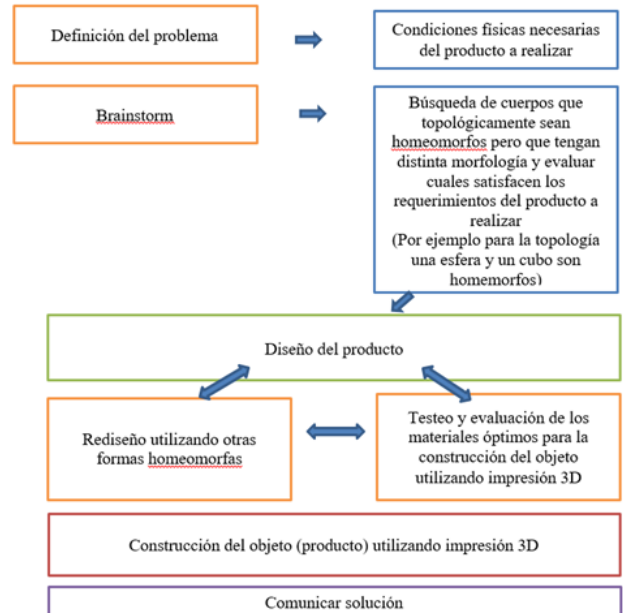


Figura 4: Proceso para el diseño de un objeto (producto) utilizando impresión 3D a través de formas homeomorfas

Por ejemplo, en Topología una circunferencia y una elipse son iguales (se dice que son homeomorfos) y una dona y una taza de café también. (Se sugiere ver https://gaussianos.com/wp-content/themes/fourier/suma_conexa/donut-taza.gif)

Es decir, toda superficie compacta que se nos ocurra puede deformarse (sin romperla) hasta convertirla en una esfera, en una superficie tipo toro con un cierto número de agujeros o en una superficie obtenida de realizar la suma conexa de un cierto número de planos proyectivos. (Figura 5)

Este tipo de resultados es muy importante ya que nos dice la forma exacta de los elementos que podemos encontrarlos.

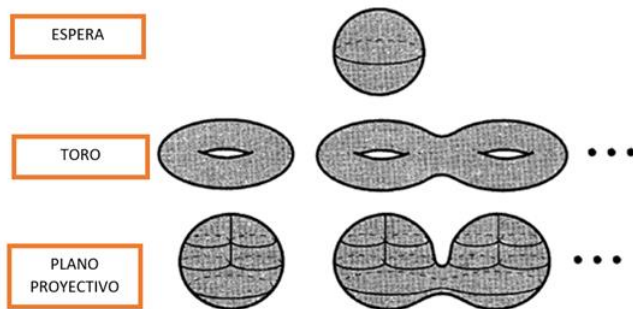


Figura 5: Clasificación de las superficies compactas. Adaptado de Rodríguez Abellán (2016)

Siguiendo los pasos enunciados en la Figura 4 y los homeomorfismos de acuerdo a la Figura 5, se están construyendo objetos de aprendizaje que consideren superficies compactas homeomorfas pero que modifiquen sus condiciones físicas (peso, volumen, resistencia).

Un párrafo aparte merece la implicación del proyecto de Topología e impresión 3D en tiempos de pandemia.

A partir del 20 de marzo de 2020, por el DNU (decreto de necesidad y urgencia) 297/2020 [13] Artículo 1 considera que “A fin de proteger la salud pública, lo que constituye una obligación inalienable del Estado nacional, se establece para todas las personas que habitan en el país o se encuentran en él en forma temporaria, la medida de “aislamiento social, preventivo y obligatorio””. Las personas sólo podrán realizar desplazamientos mínimos e indispensables para aprovisionarse de artículos de limpieza, medicamentos y alimentos. En estos casos no requerirán permisos de circulación, en todo en territorio de La Republica Argentina. Dicho decreto alude a la necesidad de aislamiento social por la pandemia del COVID 19.

Sin embargo, entre las personas que se encuentran exceptuadas del cumplimiento del “aislamiento social,

preventivo y obligatorio” y de la prohibición de circular se encuentran las que pertenecen al Personal de Salud, Fuerzas de seguridad, Fuerzas Armadas, actividad migratoria, servicio meteorológico nacional, bomberos y control de tráfico aéreo. Es en este marco que las actividades de impresión 3 D que se realizaban en el proyecto de Topología e Impresión 3 D toman otra relevancia.

Desde la Secretaría de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora se genera el trabajo en red de docentes y estudiantes a fin de realizar máscaras de protección para el personal de salud. Las máscaras constan de dos partes: una vincha y una plancha de acetato.

Las vinchas se realizan de acuerdo a los formatos que se observan en las Figuras 6 y 7.

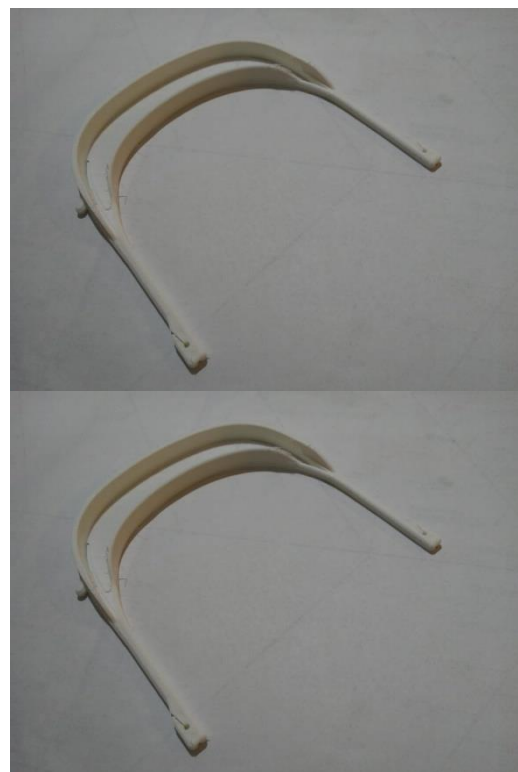


Figura 6: Vinchas realizadas con impresión 3 D para personal de salud



Figura 7: Vinchas realizadas con impresión 3 D para personal de salud

Las vinchas se realizan en ABS, PETG o PLA. Las que son blancas en PLA tardan aproximadamente una hora y media de impresión; las verdes que tienen una pequeña visera tardan 4 horas, manteniendo un flujo de avance filamento de 120 mm/seg y a una temperatura de hotend (extrusor) entre 195° y 200° y de cama entre 45° y 60°.

A la fecha se han entregado 1821 máscaras, teniendo 235 en stock. (Figura 8)



Figura 8: registro de producción y entrega máscaras de protección para el personal de salud

III. CONCLUSIONES

En el ámbito educativo, se está asistiendo a un cambio de paradigma, donde el foco está puesto en el alumno y su rol activo en el proceso de formación, y donde se produce un giro que implica transitar de la enseñanza de contenidos hacia la formación de competencias (Minnaard et al, 2019). Esto impone necesariamente que las instituciones de educación superior articulen procesos de innovación que involucren a toda la comunidad académica. Por otro lado, en el actual contexto de desarrollo e innovación tecnológica, las empresas, en particular las manufactureras, se encuentran abocadas a revisar y adecuar sus procesos a lo que se ha dado en llamar industria 4.0, circunstancia que conlleva la necesidad de requerir nuevos perfiles profesionales que cuenten con competencias no solo tecnológicas, sino fundamentalmente aquellas que les permitirán ser competitivos en un mundo donde la tecnología se renueva a una velocidad cada vez mayor.

En estos tiempos de pandemia es cuando la infraestructura científico-tecnológica (como sector de oferta de tecnología) desde las universidades debe cumplir un rol social indelegable a fin de poner todo su capital técnico e intelectual en función de las necesidades de la sociedad.

La capacidad de flexibilizar las actividades de investigación para cumplir este rol, redundará en aprendizajes y soluciones tecnológicas.

REFERENCES

- [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] Matcho, M. (2002) ¿Qué es la Topología?. Sigma N°20
- [3] Berchon, M. & Luyt, B.(2016) La impresión 3D. Editorial Gustavo Gilli, Mexico.
- [4] García Domínguez, A., Claver Gil, J., & Sebastián Pérez, M. Á. (2017). Aproximación metodológica a la optimización multiobjetivo de piezas obtenidas por impresión 3D
- [5] 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.

- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [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]Rodríguez Abellán (2016). El teorema de clasificación de superficies compactas. pp. 10. Tesis de maestría – Universidad de Murcia, España.
- [11]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.
- [12]Delgado, P. (2019) Educación STEM ¿que es y cómo sacarle provecho? Instituto Tecnológico de Monterrey. En: <https://observatorio.tec.mx/educacion-stem-que-es-y-como-sacarle-provecho>
- [13]Felder, R. & Brent, R. (2016) ¿Cómo se presentará la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática? En: http://cdn02.pucp.education/academico/2016/05/02132518/conferencia_aprendizaje_eval_stem020516.pdf
- [14]Minnaard, C. L., & Comoglio, M. (2019). Aplicaciones de la simulación en la enseñanza de la ingeniería
- [15]Aislamiento social preventivo y obligatorio. Excepciones al aislamiento y permisos de circulación. Argentina.gob.ar. En: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/335000-339999/335741/norma.htm>