

**50. PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UNA
ARQUITECTURA DE ARTEFACTO
EMOCIONAL EN CONTEXTOS DE
APRENDIZAJE**

**PROPOSAL FOR THE DESIGN OF AN
EMOTIONAL ARTIFACT ARCHITECTURE IN
LEARNING CONTEXTS**

César Augusto Velandia González⁸⁸, Fernando Martínez Rodríguez⁸⁹

Fecha recibida: 26/09/2022

Fecha aprobada: 17/12/2022

Derivado del proyecto: *Arquitectura para expresión emocional de artefactos en contextos de aprendizaje*

Institución financiadora: *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*

Pares evaluadores: *Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.*

⁸⁸ *Ingeniería en Control Electrónico e Instrumentación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Maestría en Educación en Tecnología, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Docente, Colegio Atanasio Girardot, correo electrónico: cavelandiag@correo.uditrital.edu.co.*

⁸⁹ *Doctor en Tecnología Educativa: e-learning y gestión del conocimiento de la Universitat Rovira i Virgili (Tarragona, España). Magister en Software Libre de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Especialista en Computación para la docencia de la Universidad Antonio Nariño. Ingeniero de Sistemas de la Fundación Universitaria San Martín. Licenciado en Matemáticas y Física de la Universidad Antonio Nariño. Docente Asociado de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Grupo de Investigación Virtus. Mail: fmartinezr@udistrital.edu.co*

RESUMEN

El presente trabajo pretende mostrar el proceso de diseño de una arquitectura para artefactos físicos artificiales que demuestren emociones y que sean utilizados en entornos educativos para el aprendizaje. Esta ponencia permite socializar el avance de la tesis *Arquitectura para la Expresión Emocional de Artefactos en Contextos de Aprendizaje*, que sirve de trabajo de grado para la Maestría en Educación en Tecnología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. El objetivo de la investigación de esta tesis es analizar como una arquitectura de expresión emocional para artefactos incide en el aprendizaje de una persona. La metodología empleada en esta investigación es basada en diseño bajo un enfoque cuantitativo cuasiexperimental. En la etapa de diseño se tuvo como resultados una revisión de literatura relacionada que permitiera establecer hasta qué punto se ha avanzado en la elaboración de artefactos dotados de emociones artificiales. Consecuentemente, se establecieron características de personas, animales y objetos que fueran reconocibles como expresión de emociones. Una consideración que se tuvo en cuenta es que el dispositivo no fuera necesariamente antropomórfico, ya que se busca que la arquitectura pueda ser aplicada en herramientas de distintas formas. Como consecuencia de esto, se produjo un artefacto en forma de cubo, el cual tuvo varios prototipos y versiones. Estos diseños permiten la aplicación de una arquitectura emocional a herramientas físicas en un proceso de aprendizaje.

PALABRAS CLAVE: *Arquitectura, Emociones, Aprendizaje, Artefacto, Diseño.*

ABSTRACT

The present work intends to show the process of designing an architecture for artificial physical artifacts that demonstrate emotions and that are used in educational environments for learning. This paper allows socializing the progress of the thesis Architecture for the Emotional Expression of Artifacts in Learning Contexts, which serves as a degree work for the Master's Degree in Education in Technology of the Universidad Distrital Francisco José de Caldas. The objective of the investigation of this thesis is to analyze how an architecture of emotional expression for artifacts affects the learning of a person. The methodology used in this research is based on design under a quasi-experimental quantitative approach. In the design stage, the results were a review of related literature that allowed establishing the extent to which progress has been made in the development of artifacts endowed with artificial emotions. Consequently, characteristics of people, animals and objects that are recognizable as expressions of emotions are presented. One consideration that was taken into account is that the device was not anthropomorphic, since it is sought that architecture can be applied to tools in different ways. As a consequence of this, a cube-shaped artifact was produced, which had several prototypes and versions. These designs allow the application of an emotional architecture to physical tools in a learning process.

KEYWORDS: *Architecture, Emotions, Learning, Artifact, Design.*

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a una gran cantidad de investigaciones y publicaciones, las emociones juegan un papel importante en el aprendizaje de las personas. Las emociones inciden en procesos cognitivos como lo son la memoria, la toma de decisiones, la creatividad y el razonamiento (Immordino-Yang & Damasio, 2007). Las emociones se desarrollaron a través de un proceso evolutivo que a lo largo de la historia el hombre ha mejorado. Estos procesos son de orden biológico que ocurren en el cuerpo y que se exteriorizan y se pueden interpretar con relativa facilidad por las personas. Además, le permiten a la especie desempeñarse en el mundo real y actuar consecuentemente en desafíos futuros.

Estos beneficios de las emociones no se aplican normalmente en materiales educativos. Tecnológicamente normalmente se pueden tener simulaciones de emociones por medios digitales a través de un computador o tableta. Pero en la aplicación al mundo tangible los dispositivos educativos con esas características son poco estudiados y por lo tanto poco producidos.

Los robots antropomórficos son los que tienen una mayor difusión en cuanto ayuda en el aprendizaje. Los siguen los robots mascotas que pueden tener formas de animales o que los emulan para tener una mayor cercanía a lo convencional. En última instancia, están los robots o dispositivos que no pretenden parecerse a formas de seres vivos, cuyos cuerpos pueden tomar distintas formas. Un ejemplo son los robots asistentes, diseñados por Guy Hoffman (Hoffman & Ju, 2014), que, tiene diversas formas, su comunicación es no verbal y cuyos movimientos permiten distinguir una forma de emoción. Sin embargo, esta propuesta no está enfocada a contextos educativos.

De acuerdo a lo expuesto, surge la siguiente pregunta, ¿si se aplicara ese tipo de herramientas en entornos didácticos, los resultados en el aprendizaje de una persona podrían ser más rápidos o más satisfactorios en términos de eficiencia y emotividad? Sería como una ayuda exterior, no necesariamente humana, que le ayudaría a completar algún objetivo que requiera el desarrollo de habilidades cognitivas. En cierta forma se busca un tipo de andamiaje como el estudiado por Jerome Bruner ya hace unas décadas (Wood et al., 1976), en el que se apoya actividades de aprendizaje, pero no con personas tutores sino en este caso con la herramienta que está manipulando.

El diseño de tal herramienta debe ser apoyada en una arquitectura que reúna ciertas características que se acerquen la adaptación en el contexto de aprendizaje. Teniendo en cuenta las características de expresión que pueda tener una herramienta educativa dotada de emociones, se puede utilizar un modelo de fases de aprendizaje como el de Barry Kort y Rob Reilly (Kort et al., 2001) sobre dispositivos electrónicos y estructurales disponibles, con el cual se puede tener usos académicos. Para ese propósito también se puede tener en cuenta investigaciones ya realizadas con fines similares. Un ejemplo es el robot Yolo, diseñado en cooperación con niños para estimular la creatividad (Alves et al. 2019). Por lo tanto, se diseñó una arquitectura de expresión emocional artificial y prototipos de artefactos para probarla. Este artefacto a su vez será posteriormente utilizado en otra etapa de la investigación en un juego que promueva la solución de problemas como puede ser las torres de Hanoi y poder contestar la pregunta de investigación de la tesis de la cual se desprende este escrito.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante el diseño metodológico se utilizó un enfoque de Investigación Basada en Diseño por lo que se busca trabajar con procesos e instrumentos novedosos. De la implementación de esta metodología puede desprender alguna teoría de acuerdo a los resultados que se presenten (de Benito & Ibáñez, 2016). Para poder probar si un artefacto en contexto educativo tiene un impacto positivo cuando puede expresar emociones, se requiere diseñarlo con ciertas características a tener en cuenta. Para ver su eficiencia e incidencia de tales características, se realizarán pruebas experimentales sobre un grupo que utilizará el artefacto en una actividad que implique la resolución de problemas. La Investigación Basada en Diseño permite aplicarse en este tipo de actividades.

Las pruebas, tanto experimentales como de control se realizarán en estudiantes de grado noveno de un colegio oficial. Se realizará una observación científica de tipo estructurada. Los datos que se tomen de las pruebas serán cuantitativos obtenidos de los artefactos por medios electrónicos. Se podrán saber la eficiencia y eficacia por las variables: cantidad de movimientos, tiempo realizado y si cumplió o no el objetivo del juego.

Los resultados serán comparados con un grupo control, en el cual tendrán el mismo artefacto, pero sin tales características emocionales. Lógicamente, al ser una propuesta de tipo experimental, los resultados serán un primer acercamiento para responder la pregunta de

investigación sin que sea una prueba definitiva, ya que requeriría muchas más pruebas y aplicaciones de las que se escapan de los objetivos propuestos. Pero esta prueba podría vislumbrar la posibilidad que se tiene con este tipo de artefactos.

En el diseño del artefacto, se hizo revisión de la forma en que se pueden ser expresadas por los humanos y de las cuales es más natural y fácil de interpretar para la especie. El rostro de una persona sin duda permite visualizar cuál es su emoción, y solo con esta parte física, se pueden establecer una gran cantidad de rangos de expresión, de las cuales hay estudios muy profundos sobre sus dinámicas biológicas y psicológicas, como los hechos por Paul Ekman (Ekman, 1999). En menor medida, los animales son capaces de expresar tan claramente las emociones, sin embargo, tienen ciertas estrategias corporales para poderlas comunicar con otros. Una de estas son los movimientos que realizan con su cuerpo, extremidades o mecanismos móviles con los que cuenta. A menudo, estos movimientos los puede acompañar con sonidos propios (Håkansson & Westander, 2013).

Los movimientos faciales, corporales y sonidos identificados como formas de expresión de emociones en seres vivos pueden ser reproducidos también en artefactos u objetos inertes. No necesariamente se ha requerido de gran tecnología para simular esos comportamientos en las cosas. Incluso un títere hecho con calcetín, puede hasta cierto punto representar emociones. Muestras gráficas de objetos en películas animadas también son un ejemplo de cómo un objeto puede expresar algún sentimiento. Examinando películas tipo Pixar, se permite entender que incluso los colores pueden insinuar algún estado de ánimo. El color puede tener significados similares para diferentes culturas, y es algo que ya se viene interpretando incluso desde literatura del siglo XIX en el estudio de expresiones (Stebbins, 1886).

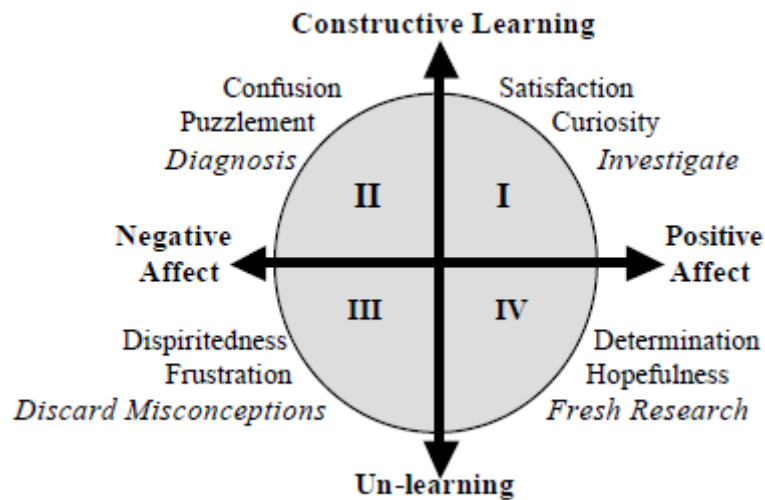
Tomando en cuenta esas características biológicas que se pueden adaptar a un artefacto artificial, se pueden nombrar una variedad de productos físicos que buscan simular por medios electrónicos tales estados. Por ejemplo, Leonardo es un robot emblemático, diseñado para imitar movimientos faciales de un humano (Breazeal et al. 2005). Otro robot, Baxter, producido comercialmente, es un robot semi antropomórfico (imita la parte superior del cuerpo, desde el torso humano) que apoya contextos educativos y tiene una pantalla que muestra una cara con expresiones faciales. En cuanto a colores y movimientos, se puede nombrar el robot NAVS, diseñado localmente por Edwin Valderrama, que permite identificar

mediante esas dos características, estados de ánimo que puedan ser identificados por estudiantes en ambiente escolar (Valderrama, 2020).

Bajo estas muestras de investigaciones y muchas otras encontradas a lo largo de revisiones de literatura relacionada, se obtiene una base para la dirección hacia el diseño de una herramienta educativa. Un requerimiento del diseño es que su arquitectura permita adaptarse a formas diversas, ya que una herramienta educativa puede cambiar de acuerdo al objetivo con el cual es construida. Así que, para albergar los dispositivos de prueba, se eligió una forma de cubo, que es una figura geométrica que permite formas genéricas y su disposición pueda cambiar a las necesidades propias de herramientas. El tamaño previsto para el cubo es pensado como para poder ser manipulado por personas que abarquen un rango de edad desde niños de primaria, por lo que algo similar a un cubo Rubik podría ser adecuado.

Dadas las especificaciones físicas, se pasa a los elementos electromecánicos que se puedan incorporar al cuerpo cúbico. Como medio de expresión similar a lo que es una cara, se incorpora una pantalla OLED de 3,5 cm X 3,3 cm de tamaño, suficientemente pequeña para adaptarse a cualquier artefacto y suficientemente visible para poder visualizarla. El otro componente visual que se adopta es un led RGB que puede generar luces de diferentes colores. Como componente audible se dispone de un módulo DFPlayer Mini, que reproduce MP3 por medio de un pequeño parlante. Y para generar movimiento, se dispone de servomotores. Todos los dispositivos son controlados por medio de una tarjeta de desarrollo que en este caso específico y por tamaño sería el Arduino Nano, que vendría a ser el cerebro del artefacto. Para que se comunique y pueda ser manipulado desde un agente externo, se hace uso de un módulo de radiofrecuencia para controlarlo remotamente o está la alternativa de conectarlo directamente por cables, si el artefacto no está separado de un control de generación de emociones. Todo esto es alimentado con 4 pilas de 1.5 voltios.

Figura 1. Modelo de fases de aprendizaje con emociones (Kort & Reilly, 2002).

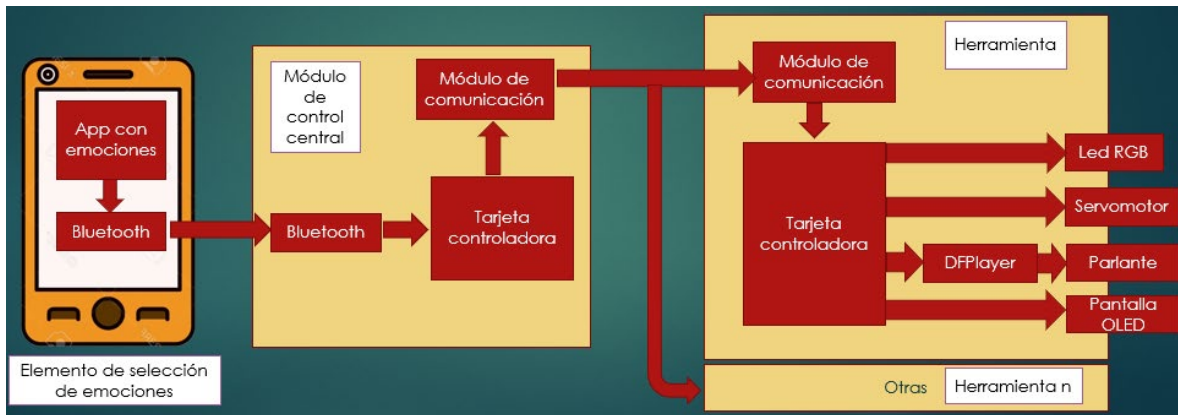


La lógica de la arquitectura se basa en el modelo de cuatro fases de emoción de Kort y Reilly. Este explica que, durante una actividad de aprendizaje, la persona pasa por diferentes estados de ánimo. El recorrido va desde una etapa de curiosidad en la cual, al encontrarse con un desafío del tipo de resolución de problemas, siente una emoción de querer saber más acerca de lo que va a realizar. Luego de esto puede entrar a una etapa de confusión en la que encuentra obstáculos para realizar el objetivo. En consecuencia, si no encuentra soluciones, se puede estancar en una etapa de frustración y posible desesperación por no superar este estado. Pero si, en cambio, logra superar esa etapa, podrá llegar a una fase de esperanza y determinación en la que toma un nuevo aire para poder alcanzar el objetivo propuesto y volver a un estado de ánimo positivo en el que se sienta a gusto con la actividad. Estas etapas pueden ser cíclicas y repetirse, pero la idea es minimiza aquellas que son negativas. Esto no quiere decir que se deban eliminar, ya que estas son necesarias en el proceso de aprendizaje (Kort et al., 2001)

RESULTADOS

Teniendo en cuenta los aspectos del método de investigación, antecedentes prácticos, requerimientos físicos de una herramienta, componentes técnicos y modelos teóricos de aprendizaje con emociones, se conjugan todos esos elementos para construir prototipos que prueben la arquitectura propuesta.

Figura 2. Modelo de arquitectura emocional



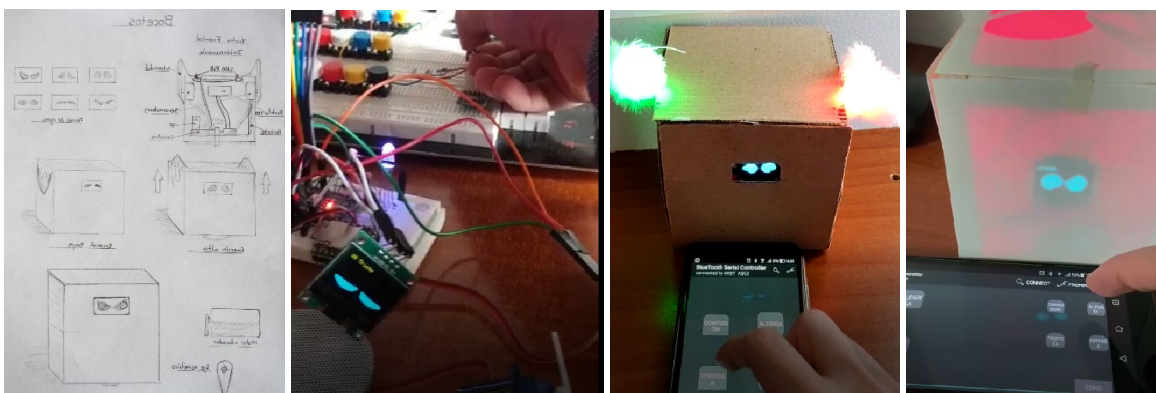
En la figura 2 se muestra la forma en la cual está constituida principalmente la arquitectura. A la izquierda se encuentra un elemento de selección de emociones, que de acuerdo a la fase de aprendizaje que se encuentre en el modelo de Kort, se envía el estado a un módulo central que a su vez puede reenviar el mensaje a una o más herramientas con las que se esté trabajando. En el caso de la figura se observa que es desde un dispositivo móvil que puede usar un tutor que esté observando la actividad de aprendizaje. Sin embargo, no necesariamente tiene que ser una persona que manipule este elemento, puede ser también elementos sensores integrados a la herramienta educativa, que registren el avance de la actividad y permitan establecer de manera automática, la etapa en que se encuentra.

En el módulo de control central, se recibe la selección de emociones hecha por parte de una persona con un dispositivo. Si lo que recibe son señales de sensores, el módulo puede seleccionar de acuerdo a estos la emoción más adecuada. De esta forma no se tendría la necesidad de que la persona esté manipulando el sistema. En este módulo central, además se puede direccionar la señal a una o más herramientas, teniendo en cuenta que el artefacto educativo pueda tener más de un módulo emocional, como por ejemplo si está manipulando varias fichas. El módulo de comunicación se determina de acuerdo a la disposición del artefacto, ya que, si es móvil, se podría utilizar una comunicación inalámbrica o si es fijo, se puede conectar directamente por cables.

Ya en las herramientas, al recibir la orden por algún medio de comunicación, se encarga de transmitir los datos necesarios a los diferentes dispositivos electromecánicos. Las emociones serán emitidas a través de los componentes visuales como lo son el RGB y la

pantalla OLED, el componente auditivo como lo es parlante mediado por el módulo DFPlayer y el componente táctil y visual, el cual es un servomotor. Tanto las herramientas como el módulo de control central son manejadas por medio de una tarjeta microcontroladora que en el caso de las pruebas con prototipos se utilizaron Arduino Nano.

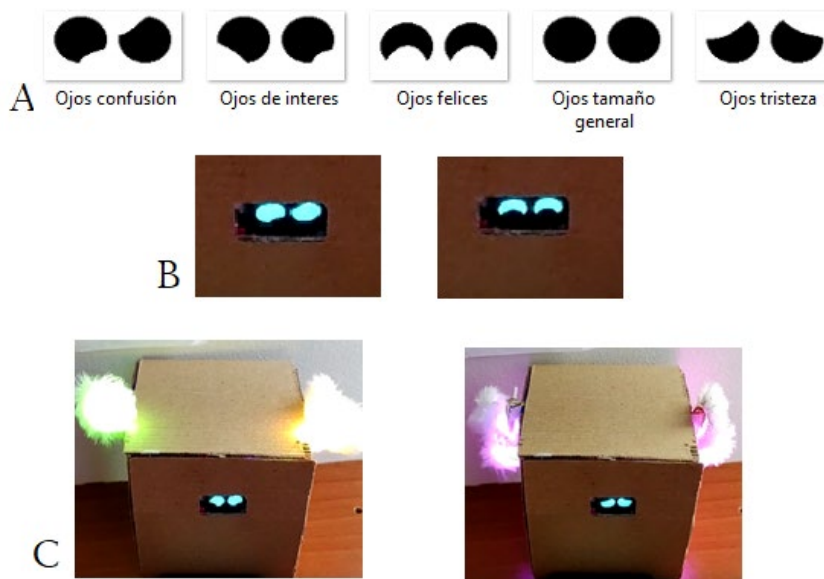
Figura 3. De izquierda a derecha: bocetos del artefacto, pruebas de dispositivos, prototipo en cartón y prototipo en acrílico



La medida del cubo se estimó de acuerdo al tamaño de los componentes internos y su disposición interna. Los bocetos aclararon esa disposición, por lo que se eligió un tamaño de 10x10x10 cm. Inicialmente se comprobaron los dispositivos por medio de elementos análogos como botones y potenciómetros. Para probarlo ya completo, se agregó un módulo bluetooth para que fuera controlado por una aplicación desde un dispositivo smartphone. Un prototipo inicial utilizó cartón como carcasa de artefacto. Luego se fueron agregando elementos adicionales como una especie de orejas que se movían de acuerdo al estado de ánimo enviado. Sin embargo, al utilizar dos servomotores, en ocasiones se interrumpía la comunicación. La razón de esto se debía a una exigencia mayor de corriente por parte de los servomotores, por lo que en versiones siguientes se utilizó uno solo. En otro prototipo, se utilizó láminas de acrílico para darle cuerpo al artefacto. Al ser un material semitraslúcido permitía paso de la luz emitida, por lo que asegura la visión del color producido por el RGB y consecuentemente la emoción deseada. También se dispuso el servomotor en la parte de abajo, haciendo que todo artefacto se moviera. Se eligieron cuatro emociones básicas para realizar la prueba, una por cada fase del modelo de Kort. Estas fueron: interés, confusión,

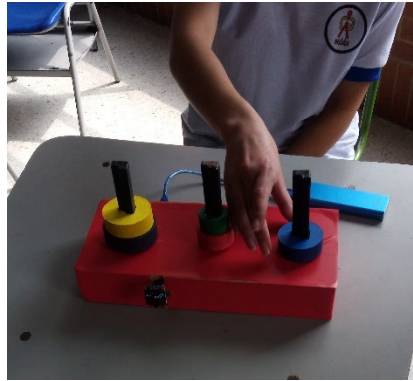
felicidad y tristeza. Estas funcionan de acuerdo a la instrucción que se le da y se pueden distinguir una a una.

Figura 4. A. Diseño de las expresiones emocionales en ojos. B. Ejemplos de ojos sobre la pantalla OLED. C. Expresiones de interés y tristeza aplicadas al cubo



Hasta la fecha escritura de la actual ponencia se han realizado pruebas sobre el grupo de control con las torres de Hanoi. La herramienta tiene un diseño en el que automáticamente por medio de sensores se toman datos de tiempo, número de movimientos y si completó el objetivo del juego. Sobre esta misma herramienta se adaptarán los elementos para que se configure en un artefacto de expresión emocional. En tal herramienta realizarán las pruebas que se harán sobre el grupo experimental. Los resultados de las pruebas todavía no están completos y se encuentran en tabulación para darle su respectivo tratamiento estadístico.

Figura 5. Prueba para grupo control de las torres de Hanoi



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con la tecnología que se tiene en el momento y sin que se cuente con grandes recursos o conocimientos muy elevados en el campo de la electrónica, se pueden generar artefactos que sean utilizados en la educación. Se demuestra en el diseño de modelo teórico de expresión de emociones aplicado sobre artefactos, siendo este, uno de los objetivos de la investigación. Otro de los objetivos logrados es el desarrollo de esos artefactos que utilicen tal modelo teórico para aplicarse en contextos educativos. Estos pueden llegar a ser como agentes de ayuda dotados de emociones artificiales en procesos de aprendizaje que requiera andamiaje. Las herramientas pueden tomar características de comportamiento de la naturaleza para establecer una comunicación mas natural con las personas que las manipulen. Los prototipos resultantes de este estudio constituyen una muestra de como se pueden hacer representaciones emocionales, sin que necesariamente sean completamente imitadoras de expresiones humanas. Se busca que se adapte más a una herramienta, sus formas y limitantes. En el producto terminado solo se tiene una forma cúbica, y las herramientas tienen una enorme diversidad de formas, por lo que el diseño final para cada una implica una reformulación de los elementos electrónicos disponibles. Pero la arquitectura en sí, puede aplicarse en toda la diversidad de artefactos educativos.

Las emociones son permiten desarrollar habilidades sociales y su impacto en el aprendizaje puede ser mayor a lo que normalmente se espera de una herramienta inerte. Robots no verbales y con formas poco tradicionales como Yolo (Alves et al. 2019), aportan en la interacción con personas para lograr objetivos que generen procesos cognitivos. Al haber pocas iniciativas diseño de estas herramientas, es necesario seguir aportando en este campo para que amplíe la posibilidad de tener nuevas iniciativas en las didácticas educativas.

El siguiente paso del que compone la investigación, es someter la arquitectura a un ambiente académico. Esto conlleva a realizar una adaptación estructural a una herramienta académica como lo es el juego de las torres de Hanoi y/o el juego de la escalera. Estos juegos se centran en alguna actividad de resolución de problemas, en donde se facilita la intervención de la herramienta como un apoyo en el aprendizaje. Con esto se probaría como se pueden ir recorriendo las fases de aprendizaje con emociones. Se requiere analizar los

resultados y establecer que diferencias puede tener una herramienta de este estilo comparada a la misma herramienta sin las características emocionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves-Oliveira, P., Arriaga, P., Paiva, A., & Hoffman, G. (2019). Guide to build YOLO, a creativity-stimulating robot for children. *HardwareX*, 6, e00074.

Breazeal, C., Kidd, C. D., Thomaz, A. L., Hoffman, G., & Berlin, M. (2005, August). Effects of nonverbal communication on efficiency and robustness in human-robot teamwork. In *2005 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems* (pp. 708-713). IEEE.

de Benito Crosetti, B., & Ibáñez, J. M. S. (2016). La investigación basada en diseño en Tecnología Educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*.

Ekman, P. (1999). Facial expressions. *Handbook of cognition and emotion*, 16(301), e320.

Håkansson, G., & Westander, J. (2013). *Communication in humans and other animals*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.

Hoffman, G., & Ju, W. (2014). Designing robots with movement in mind. *Journal of Human-Robot Interaction*, 3(1), 91-122.

Stebbins, G. (1886). *Delsarte system of dramatic expression*. ES Werner.

Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, brain, and education*, 1(1), 3-10.

Kort, B., Reilly, R., & Picard, R. W. (2001, August). An affective model of interplay between emotions and learning: Reengineering educational pedagogy-building a learning companion. In *Proceedings IEEE international conference on advanced learning technologies* (pp. 43-46). IEEE.

Kort, B., & Reilly, R. (2002). Analytical models of emotions, learning and relationships: towards an affect-sensitive cognitive machine. In *Conference on virtual worlds and simulation (VWSim 2002)* (pp. 1-15).

Valderrama Higuera, E. A. (2020) Un estudio exploratorio sobre la conducta emocional del robot navs en contextos educativos.

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines*.

