

## Diseño e Impresión 3D para el Desarrollo de Proyectos en la Formación de Ingenieros Biomédicos

G. R. Peñaloza-Mendoza<sup>1\*</sup>, C. Arriaga-Leal<sup>2</sup>, I. F. Sanabria-Santiago<sup>2</sup>, A. A. Sánchez-Rodríguez<sup>2</sup>, P. Y. Melgoza-Rivera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Biomédica, Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, Pátzcuaro, Michoacán, México

<sup>2</sup>Estudiante de Ingeniería Biomédica, Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, Pátzcuaro, Michoacán, México

**Resumen**— En este trabajo se ejemplifica el uso de tecnología 3D para la creación de proyectos que inciden específicamente en la formación de los futuros ingenieros biomédicos. El objetivo específico de este trabajo es aplicar el diseño e impresión 3D en la solución de problemáticas pensadas por los estudiantes que se encuentran en los semestres intermedios a altos de su formación como ingenieros biomédicos, estos estudiantes son susceptibles a abandonar sus estudios al no encontrar interés en la carrera o por no asimilar la aplicación de las asignaturas en un contexto real.

Por lo anterior, tomando como referencia a Jean Piaget y a Seymour Papert con su teoría de que el conocimiento no se descubre, si no se construye, se diseñó una estrategia de enseñanza-aprendizaje en las que los estudiantes lleven a la práctica lo aprendido empleando las tecnologías modernas del 3D, debido a que es un amplio campo de acción para el ingeniero biomédico. Estos proyectos son aplicados a la solución de una problemática detectada por los estudiantes, lo que los relaciona con su entorno.

**Palabras clave**—Desarrollo de Proyectos, Impresión 3D, Tecnología 3D.

### I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la incorporación de la tecnología en la vida diaria es cada vez mayor, por lo cual, es necesario que los futuros ingenieros sean capaces de afrontar los nuevos retos, para esto se han introducido estrategias educativas tales como la robótica educativa o la tecnología 3D en la práctica docente, así mismo, muchos modelos educativos priorizan la implementación de la tecnología en el haber académico para promover la creatividad e innovación [1].

La creación de prototipos permite en los estudiantes la generación de conocimiento a partir de su construcción, referenciando a Jean Piaget y a Seymour Papert, “el conocimiento no se descubre, si no se construye” [1], por lo tanto, el iniciar un prototipo desde cero prevé al estudiante de competencias genéricas como agilidad mental, pensamiento crítico, resolución de problemas, trabajo en equipo, así mismo les permite la solución de problemas reales existentes en su entorno social [2].

En muchos institutos de educación, no se cuenta en ocasiones con la infraestructura necesaria para tener laboratorios que cuenten con todo el equipo o modelos necesarios para ejemplificar las situaciones planteadas en clase, por lo que, el uso de tecnologías como el modelado e

impresión 3D brindan beneficios como: resolución de los problemas utilizando piezas en 3D que pueden realizarse con impresoras 3D, estimulación de la creatividad con objetos tridimensionales, facilita la labor del docente al explicar conceptos en campos como la anatomía o la ingeniería, Fig. 1, y permite el trabajo colaborativo y participativo utilizando esta tecnología para realizar proyectos en equipo [3].

El presente trabajo está organizado de la siguiente manera; en la sección 2 se trata la problemática que se desea solventar y la estrategia para hacerlo. En la sección 3 se describe la metodología de trabajo que se implementó para la realización de los proyectos, mientras que la explicación de cada proyecto se aborda en la sección 4. En la sección 5 se muestran los resultados obtenidos y en la sección 6 conclusiones.

### II. PROBLEMÁTICA DETECTADA Y SOLUCIÓN PROPUESTA

#### A. Problemática Detectada

En México, el problema de deserción escolar es muy grande, este se debe a 3 problemas principales, el económico, la preparación académica y la falta de interés, en el caso de los problemas económicos del estudiante estos no se pueden resolver académicamente, pero los otros 2 problemas son posibles atacarlos desde la docencia con las herramientas y estrategias adecuadas.

Consecuentemente, el proceso de enseñanza – aprendizaje, requiere identificar y responder a todas las diversas necesidades lo que requiere modificar estructuras, estrategias, interacciones, etc., dentro de esto, la problemática de ejemplificar en conceptos palpables la teoría y que los estudiantes entiendan es compleja, por lo tanto, se requiere de didácticas que permitan mayor cobertura en todas las múltiples inteligencias.

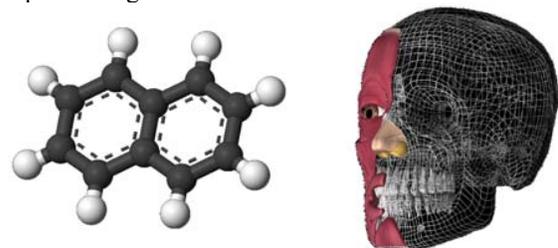


Fig. 1 Ejemplos de modelos 3D educativos.

### B. Solución Propuesta

Se propone implementar un aprendizaje por proyectos enfocándonos en las técnicas constructivistas del aprendizaje significativo, la cual propone que el ser humano solo aprende si construye su conocimiento [4].

Esta didáctica pretende involucrar a los estudiantes en el análisis de su entorno en busca de problemas que tengan relación con la ingeniería biomédica y que den solución a los mismos mediante el trabajo colaborativo y el uso de tecnología 3D, buscando con esto, motivarlos y darles mayores herramientas para su formación.

### III. METODOLOGÍA

La forma de trabajo es el aprendizaje basado en proyectos, el cual es altamente motivador, envolvente y tiene un enfoque colaborativo en busca de soluciones. Además se implementa el uso de modelos 3D para disminuir costos del estudiante al emplear, de ser necesario, una impresora 3D modelo Projet MJP 2500, la cual utiliza plásticos rígidos para la impresión con la que cuenta la institución\*. El material de construcción presenta las siguientes características: densidad de 1.16 g/cm<sup>3</sup>, un esfuerzo de tensión de 35-45MPa, de flexión de 50-60 MPa y una elongación del 20 al 30%. La estructura de trabajo empleada es el procedimiento básico del aprendizaje por proyectos, en la Fig. 2, se observa la metodología desglosada que se emplea en la realización de los proyectos.

Como primera etapa se encuentra la selección de los estudiantes, para ello se realiza un examen diagnóstico para determinar las diferentes habilidades de cada uno y realizar equipos diversificados. Esta selección se hizo tomando como referencia los semestres más avanzados de la carrera, los cuales son más susceptibles a presentar dudas sobre la aplicación de su carrera ya en un contexto laboral. Una vez formados los grupos de trabajo, se les asigna la búsqueda argumentada de problemáticas que encuentren en su entorno, enfocados a el área de ingeniería biomédica, se les da la libertad de buscar en literatura o preguntar a las personas problemas que tengan. El docente no servirá de monitor y evaluador de las estrategias planteadas por los estudiantes.

Analizadas las problemáticas y planteados los métodos de solución, cada equipo de trabajo expone su idea a un conjunto de docentes los cuáles serán sus asesores, los docentes determinan si es viable dicho proyecto. Si el proyecto es viable se procede a implementar y a realizar pruebas de laboratorio y usuario.

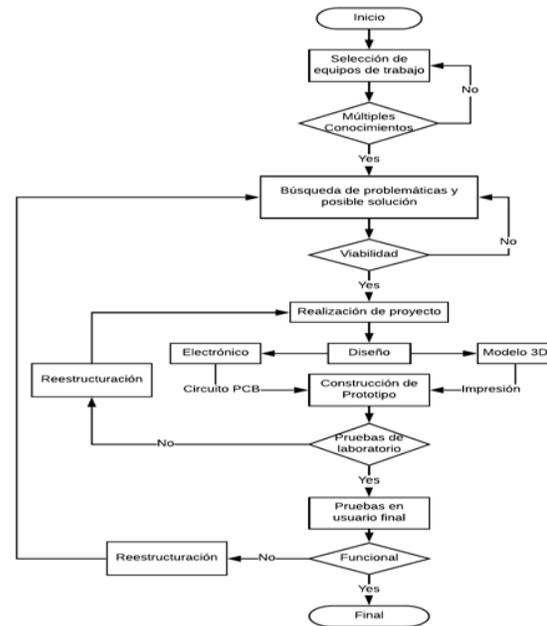


Fig. 2 Procedimiento empleado en la elaboración de proyectos.

### IV. REALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS

De manera general a continuación se describen los proyectos realizados, justificando la problemática que desean atacar, el diseño y la construcción general del proyecto, y los resultados obtenidos con cada uno.

#### A. Diseño y construcción de una mano robótica para la enseñanza didáctica del alfabeto dactilológico.

##### Justificación

Las personas que tienen discapacidad auditiva presentan problemas al comunicarse con sus familiares, por lo cual, es necesario crear un dispositivo que les permita aprender el lenguaje dactilológico.

##### Diseño y Construcción del Proyecto

Este dispositivo consta de dos partes, las cuales son: Una mano robótica que permite realizar las señas del alfabeto dactilológico y una interface que permite la interacción con la mano robótica, el proceso de realización completo de este proyecto e implementación se puede observar en [5]. Para el diseño de la mano, se empleó el escáner Artec 3D modelo Scanner EVA, que permitió tener una estructura inicial de la mano. Mediante el uso del software SolidWorks se trabajó para llenar los espacios vacíos, logrando un modelo cerrado.

\* Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro. Dirección: Av. Tecnológico #1, Zurumutaro, Pátzcuaro, Michoacán, México. C.P. 61615.

Posteriormente, el diseño de la mano robótica necesita ser adaptado considerando la forma y el número de falanges necesarias para todos los movimientos deseados, ya que esto determinará los actuadores que se emplearan para hacer las señas del lenguaje dactilológico. Como resultado se obtuvieron 14 piezas para los dedos, siendo 3 piezas para cada uno a excepción del dedo pulgar, y una pieza central para la palma de la mano, como se observa en la Fig. 3. Una vez que se tuvo el modelo completo se procedió a imprimir la pieza en la impresora anteriormente mencionada, la cual tardó más de 18 horas en terminar en el proceso de impresión y post-proceso de limpieza. La Fig. 4 muestra el proyecto final. La interface de usuario se diseñó con dos secciones, la primera que permite la enseñanza del alfabeto seleccionando una letra y haciendo que la mano se mueva representándola, la segunda que realiza un movimiento en la mano y muestra una letra, para que uno seleccione si es o no correcto.

#### Resultados

Se logró conseguir un dispositivo que realiza las señas del alfabeto dactilológico de manera eficiente, y actualmente se sigue empleando para el entrenamiento del alfabeto.

#### *B. Diseño y construcción de una órtesis pasiva para eliminar movimientos involuntarios.*

#### Justificación

En personas de edad avanzada los temblores en las manos son muy comunes y en ocasiones, son tan graves, que no pueden tomar ni un objeto. Por esto es necesario buscar una alternativa para eliminar el temblor.

#### Diseño y Construcción del Proyecto

Para realizar este proyecto se requieren 2 etapas, la primera es el análisis de la mano del usuario, debido a que los movimientos solamente pueden ser suprimidos si la colocación y tamaño de la órtesis es la correcta. Así mismo, para el diseño se deben respetar 3 reglas básicas, las cuales son: preservar la utilización de la mano, evitar presiones localizadas o excesivas y evitar presiones sobre articulaciones. La segunda etapa del proceso es diseñar la órtesis en 3D, una vez que ya se tomaron todas las medidas y condiciones de la mano. La órtesis a diseñar cuenta con un soporte sobre el dorso de la mano y elementos en cada una de las falanges de los dedos, a excepción de la falange distal del dedo pulgar. También se diseñan elementos móviles para permitir el movimiento natural y eliminar solamente el temblor de la mano, el diseño final 3D se observa en la Fig. 5. La impresión final del proyecto tardó aproximadamente 18 horas en la impresora antes mencionada. El proceso de

realización completo de este proyecto e implementación se puede observar en [6].

#### Resultados

Se logró obtener una órtesis física que fue probada sobre el usuario que fue diseñada. Los resultados fueron buenos, logrando eliminar los movimientos involuntarios en los dedos, pero se evidenció falta de movilidad en el dedo pulgar. La órtesis final se muestra en la Fig. 6, siendo implementada en un usuario.

#### *C. Diseño e impresión de herramientas didácticas para enseñar Braille.*

#### Justificación

Dentro de la región donde se encuentre el Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, no se cuenta con herramientas para la enseñanza del alfabeto Braille para las personas que tienen discapacidad visual, y esto les limita su aprendizaje y la lectura.

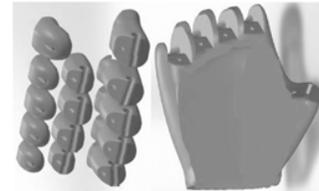


Fig. 3 Modelo 3D de la mano.

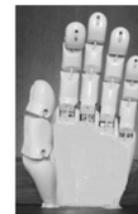


Fig. 4 Mano robótica impresa ensamblada.

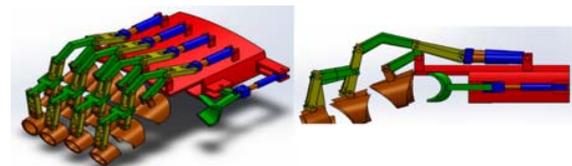


Fig. 5 Modelo 3D de la órtesis pasiva diseñada.



Fig. 6 Órtesis aplicada al usuario.

### Diseño y Construcción del Proyecto

El braille es un sistema de lectura y escritura táctil pensado para personas ciegas, se representan en matrices de seis puntos en relieve, organizados en tres filas por dos columnas como se observa en la Fig. 7, los puntos deben ser lo suficientemente pequeña para caber completamente en la yema de los dedos. Antes de aprender Braille, el usuario debe tener una preparación mediante el llamado Pre-Braille, empleando la utilización de objetos grandes que puedan asemejarse a la matriz del código braille [7]. De esta premisa parte el proyecto empleando las metodologías Alborada y Bliseo, que es el empleo de tarjetas para el aprendizaje de la lectura, presenta las letras con su equivalente en Braille y el método para empezar con el conocimiento espacial. El proyecto consiste en generar tarjetas en 3D que tengan las letras del alfabeto en español de manera que puedan sentirse, y su equivalente en Braille. Estas se desarrollan en 2 tamaños diferente, brindando la posibilidad de aprender primeramente el contexto Braille con objetos más grandes y posteriormente dar un tamaño real. En la Fig. 8 se muestran el diseño de las piezas Braille.

### Resultados

Las tarjetas Braille fueron impresas, durando el proceso 13 horas y media, este tiempo permitió imprimir 4 abecedarios completos en 2 tamaños diferentes para su implementación. Las pruebas de su eficiencia se realizaron escuela de educación especial, con 2 personas que no conocían el Braille. El proceso fue de entrenamiento durante 5 días, logrando una introducción bastante buena, ya que se logró que el 70% de las letras fueran aprendidas.

### V. RESULTADOS

Los tres proyectos propuestos fueron terminados satisfactoriamente, en el proceso participaron 8 estudiantes, diseñaron sus proyectos funcionales y además fueron implementados 2 en una escuela de educación especial y otro en un familiar que tenía el problema. De los 15 estudiantes que participaron en el proyecto general, desde hace más de 1 año, 3 de ellos ya terminaron sus asignaturas quedando pendiente su proceso de residencias profesionales, 4 más les quedan menos del 20% de asignaturas pendientes de su retícula y el otro se encuentra en 6 semestre. Esto nos arroja como resultado que la implementación de este tipo de técnicas para motivar a los estudiantes es viable, ya que ninguno de los involucrados desertó y su índice de reprobarción bajo, siendo que alguno en el momento antes de empezar los proyectos presentaban materias en especial y con ideas de desertar.

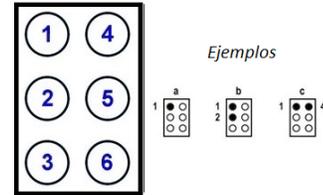


Fig. 7 Estructura de la matriz Braille



Fig. 8 Piezas 3D de las plantillas Braille

### VI. CONCLUSIONES

El uso de tecnología 3D, se sugiere para desarrollar en el estudiante herramientas que en el futuro le pueden servir en su formación, así mismo, como forma de atacar la problemática económica que implica la realización de los prototipos, al realizar los modelos en 3D e imprimirlos en la institución. Además, el uso de proyectos que realmente resuelvan un problema que ellos detecten, compromete a los estudiantes al 100%.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Pitti, K., Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J. R., Quintero, J., & Quiel, J. (2012). La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza aprendizaje de las ciencias y las tecnologías.
- [2] Arriaga Leal C., Maciel Maldonado F., Peñaloza Mendoza G. R., Melgoza Rivera P. Y. y Alcantar Calvillo J. J. A. Desarrollo de Proyectos en la Formación de un Ingeniero Biomédico. 2016, en Memorias del XXXIX Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica: DOI: dx.doi.org/10.24254/CNIB.16.51
- [3] Saorín, Jose Luis; de la Torre-Cantero, Jorge, et. al., Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste.
- [4] Marcelo, C. (2001) Rediseño de la práctica pedagógica: factores, condiciones y procesos de cambio en los teleformadores. Conferencia impartida en la Reunión Técnica Internacional sobre el Uso de Tecnologías de la Información en el Nivel de Formación Superior Avanzada, Sevilla, 6-8 de junio de 2001.
- [5] J. J. A. Alcantar-Calvillo, G. R. Peñaloza-Mendoza, et. al., Enseñanza del Alfabeto Dactilológico Mediante el Empleo de LabVIEW y una Mano Robótica. 2017, en Memorias del XL Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica: DOI: dx.doi.org/10.24254/CNIB.17.49
- [6] I. F. Sanabria-Santiago, C. I. Barajas-Díaz Barriga, A. A. Sánchez-Rodríguez, C. Arriaga-Leal, P. Y. Melgoza-Rivera, G. R. Peñaloza Mendoza, 2017, en Memorias del Congreso Mexicano de Robótica 2017.
- [7] Secretaría de Estado de Educación y Formación Profesional, Formación en red, "Discapacidad Visual, El sistema Braille", Instituto de tecnologías educativas, España.