

## Prototipo didáctico del código Nemeth Braille para la enseñanza de las matemáticas con alumnos invidentes.

Dr. Enrique-Cuan Durón<sup>a</sup>, Dra. Elisa-Urquiza Barraza<sup>b</sup>, Ing. Mario Alberto-Domínguez Zúñiga<sup>c</sup>, MSC. Estefania-Cerrillo Andrade<sup>d</sup>.

<sup>a</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de La Laguna, kcuand@gmail.com, Torreón, Coahuila México.

<sup>b</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de La Laguna, elisaurquiza@gmail.com, Torreón, Coahuila México.

<sup>c</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de La Laguna, marioalbertoingyraq@gmail.com, Torreón, Coahuila México.

<sup>d</sup> Universidad Autónoma de Coahuila, ecerrilloandrade@uadec.edu.mx, Torreón, Coahuila México.

### Resumen

En este trabajo se presenta como el uso de la tecnología de impresión 3D y una herramienta CAD puede ayudar al diseño y fabricación de un prototipo didáctico para la enseñanza de las matemáticas avanzadas y notación científica con alumnos invidentes. Este proyecto es resultado del proceso de Vinculación Comunitaria del Instituto Tecnológico de La Laguna ubicado en la ciudad de Torreón, Coahuila en México, en el cual los estudiantes tanto de Maestría como de Licenciatura apoyan a la sociedad principalmente a las personas que por alguna razón se encuentren marginadas. En esta ocasión se establece un compromiso de colaboración con una organización no gubernamental “Ver Contigo, A.C.” que es un instituto de asesoría y capacitación especializada en salud visual. Actualmente se encuentra en desarrollo este prototipo, sin embargo, el proyecto tiene como satisfacer las necesidades del usuario, se define el perfil del recurso educativo el cual consiste en la documentación de las especificaciones y requerimientos que permita entender el funcionamiento y asegure su reproducción. Se verifican los requerimientos presentando propuestas con modelos diseñados con una herramienta CAD y fabricado con una impresora 3D. Todo con la finalidad de que ayuden a incrementar el número de personas invidentes aceptadas e integradas al sistema de educación y que permitan obtener logros importantes de los alumnos integrados en cuanto a su desarrollo emocional y social, e inclusive algunos logros en el ámbito académico.

**Palabras clave**— Material Tiflotécnico, Prototipo Didáctico, Recurso Educativo.

### Abstract

*This paper presents how the use of 3D printing technology and a CAD tool can help design and manufacture a didactic prototype for teaching advanced mathematics and scientific notation with blind students. This project is the result of the Community Linking process of the Technological Institute of La Laguna located in the city of Torreón, Coahuila in Mexico, in which both Master and Bachelor students support society mainly to people who for some reason They are marginalized.*

*On this occasion, a collaboration commitment is established with a non-governmental organization “Ver Contigo, A.C.” which is an advisory and training institute specialized in visual health. This prototype is currently under development, however, the project has the needs of the user, the profile of the educational resource is defined, which consists of the documentation of the specifications and requirements that allow to understand the operation and ensure its reproduction. The requirements are verified by presenting proposals with models designed with a CAD tool and manufactured with a 3D printer. All in order to help increase the number of blind people accepted and integrated into the education system and to obtain important achievements of students integrated in their emotional and social development, and even some achievements in the academic field.*

**Keywords**— Typhotech Material, Teaching Prototype, Educational Resource.

## 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto es resultado del proceso de Vinculación Comunitaria del Instituto Tecnológico de La Laguna ubicado en la ciudad de Torreón, Coahuila en México, en el cual los estudiantes tanto de Maestría como de Licenciatura ponen al servicio de la sociedad principalmente a las personas que por alguna razón se encuentren marginadas. En esta ocasión se establece un compromiso de colaboración con una organización no gubernamental “Ver Contigo, A.C.” que es un instituto de asesoría y capacitación especializada en salud visual. Es una organización civil sin fines de lucro, cuya misión es desarrollar en las personas ciegas y de visión baja las habilidades que les den la oportunidad de ser autónomos, integrados a su familia, la escuela, el ámbito laboral y la sociedad.

Hablamos de educación inclusiva cuando todos los alumnos aprenden juntos en clases convencionales de su localidad o comunidad (independientemente de la diversidad en capacidades y discapacidades) con métodos de enseñanza, materiales y entornos escolares que atienden las necesidades de todos los alumnos.

El Consejo Nacional de Fomento Educativo (Conafe), a través de la Dirección de Educación Comunitaria, ha desarrollado un programa de inclusión educativa, para atender a la población con necesidades educativas especiales asociadas con la discapacidad motriz, intelectual, auditiva y visual, y que habita en las comunidades rurales más apartadas.

Este proyecto nace con el propósito de ofrecer al docente algunos recursos educativos desarrollados mediante el uso de la tecnología de impresión 3D, para atender a los alumnos que tengan barreras para su aprendizaje debido a su discapacidad visual.

La tecnología de impresión 3D a nivel internacional ha sido utilizada para la elaboración de prótesis, ropa, calzado, lentes, joyería, dulces, repostería, prototipos industriales por mencionar algunas de sus aplicaciones. En este proyecto se utiliza la tecnología de impresión 3D en la elaboración de

recursos educativos para personas con discapacidades visuales que faciliten la superación de sus limitaciones sensoriales, puesto que no pueden usar el código visual de la lectoescritura como todos los demás, por lo que tienen que utilizar un código táctil como lo es el Braille. Un gran número de investigadores han mostrado su interés por hacer contribuciones a la educación para personas con discapacidad visual. Mónica Klibanski en su artículo titulado “Libros táctiles, una alternativa para niños ciegos” publicado en el sitio argentino educar, nos hace reflexionar en cómo se vinculan con el mundo las personas invidentes, nos presenta propuestas de lectura que existen y se pueden ofrecer a los chicos con discapacidades visuales, así como el uso de las nuevas tecnologías abren alternativas para la elaboración de contenidos destinados a niños no videntes o con baja visión [1]. Las investigadoras Alicia Oiberman, Daniela Teisseire, Elsa Bei y Jorgelina Barres trabajan en el Centro Interdisciplinario de Investigaciones en Psicología Matemática y Experimental (CIIPMECONICET). Estudian de qué manera conocen y aprenden los bebés no videntes o con baja visión. Mientras desarrollaban estos estudios, las investigadoras se percataron de la falta de libros y juguetes específicos para trabajar con niños con esas características. La producción de este material didáctico es un desarrollo a pequeña escala y de forma casi artesanal, aunque sus mentoras esperan contar con apoyo financiero para que el proyecto prospere y este libro llegue a muchos chicos no videntes [2]. En otros países, existen sellos editoriales que ya llevan varios años en el mercado, dedicados exclusivamente a la fabricación de este tipo de materiales de lectura, pensados especialmente para niños ciegos. Por ejemplo, en Francia, Les doigts qui rêvent (Dedos que sueñan), una pequeña editorial de la ciudad de Dijon, está enteramente abocada a la producción de libros álbum táctiles ilustrados para niños con dificultades visuales [3].

“Living Painting” [4], es otro interesante proyecto editorial dentro del panorama internacional en este caso afincado en Gran Bretaña que se dedica a diseñar, crear y editar libros táctiles, con el audio del texto incluido, generalmente leído por actores famosos. En Argentina, la editorial Estudio Erizo se dedica a la creación y edición de libros ilustrados para la población vidente y no vidente, elaborados específicamente por noveles escritores y artistas plásticos contemporáneos. Se trata de libros ilustrados, con imágenes en relieve [5]. También existen sellos editoriales que eventualmente deciden incluir dentro de su catálogo una obra literaria que integra temáticas y lenguajes para niños ciegos. Ese es el caso de El libro negro de los colores, de las venezolanas Menena Cottin y Rosana Faría, editado originalmente en México por la editorial Ediciones Tecolote. Esta obra ha merecido el primer premio en la categoría Nuevos Horizontes, otorgado por la Feria del Libro Infantil de Bolonia en 2007. El libro tiene el texto impreso convencionalmente y también en braille. Las ilustraciones son en relieve y, aunque se refiere a muchos colores, las imágenes solo aparecen en blanco y negro. Una pieza de arte que presenta una propuesta integradora en el tratamiento de la forma y el contenido [6].

En la localidad de Argüello (Córdoba), reside un pequeño grupo de emprendedores, liderados por Grisel Capretti y Gustavo Calcaterra. Ellos son artesanos y hacedores de una colección de libros didácticos totalmente artesanales. Si bien estos libros no son deliberada ni exclusivamente hechos para niños invidentes, se prestan y adaptan para compartir con ellos ya que los lectores pueden explorar la historia a través del tacto [7].

Normalmente las impresoras 3D se emplean en sofisticados procesos industriales. Pero eso está cambiando; esta tecnología se ha vuelto mucho más accesible y comienzan a fabricarse estas herramientas para uso hogareño. Los diseños que realiza un usuario en la pantalla pueden ser impresos en 3D en pocos minutos o en un par de horas dependiendo del tamaño y complejidad del objeto desarrollado. Se pueden utilizar diseños preelaborados muchos de acceso libre y gratuito disponibles en diversas plataformas web. Estas impresoras facilitan una nueva manera de fabricar libros táctiles; ya sea para uso familiar, por ejemplo, un papá que inventa un cuento para sus hijos utilizando impresiones 3D o para confeccionar libros táctiles a gran escala y siguiendo criterios profesionales. El profesor Tom Yeh, de la Universidad de Colorado (EE. UU.), dirige el proyecto Tactile Picture Books, que impulsa la creación de libros táctiles para niños invidentes. También desarrollan talleres para enseñarles a los papás a diseñar sus propios libros para compartir con sus hijos.

## 2. CÓDIGO NEMETH BRAILLE

Es un código de Braille para matemáticas usado para codificar notaciones matemáticas y científicas usando las celdas estándar de Braille de seis puntos para la lectura táctil que usan las personas visualmente incapacitadas. El código fue desarrollado por Abraham Nemeth. El código Nemeth fue escrito por primera vez en 1952, tuvo revisiones en los años 1956, 1965 y 1972.

El código Nemeth de matemáticas y la notación científica de braille, 1965 inició principios y procedimientos sólidos de la presentación de los equivalentes en braille para los signos complejos y las configuraciones en la notación matemática y científica impresas en tinta. La efectividad del Código se ha demostrado ampliamente a través de su aplicación por parte de los transcritores en la producción de una gran cantidad de material técnico para cumplir con los requisitos de los estudiantes en todos los niveles de actividades educativas. En la figura 1 se muestran algunos ejemplos de expresiones en código Nemeth [8].

## 3. CARACTERÍSTICAS DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA INVIDENTES

Es importante tener en cuenta que el material didáctico debe contar con los elementos que posibiliten un cierto aprendizaje específico.



- Perdurabilidad, economía y accesibilidad de material  
El material de construcción termoplástico ya sea ABS o PLA se puede considerar como material suficientemente resistente para la aplicación a la que las piezas será sometida (simple manipulación manual).

Cada pieza impresa de manera individual en teoría tendrá un volumen de  $862.2 \text{ mm}^3$  aproximadamente (considerando que se toma el signo generador donde sus seis puntos están en relieve). La caja individualmente tiene un volumen de  $775.2 \text{ mm}^3$  y cada cilindro tiene un volumen de  $14.5 \text{ mm}^3$ .

La bobina de plástico ABS o PLA es de fácil obtención en el mercado por ser el material más común de impresión 3D. Podemos decir que reúne todas estas cualidades.

#### -Dimensión de Plano

Se ha mencionado que el tamaño de nuestra pieza está basado en un estándar de impresión en papel de caracteres Braille. Se debe entender que el tamaño mínimo con el que se trabaja es precisamente este, por lo que podemos decir que es de tamaño adecuado para las yemas de los dedos.

#### -Textura

Nuestra pieza no cuenta con textura, pero cuenta con relieve en sus puntos para ser sentido por medio de las yemas de los dedos.

#### -Pasaje correcto y claro de la clave visual a la clave táctil.

La finalidad de la celda individual es poder poner una después de la otra, una arriba de otra, para así formar una palabra en Braille o una ecuación en Braille Nemeth.

#### -Material que no lesione

Un detalle de acabado para las impresiones 3D es el escalonado que queda después de imprimir la pieza. Este detalle se puede corregir por acción mecánica o química para dar un acabado suave a la pieza o las piezas.

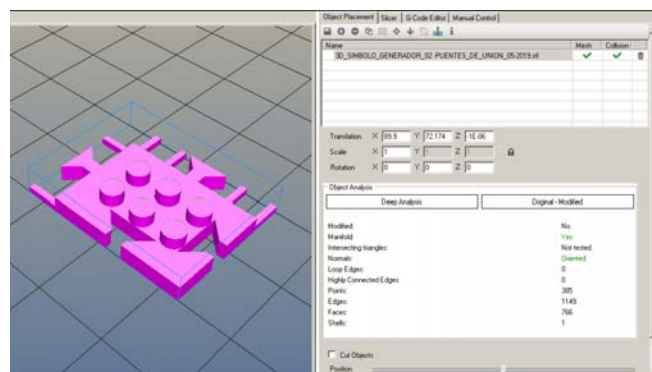
## 5. IMPRESIÓN DEL PROTOTIPO

Una vez evaluado el diseño del prototipo elaborado con una herramienta CAD se procede a la elaboración de dicho recurso, esto se realiza aplicando el método de prototipado rápido RP ("rapid prototyping", por sus siglas en inglés) ampliamente utilizado en la industria. Las tecnologías modernas de prototipado rápido representan herramientas atractivas para la fabricación de objetos con arquitecturas complejas en función del diseño asistido por computadora (CAD) y sin la preparación de moldes [9]. La fase de impresión consiste en los siguientes pasos: exportación del archivo con extensión ".stl" desde el software de diseño 3D, procesamiento del dibujo el cual consiste en el escalado y colocación y generación del "gCode", comunicación con impresora y materialización del modelo. Se utiliza una impresora GeeTech Prusa I3 con un volumen de impresión de  $200 \times 200 \times 170 \text{ mm}$ . Los tamaños de las piezas creadas se limitan a las restricciones impuestas por el volumen de impresión.

En la fig.3 se muestra la interfaz gráfica del software controlador de Impresora 3D Geeetech Prusa I3 X que es utilizado para mandar a impresión nuestro diseño previamente generado en formato STL. En la fig. 4 se muestra el momento

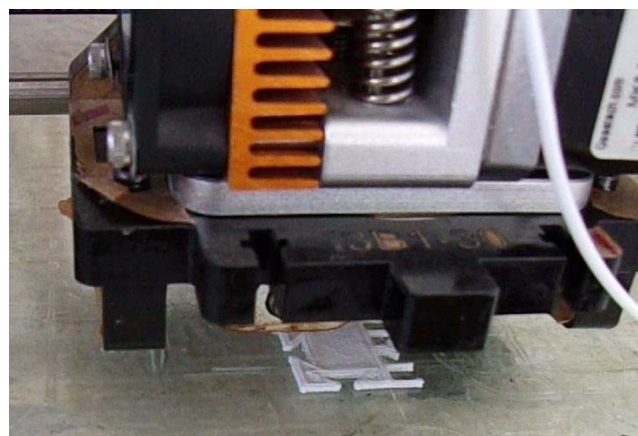
de la elaboración de las piezas del prototipo usando la impresora 3D.

Fig. 3. Interfaz gráfica del software controlador de la impresora 3D



Fuente: elaboración propia.

Fig. 4. Proceso de impresión de las piezas del prototipo didáctico



Fuente: elaboración propia.

## 6. CONCLUSIONES

Aunque el prototipo didáctico se encuentra en su fase final de desarrollo se puede concluir que el uso de las tecnologías tales como las herramientas CAD y la impresión 3D se convierten en una herramienta muy útil en la creación de prototipos didácticos y recursos educativos en la enseñanza de las matemáticas con personas invidentes. El beneficio e impacto de este proyecto es en primera instancia para la población con discapacidad visual severa, al desarrollar recursos educativos a través del uso de la tecnología de impresión 3D, que ayuden a incrementar el número de personas invidentes aceptados e integrados al sistema de educación y que permitan obtener logros importantes de los

alumnos integrados en cuanto a su desarrollo emocional y social, e inclusive algunos logros en el ámbito académico.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Klibanski, M.: Libros táctiles, una alternativa para niños ciegos. *Educar*, S.E. <http://www.educ.ar/sitios/educar/noticias/ver?id=125220&referente=noticias>. Accedido el 11 septiembre de 2016.
- [2] Espósito, L.: Investigadoras editan libro de estimulación para bebés no videntes. *Centro Interdisciplinario de Investigaciones en Psicología Matemática y Experimental*. <http://www.ciipme-conicet.gov.ar/wordpress/>. Accedido el 11 septiembre 2016.
- [3] Claudet, P.: *Les doigts qui rêvent*. <http://www.ldqr.org/>. Accedido el 12 septiembre de 2016.
- [4] Oldlan, A.: *Living Paintings*. <http://www.livingpaintings.org>. Accedido el 13 septiembre de 2016.
- [5] Spivak, L.: *Genoveva*. Editorial Estudio Erizo. <http://www.estudioerizo.com/ver-adentro-genoveva/>. Accedido el 20 septiembre de 2016.
- [6] Cottin, M.; Faria, R.: *Libro negro de los colores*. Editorial Tecolote (2015).
- [7] Capretti, G.: *Libros Tela Papel y Madera*. <http://librostelapapelymadera.weebly.com/>. Accedido el 20 septiembre 2016.
- [8] The Nemeth Braille code for Mathematics and Science notation 1972 Revision. *American Printing House for The Blind, Louisville, Kentucky* (1987).
- [9] Pfister, A.; Landers, R.; Laib A.; Hubner, U.; Schmelzeisen, R.; Mulhaupt, R.: Biofunctional Rapid Prototyping for Tissue-Engineering Applications: 3D Bioplotting versus 3D Printing. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry* 42 (3), p. 624–638 (2004).