



ACERCAMIENTO DE LA INGENIERÍA BIOMÉDICA A ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN BÁSICA SECUNDARIA Y MEDIA

Sergio David Sierra Marín, Daya Serrano Delgado, Sergio David Pulido Castro

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Bogotá, Colombia

Resumen

La tasa de deserción universitaria en Colombia, para el año 2015, superó el 40%. Aunque son múltiples los factores que afectan esta tasa, un elemento determinante es el conocimiento que tienen los aspirantes sobre la profesión que desean estudiar. Con esta motivación, el semillero de Procesamiento Digital de Imágenes y Señales PROMISE de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito planteó y ejecutó un proyecto enfocado en dar a conocer a los estudiantes de educación básica secundaria y media, en qué consiste el ejercicio de la ingeniería biomédica, a través de tres aplicaciones interactivas. La primera aplicación permite interactuar con un videojuego, a través de un sistema de seguimiento visual. Las dos aplicaciones siguientes utilizan señales de electroencefalografía y electromiografía para manipular robots móviles. Aunque las aplicaciones tienen un fin lúdico, permiten explicar las bases de algunos sistemas actuales de neurorehabilitación y acercar a las personas al ejercicio de la Ingeniería Biomédica. El proyecto ha abarcado visitas a diferentes colegios en Bogotá y se ha realizado un análisis de crecimiento de población de estudiantes de Ingeniería Biomédica.

Palabras clave: aplicaciones interactivas; ingeniería biomédica

Abstract

The university dropout rate in Colombia, by 2015, exceeded 40%. Although multiple factors affect this rate, a determinant one is the knowledge that the candidates have about the career they hope to follow. Keeping this motivation in mind, the research incubator in Digital Images and Signal Processing (PROMISE for its acronym in

Spanish) of the Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito proposed and executed a project with the goal of introducing to the students of basic and secondary education, the exercise of biomedical engineering, through three interactive applications. The first two applications use electroencephalography and electromyography signals to handle moving robots. The third application allows the interaction with a videogame, through an eye tracking system. Although the applications have the goal to entertain, they allow the explanation of the basis of some of the current neurorehabilitation systems and they bring people close to the exercise of biomedical engineering. The project has included visits to different schools in Bogotá and an analysis of the biomedical engineering student population has been made.

Keywords: *interactive applications; biomedical engineering*

1. Introducción

En el marco del desarrollo de las actividades del Semillero de Investigación en Procesamiento Digital de Imágenes y Señales (PROMISE) se encuentran el planteamiento, desarrollo e implementación de sistemas que, a partir del procesamiento, análisis e interpretación de señales e imágenes médicas, permitan desarrollar aplicaciones para el beneficio de pacientes y personas en general.

De acuerdo a lo anterior, y teniendo en cuenta que la deserción universitaria en Colombia llegó a 44.9% para el año 2008 (Ministerio de Educación Nacional, 2009), uno de los objetivos principales de este proyecto consistió en la divulgación de conocimientos, utilidades, beneficios y aplicaciones de la ingeniería biomédica para la sociedad. Específicamente, esta divulgación se ha venido realizando con la población de educación básica secundaria y media de los colegios de Bogotá, mediante diferentes eventos organizados por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en colaboración con el semillero de investigación PROMISE. Entre estos eventos se encuentran el "Encuentro de Colegios" y el concurso "ECI-MATCH", los cuales tienen como objetivo dar a conocer los diferentes programas de ingeniería a partir de retos y juegos relacionados con cada uno de estos. En el último año, se han realizado estos dos eventos con aproximadamente 15.000 estudiantes de 30 colegios de la ciudad de Bogotá.

En un primer momento, a través de ejemplos y el planteamiento de situaciones de la vida real, se busca que el estudiante entienda la razón de ser de los ingenieros biomédicos y la demanda que la sociedad exige de los mismos. Posteriormente, se utilizan tres sistemas, que se describirán a continuación, mediante los que se pretende que el estudiante se pregunte cómo es posible el control de diferentes dispositivos, a partir de señales e imágenes médicas y el uso de estas para diferentes aplicaciones en beneficio del ser humano

2. Métodos y Materiales

A continuación, se describirán los tres sistemas utilizados. El primer sistema diseñado se basa en controlar una bola en un videojuego de un videojuego por medio de la posición de los ojos y el uso de teclas. Su objetivo principal es mostrar los alcances que puede llegar a tener la tecnología de seguimiento ocular, tales como la rehabilitación de condiciones visuales o la asistencia a pacientes con movimiento limitado. El videojuego utilizado fue diseñado particularmente para este proyecto por medio del motor de videojuegos Unity 5. Su nombre es "ECI Maze" y el objetivo del jugador es atravesar un laberinto. Tal laberinto se genera automáticamente por medio de un algoritmo "recursive backtracker". Para generar competitividad, el videojuego registra el tiempo que le toma al jugador atravesar el laberinto. ECI Maze cuenta con varios aspectos que le brindan flexibilidad, tal como se explica más adelante.

El primero de estos aspectos es un tamaño variable, de forma que se puede adaptar la cantidad de las filas y columnas del laberinto. No obstante, escoger un tamaño de laberinto muy grande causa un uso excesivo de recursos computacionales, de forma que generar un laberinto de 100 filas y 100 columnas, por ejemplo, toma aproximadamente 2 minutos.

El segundo aspecto que le brinda flexibilidad al algoritmo es la posibilidad de generar obstáculos en el mismo, aumentando la dificultad. En los eventos en los que se ha presentado ECI Maze, se han utilizado muros de fuego y de electricidad como obstáculos. Cuando el usuario tiene contacto con los obstáculos, pierde vida; si la vida llega a cero, se reinicia la posición del jugador.

El último aspecto diferenciador del laberinto diseñado es la posibilidad de darle a jugador tiempo para visualizar el mapa desde arriba para que tenga la oportunidad de memorizar el camino correcto. Se cuenta con tiempo variable para que el jugador observe el mapa desde arriba, incluyendo una opción para que esto no sea posible; a esto se le llama fase de preparación. Se puede observar la fase de preparación en la Figura 1.



Figura 1. Fase de preparación de ECI Maze.

En cuanto al control del videojuego, existen dos comandos: movimiento y rotación. El movimiento se hace únicamente hacia adelante y hacia atrás, y es controlado por las teclas de dirección del teclado. La rotación, por otro lado, es horizontal y se controla por medio de la posición de los ojos del jugador. Para permitir esto, se utiliza el dispositivo de seguimiento ocular Tobii EyeX, el cual se observa en la Figura 2 (Tobii Group, 2017). Para realizar el seguimiento ocular, este dispositivo utiliza tecnología basada en luz infrarroja. Este dispositivo cuenta con un Kit de Desarrollo de Software (SDK) para Unity 5, de forma que brinda las coordenadas de los ojos en píxeles; información utilizada posteriormente para manipular la rotación en el videojuego.



Figura 2. Dispositivo de seguimiento ocular Tobii EyeX (Tobii Group, 2017).

El segundo sistema implementado se basa en el control de un carro miniatura, llamado Pololu 3pi (Pololu Robotics & Electronics, 2017), a partir de la detección de expresiones faciales y actividad eléctrica cerebral. Este carro se observa en la Figura 3. El objetivo de este sistema es lograr que el carro complete la totalidad de una pista predefinida, en el menor tiempo posible. Para el funcionamiento de este sistema, es necesaria la utilización de un dispositivo de adquisición de señales de EEG y la

implementación de un protocolo de envío y recepción de comandos a distancia, entre el carro miniatura y un computador. En particular, el control del carro se hace de la siguiente forma:

- Para moverse hacia adelante, el jugador debe pensar en empujar un objeto.
- Para frenar, el jugador debe levantar las cejas.
- Para moverse hacia atrás, el jugador debe fruncir el ceño.
- Para girar horizontalmente, el jugador debe mover los ojos hacia el lado respectivo.

No obstante, todas estas acciones son configurables, de forma que se pueden detectar hasta 7 expresiones faciales distintas y el jugador puede pensar en mover un objeto de 4 formas distintas.



Figura 3. Robot Pololu 3pi (Pololu Robotics & Electronics, 2017).

El tercer sistema se enfoca principalmente en demostrar la gran variedad de aplicaciones que se pueden generar por medio de la detección de la actividad eléctrica muscular. Este sistema permite que el usuario controle un robot por medio de distintos movimientos de la mano. El robot en cuestión fue diseñado con base en el kit de Lego "Lego Mindstorms: Education EV3 Core Set" (Lego Education, 2017), mostrado en la Figura 4, y cuenta con traslación hacia adelante y hacia atrás, rotación horizontal y un sensor de proximidad. Este robot, llamado Znap, fue programado por medio del lenguaje de programación Python y permite su sincronización con el sistema de adquisición de señales eléctricas musculares utilizado, de forma que pueda ser controlado por medio de electromiografía (EMG).

El sistema de captación de señales de EMG se llama Myo Armband y cuenta con 8 canales de captación de EMG. Este dispositivo se posiciona en el antebrazo, lo que permite obtener información de los músculos encontrados en esta área. Además de esto, cuenta con un giroscopio, un acelerómetro y un magnetómetro, los cuales, en conjunto, permiten detectar distintos gestos. En este sistema en particular, se configuran 5 distintos gestos, que incluyen aumentar y disminuir la velocidad del robot, pararlo completamente y girar hacia la derecha y hacia la izquierda.

Este sistema permite a los estudiantes de colegio preguntarse el alcance al que se puede llegar al hacer uso de las señales eléctricas musculares. Entre las aplicaciones que tiene esta tecnología, la más común es el control de prótesis y exoesqueletos, sin

embargo, los estudiantes pueden preguntarse qué otras utilidades se pueden conseguir con el dispositivo en cuestión.



Figura 4. Lego Mindstorms: Education EV3 Core Set (My Robot Center, 2016).

3. Resultados

Teniendo en cuenta el objetivo general del proyecto, el cual establece divulgar conocimientos, utilidades, beneficios y aplicaciones de la ingeniería biomédica para la sociedad; a través de diferentes eventos, se ha logrado trabajar con aproximadamente 15000 estudiantes y 30 colegios de Bogotá. Así mismo, fueron implementados los tres juegos previamente descritos, observándose que, los estudiantes al interactuar con éstos se cuestionaron acerca de su funcionamiento, lo cual los llevó a aprender acerca de señales electrofisiológicas como electroencefalografía (EEG) y electromiografía (EMG).

Adicionalmente, para los 3 juegos en general, se observó que algunos de ellos mostraron interés en el diseño de aplicaciones biomédicas para su uso en Ingeniería de rehabilitación y asistencia, lo cual permitió que éstos tuvieran su primer acercamiento con el concepto de Ingeniería biomédica.

De igual forma se observó que los estudiantes, al interactuar con los diferentes videojuegos, fueron capaces de identificar las aplicaciones reales de las diferentes interfaces; por ejemplo, al usar el videojuego controlado por el movimiento de los ojos, entendieron que este sistema es útil para el diseño de aplicaciones de asistencia, para personas discapacitadas, las cuales son capaces de mover únicamente los ojos.

4. Discusión y Conclusiones

En primer lugar, haciendo una comparación del trabajo actual desarrollado por el semillero PROMISE, respecto a trabajos similares impartidos por otras instituciones se obtuvo lo siguiente:

Existen otras instituciones, en las cuales se realizan actividades dirigidas a la orientación de estudiantes de educación media, quienes son posibles aspirantes universitarios. Algunas de estas instituciones son: Universidad de los Andes, Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Santo Tomás, Universidad Piloto de Colombia y la Universidad del Rosario, entre otras. Las actividades que realizan las anteriores instituciones tienen como objetivo orientar, guiar, motivar e impartir conocimiento a estudiantes de colegio, quienes son posibles aspirantes universitarios.

A continuación, se describen las diferentes actividades que se realizan en las instituciones mencionadas:

La Universidad de los Andes imparte varias actividades para aspirantes universitarios, una de ellas es la "Feria de Ingeniería Expoandes". Esta actividad busca motivar a los aspirantes a ingeniería a través de la muestra de proyectos desarrollados por estudiantes de primer semestre. Esta actividad "Feria de Ingeniería Expoandes" es similar al trabajo presentado por el semillero PROMISE, ya que a partir de pequeños proyectos se introduce al aspirante a la ingeniería. La diferencia radica en que los aspirantes en la "Feria de Ingeniería Expoandes" no interactúan de forma directa con el proyecto; por el contrario, las actividades propuestas por el semillero PROMISE, permiten que el aspirante interactúe de forma directa con el proyecto, generando un mayor acercamiento.

La institución educativa Pontificia Universidad Javeriana también ofrece actividades que buscan guiar y motivar a estudiantes de Colegios para iniciar su vida universitaria. Estas actividades son "Visitas Guiadas" y "ExpoJaveriana". La primera actividad mencionada, "Visitas guiadas", es una actividad de carácter informativo, en la cual se da a conocer las generalidades de los diferentes programas académicos y la vida universitaria a través de visitas guiadas. Por otro lado, en la segunda actividad "ExpoJaveriana" se ofrece un espacio para que estudiantes de grados décimo y once, puedan charlas y resolver inquietudes con directores y profesores de los diferentes programas académicos (Pontificia Universidad Javeriana, 2017). Debido a que las actividades son de carácter informativo, estas actividades podrían ser poco llamativas para los estudiantes de educación media; ya que interactúan de una forma pasiva.

Por su parte, la Universidad Santo Tomás ofrece un evento llamado "Del Colegio a la u", durante el cual existen diferentes actividades y programas de inmersión. Entre las actividades están: "Visita a la U", "Talleres a tu Colegio" y "Programa de Inmersión". La actividad "Visita a la u", es una feria en la cual se da a conocer los programas académicos de la institución; la actividad "Talleres a tu colegio", está constituida por diferentes charlas que se dan a los estudiantes de educación media para ayudarlos y guiarlos en su vida universitaria, y por último el "Programa de inmersión" busca que los estudiantes tomen una o más materias del programa de interés. (Universidad Santo Tomás, 2017). Estas actividades son diferentes a las del semillero PROMISE, ya que no son actividades en las cuales el aspirante aprende mientras juega. Estas actividades informan y preparan al aspirante, sin embargo, no incluyen actividades lúdicas como vía para despertar el interés del aspirante.

Por otro lado, la Universidad Piloto de Colombia propone diferentes actividades, en las cuales los aspirantes universitarios aprenden mediante talleres educativos. Por ejemplo, las actividades “Taller KIRIGAMI”, “Taller Retrato o Paisaje”, “Taller Marketing para Generación Z”. Por su parte, la actividad “Taller KIRIGAMI” busca introducir a los estudiantes de educación media al mundo de la arquitectura a través de la técnica de Kirigami; por otro lado, el “Taller Retrato o Paisaje”, busca enseñar conceptos básicos de Fotografía de forma práctica, finalmente el “Taller Marketing para generación Z” busca introducir al estudiante de educación media a la ingeniería de mercados, de forma práctica y divertida (Universidad Piloto de Bogotá, 2017). Los diferentes talleres mencionados con anterioridad son bastante similares a las actividades propuestas por el semillero PROMISE, ya que buscan que el aspirante o el estudiante de educación media aprenda de una manera alternativa, permitiendo despertar el interés y la motivación del estudiante hacia un programa académico determinado.

Finalmente, la Universidad del Rosario ofrece un programa llamado “Introducción a la profesión”, en el cual se les permite a los estudiantes de educación media asistir a clases de su programa de elección, de modo que se acerquen a la formación académica impartida por la institución, y que puedan identificar si su elección es o no su vocación (Universidad del Rosario, 2017). Este programa es bastante diferente a las actividades que ofrece el semillero PROMISE, ya que, aunque tienen el mismo objetivo de orientar, guiar y enseñar al aspirante, lo hacen desde una perspectiva más formal y estricta que en el caso del semillero PROMISE. Este tipo de programa ofrecido por la Universidad del Rosario es una actividad impartida cuando el estudiante ya tiene un fuerte interés sobre algún programa académico, y desea verificar su elección, contrario a las actividades ofrecidas por el semillero PROMISE, que se realizan para despertar el interés de los estudiantes de educación media; no obstante, ambos guían, orientan y enseñan al estudiante de educación media.

En conclusión, las actividades realizadas por las instituciones educativas: Pontificia Universidad Javeriana y Universidad Santo Tomás son más pasivas, ya que la interacción del estudiante es poca. Por otro lado, las actividades impartidas por la Universidad de los Andes, Universidad Piloto de Colombia y la Universidad del Rosario, son actividades similares a las realizadas por el semillero PROMISE, en el sentido en que el aspirante interactúa de forma activa con el objetivo de ser guiado, y obtener conocimientos acerca del programa académico de interés. Por otra parte, la única institución, dentro de las mencionadas, que realiza actividades para que el aspirante pueda despertar interés sobre un programa académico determinado y pueda aprender mientras juega, es la Universidad Piloto de Colombia.

En general, este proyecto permite el acercamiento del estudiante de colegio a la ingeniería desde una perspectiva amigable y diferente al aula de clase. De tal forma que, es mucho más fácil lograr su concentración y despertar interés por aprender más, acerca del funcionamiento de los diferentes sistemas biomédicos. Además de esto, el desarrollo de este proyecto busca dar herramientas de decisión al estudiante, antes de su ingreso a sus estudios universitarios, con el fin de impactar en la tasa de deserción estudiantil.

Específicamente, a través del primer sistema descrito, se busca que los estudiantes identifiquen la importancia que tiene el desarrollo de sistemas de asistencia y rehabilitación a partir del seguimiento ocular, enfocado a personas con diferentes grados de discapacidad, limitaciones físicas, o personas que sufren de patologías visuales. Por otro lado, la interacción entre el estudiante y el videojuego, lo incentiva al aprendizaje de lenguajes de programación para el desarrollo de aplicaciones biomédicas, las cuales permitan mejorar la calidad de vida de una persona. Por ejemplo, el diseño de videojuegos, para rehabilitación visual; el cual es un claro ejemplo de innovación tecnológica.

Por otra parte, mediante el segundo sistema mencionado se presenta, a los estudiantes, el principio de la rehabilitación cognitiva y las interfaces cerebro-máquina. De tal forma que cada estudiante pueda identificar otras posibles aplicaciones de la adquisición, reconocimiento y análisis de señales de EEG. Además de lo anterior, este sistema busca introducir las posibles ventajas y mejoras a la calidad de vida, que las plataformas de rehabilitación cognitiva brindan a los pacientes con alguna limitación física derivada de una neuropatía.

Finalmente, el tercer sistema diseñado permite a los estudiantes preguntarse el alcance que puede tener el uso de las señales de sus músculos, despertando en ellos inquietudes acerca de cómo desarrollar sus propias aplicaciones. Así mismo, se exponen a los estudiantes algunas de las aplicaciones más comunes de esta tecnología, entre ellas, el control de prótesis y exoesqueletos.

En conclusión, la implementación de juegos relacionados con Ingeniería biomédica, permite que estudiantes de educación media, tengan un acercamiento a la ingeniería biomédica, de tal forma que ellos puedan comprender conceptos fundamentales para el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con Ingeniería biomédica, que éstos juegos logren despertar interés en el estudiante por la ingeniería biomédica y por último, que ellos sean capaces de identificar problemas reales, los cuales pueden ser abordados desde la ingeniería biomédica.

Finalmente, como trabajos futuros se espera realizar la misma labor, con un mayor número de estudiantes y de ciudades diferentes a Bogotá, D.C. Esto con el objetivo de extender los estudiantes objetivo, realizando la divulgación de conocimientos de una forma más amplia.

5. Referencias

Libros

- Ministerio de Educación Nacional (2009). Deserción Estudiantil en la Educación Superior Colombiana. Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, D.C., pp. 9.

Fuentes electrónicas

- Tobii Group. (2017). Tobii Supports Windows Hello login. Consultado el 30 de junio de 2017 en <https://www.tobii.com/xperience/hello/>
- Pololu Robotics & Electronics. (2017). Pololu 3pi Robot. Consultado el 30 de junio de 2017 en <https://www.pololu.com/product/975>
- Lego Education. (2017). LEGO MINDSTORMS Education EV3 Core Set. Consultado el 30 de junio de 2017 en <https://education.lego.com/en-us/products/lego-mindstorms-education-ev3-core-set-/5003400>
- My Robot Center. (2016). LEGO MINDSTORMS Education EV3 Core Set | My Robot Center. Consultado el 30 de junio de 2017 en <https://www.myrobotcenter.eu/en/lego-mindstorms-ev3-basis-set-45544/>
- Universidad de los Andes. (2017). Feria de Ingeniería expoandes / 2017. Consultado el 30 de junio de 2017 en <https://registro.uniandes.edu.co/index.php/evento-scouting/icalrepeat.detail/2017/05/09/569/54/feria-de-ingeniera-expoandes-2017>
- Pontificia Universidad Javeriana. (2017). ASPIRANTES A CARRERAS. Consultado el 30 de junio de 2017 en <http://www.javeriana.edu.co/documents/258348/0/Informaci%C3%B3n+para+aspirantes+a+carreras.pdf/de36ec59-b5f3-4630-9503-dbe2910e91d4>
- Universidad Santo Tomas. (2017). Del colegio a la u. Consultado el 30 de junio de 2017 en <http://admisiones.usta.edu.co/index.php/del-colegio-a-la-u/actividades-talleres-e-inmersion#orientación-profesional>
- Universidad Piloto de Colombia. (2017). Portafolio Actividades para Colegios. Consultado el 30 de junio de 2017 en <http://www.unipiloto.edu.co/portafolio-actividades-para-colegios/>
- Universidad del Rosario. (2017). Introducción a la Profesión. Consultado el 30 de junio de 2017 en <http://www.urosario.edu.co/Futuros-Estudiantes/La-UR-en-tu-Colegio/Introduccion-a-la-Profesion/#micrositioTabl>

Sobre los Autores

- **Sergio David Sierra Marín:** Ingeniero Biomédico (e), Universidad del Rosario, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. sergio.sierra@mail.escuelainq.edu.co
- **Daya Serrano Delgado:** Ingeniera Biomédica (e), Universidad del Rosario, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. daya.serrano@mail.escuelainq.edu.co
- **Sergio David Pulido Castro:** Ingeniero Biomédico (e), Universidad del Rosario, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. sergio.pulido@mail.escuelainq.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)